]a[akademie der bildenden künste wien

Dissertation

Synthetische organische Farbmittel aus einer technologischen Materialsammlung des 19./20. Jahrhunderts: Identifizierung, Klassifizierung und ihre Verwendung sowie Akzeptanz in (Künstler)Farben Anfang des 20. Jahrhunderts

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften
Institut für Naturwissenschaften und Technologie in der Kunst
Akademie der bildenden Künste Wien
unter Leitung von

Univ.Prof. Univ.Doz. DI Dr. Manfred Schreiner
Institut für Naturwissenschaften und Technologie in der Kunst (INTK)
Akademie der bildenden Künste Wien

eingereicht an der *Akademie der bildenden Künste Wien*

von

Mag. art Anke Schäning
Matr. Nr. 9370011
Tandelmarktgasse 12/10, 1020 Wien

Wien, März 2010

Zusammenfassung

Die Identifizierung von Pigmenten nimmt bei der materialanalytischen Untersuchung von Werken der bildenden und angewandten Kunst und in der Konservierungswissenschaft schon lange einen wichtigen Stellenwert ein und zählt auch gegenwärtig noch zu den aktuellen Forschungsgebieten. Pigmentanalysen können einerseits die Datierung und die Beantwortung von Fragen zur Authentizität von Kunstwerken unterstützen, dienen aber andererseits auch der Klärung von technologisch und konservatorisch relevanten Problemstellungen. In den letzten Jahren wurde dabei vor allem dem Nachweis synthetischer organischer Farbstoffe und Pigmente wachsendes Interesse zuteil.
Obwohl einige dieser Pigmente bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts in Künstlerfarben auftreten, wurde dieser Materialgruppe lange wesentlich weniger Aufmerksamkeit gewidmet, als den traditionellen und teilweise historischen anorganischen Pigmenten. Die im Vergleich zu den anorganischen Farbmitteln sehr große Anzahl und komplexe Chemie der im Laufe des 20. Jahrhunderts entwickelten organischen Pigmente setzen in der Praxis der Kunstanalytik heute die zusätzliche Aneignung von umfangreichen Kenntnissen über diese Materialgruppe voraus. Sammlungen von Referenzmaterialien und der Aufbau chemisch-analytischer Datenbanken können dazu einen wesentlichen Beitrag leisten. Das *Institut für Naturwissenschaften und Technologie in der Kunst* (INTK) an der *Akademie der bildenden Künste Wien* ist im Besitz einer umfangreichen technologischen Sammlung, die neben Bindemitteln und Rohstoffen vor allem Pigmente und Farbstoffe umfasst. In den letzten Jahren konnte mit der systematischen Aufarbeitung der Materialgruppen begonnen und die Katalogisierung sowie Auswertung der etwa 400 anorganischen Pigmente im Rahmen einer Dissertation bereits abgeschlossen werden.[1] Die vorliegende Arbeit ist den organischen Farbmitteln der Sammlung gewidmet, die mit ca. 300 Pigmenten und 400 Farbstoffen die umfangreichste Materialgruppe repräsentieren. Die meisten dieser Farbmittel stammen aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt einerseits auf der instrumentell-analytischen Identifizierung und Klassifizierung der synthetischen organischen Pigmente und Anwendung der gemessenen Daten bei der Identifizierung von Farbmitteln in Malschichten von Kunstwerken. Andererseits konnte aber auch die für eine Interpretation von Messergebnissen in der Materialanalytik an Kunstwerken so wesentliche Problematik der Verwendung und Akzeptanz synthetischer organischer Farbmittel in (Künstler)Farben im frühen 20. Jahrhundert untersucht werden.
Für die Identifizierung der Pigmente der Sammlung wurden die Messergebnisse der *Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie* (FTIR) und der *Röntgenfluoreszenzanalyse* (RFA) ausgewertet und die Informationen über die Pigmentproben in einer Datenbank katalogisiert. Die Aufarbeitung der Daten konnte durch chemometrische Methoden und multivariate Klassifikation ergänzt werden. Die Referenzdaten konnten außerdem bei der Untersuchung von Malschichtproben angewendet werden; dabei wurde den Problemstellungen zur Verwendung und Nachweisbarkeit synthetischer organischer Farbmittel an Kunstwerken des frühen 20. Jahrhunderts nachgegangen.
Der erste Abschnitt (Kapitel 1-3) der Arbeit skizziert die historische Entwicklung synthetischer organischer Farbmittel unter Berücksichtigung der Geschichte der Farbstoffindustrie. Die Stoffklassen synthetischer organischer Pigmente werden vorgestellt, deren Systematisierungs- und Einteilungsprinzipien zusammengefasst und auf ihre Eigenschaften eingegangen.
Der zweite Abschnitt (Kapitel 4-8) widmet sich den synthetischen organischen Farbmitteln der INTK-Sammlung, deren Identifizierung mit RFA und FTIR sowie der Auswertung der Daten mit chemometrischen Methoden. Die Materialanalysen dienen im Wesentlichen der Pigmentbestimmung an Kunstwerken des 19./20. Jahrhunderts und ermöglichen eine Vertiefung der materialwissenschaftlichen Kenntnisse. Bei Untersuchungen an zwei Gemälden (um 1925) aus der Kinetismus-Sammlung des Wien Museums (Wien) konnten die Forschungsergebnisse angewendet werden.
Die Analysenergebnisse im zweiten Abschnitt gaben Anlass, im dritten Abschnitt (Kapitel 9) der Arbeit die Verwendung und Akzeptanz synthetischer organischer Farbmittel in (Künstler-)Farben in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu untersuchen. Die Studien dazu wurden literaturgestützt durchgeführt und berücksichtigen unaufgearbeitetes Material aus zeitgenössischen Fachjournalen und Archivmaterial ausgewählter Farbenhersteller.

1 Hochleitner (2002).

Abstract

The main focus of this thesis is on the examination of the synthetic organic pigments and dyes of a historical material collection of the *Institute of Science and Technology in Art (ISTA)* at the *Academy of Fine Arts Vienna*. The identification and classification of the colorants were facilitated by the results of Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and energy dispersive x-ray fluorescence analysis (XRF); all data were compiled in a database. Based on the analytical results obtained, a comprehensive study on the use of synthetic organic pigments and lakes in artists' paints of the early 20th century was encouraged. The examination of paintings of the 1920ies period has been subject for investigations into the potential and limitation of the combination of energy dispersive x-ray fluorescence analysis (XRF) and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) as well as polarized light microscopy (PLM) for the detection and identification of synthetic organic colorants in works of art.

As FTIR spectra of unknown synthetic organic colorant samples are difficult to identify if they don't match one of the FTIR libraries spectra, an approach is presented to facilitate classification of organic pigments by multivariate statistical analysis of their FTIR spectra. Methods of multivariate statistical analysis were applied to data sets of FTIR spectra of the synthetic organic pigments in order to predict the class of such unknown samples. K-nearest neighbor classification (KNN) and partial least-squares regression discriminant analysis (PLS-DA) was performed to compute regression models for prediction of class membership. It could be shown that the class of synthetic organic pigments can be determined with a high success rate by multivariate classification of their FTIR spectra, and furthermore classification of unknowns was possible by PLS-DA.

In addition, aspects of the acceptance of synthetic organic colorants in artists' paint were taken into account. The significance of those so called 'tar coal colors' as subject of the early 20th century painting material quality discussion was revealed by reviewing of German sources, painting technique journals and archival material of the period from 1884 to ~1940. Many evidences for the use of such colorants in artists' paints could be located in these sources. Results of this study hope to offer an in-depth understanding of the history of acceptance in the context of the use of the synthetic organic colorants through the early 20th century.

Danksagung

Die Dissertation wurde von Univ. Prof. Univ. Doz. DI Dr. Manfred Schreiner, *Institut für Naturwissenschaften und Technologie in der Kunst* (INTK) an der *Akademie der bildenden Künste Wien* ermöglicht und betreut. Ihm sei an dieser Stelle für die Unterstützung, Begleitung und Diskussion der Arbeit gedankt.
Des Weiteren ergeht Dank an Univ.Prof. i.R. Dr. Kurt Varmuza, *Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften* (Labor Chemometrie), an der *Technischen Universität Wien*, für die Betreuung und Diskussion der multivariaten Datenanalyse.
Die Referenzspektren (Tate Organic Pigment Archive, Millbank, London SW1P 4 RG) wurden freundlicherweise von Dr. Tom Learner, G*etty Conservation Institute* (GCI), Los Angeles, zur Verfügung gestellt. Ihm sei an dieser Stelle für die Unterstützung gedankt. Für die Hilfe bei der Archivrecherche geht Dank an Bert Klein Ovink, *Royal Talens*, Sarah Miller, *Winsor & Newton* und Dr. Susan Becker sowie Jutta Kissener, *BASF Aktiengesellschaft*.
Die Gemälde für die Pigment-Untersuchungen wurden vom *Wien Museum* (Wien) zur Verfügung gestellt. Für die freundliche Kooperation sei Dr. Ursula Storch, Mag. Elisabeth Woelfl-Graff und Mag. Christiane Rainer gedankt. Für die Unterstützung bei den RFA- und FTIR-Messungen geht Dank an Dr. Dubravka Jembrih-Simbürger, Dr. Max Mäder, Mag. Wilfried Vetter und Mag. Laura Ledwina, sowie an Dr. Bernadette Frühmann, für die Hilfe bei datenbankrelevanten Fragestellungen.

Abkürzungsverzeichnis

AG	Aktiengesellschaft
Agfa	Actien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation
BASF	Badische Anilin-& Soda-Fabrik, Ludwigshafen
Bayer	Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co. Leverkusen
BONS	Beta-Oxynaphthoesäure
C.I.	Colour Index
DG	Deutsche Gesellschaft zur Förderung rationeller Malverfahren
DIC	DIC Corp (Dainippon Ink Chemicals)
DPP	Diketo-pyrrolo-pyrrol (oder Diketopyrrolopyrrol)
DuPont	E. I. du Pont de Nemours and Company
FTIR	Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie
GC	Gaschromatographie
ICI	Imperial Chemical Industries
I.G. Farben	I.G. (Interessengemeinschaft) Farbenindustrie
INTK	Institut für Naturwissenschaften und Technologie in der Kunst
KNN	K-Nearest Neighbors Klassifikation
M. L&B	Farbwerke vorm. Meister Lucius & Brüning, Höchst
MS	Massenspektrometrie
PCA	Principal Component Analysis
PLM	Polarized Light Microscopy (Polarisationsmikroskopie)
PLS-DA	Partial Least-Squares Diskriminanzanalyse
RFA	Röntgenfluoreszenzanalyse
TM	Technische Mitteilungen für Malerei
UV	Ultraviolett

Inhaltsverzeichnis

1. HISTORISCHER ÜBERBLICK ZUR ENTWICKLUNG SYNTHETISCHER ORGANISCHER FARBSTOFFE UND PIGMENTE 15

1.1. Historischer Überblick zur Entwicklung synthetischer organischer Farbstoffe und Pigmente – Wissenschaftliche und technologische Aspekte 15
1.1.1. Voraussetzungen für die Entwicklung synthetischer Farbstoffe – Chemie im 19. Jahrhundert 15
1.1.2. Die ersten wirtschaftlich bedeutenden synthetischen Farbstoffe – Mauvein (1856) und Fuchsin (1858) 16
1.1.3. Entdeckung der Diazotierungsreaktion 1858 18
1.1.4. Synthetisches Alizarin (1869) und die Indigosynthese (1878/1897) 19
1.1.5. Entwicklung anderer Farbstoffklassen 20
1.1.6. Farblacke - Fabrikation von ‚Pigmenten' aus synthetischen Farbstoffen 20
1.1.6.1. Exkurs: Herstellung von Farblacken 21
1.1.6.2. Substrate 22
1.1.6.3. Fällungsmethoden 23
1.1.7. Die ersten roten synthetischen organischen Pigmente – ‚Pigmentfarbstoffe' 25
1.1.8. Hochwertige synthetische organische Pigmente – Hansagelb & CO (Entwicklungen 1910 bis 1940) 26
1.1.9. Handelssortimente synthetischer organischer Pigmente in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts 28
1.1.10. Industrielle synthetische organische Pigmente – Entwicklungen seit den 1950er Jahren 28
1.2. Historischer Überblick zur Entwicklung der (Teer)Farbstoffindustrie 31
1.2.1. Entwicklung der Farbstoffindustrie – Voraussetzungen und Standorte 31
1.2.2. Die deutsche Farbstoffindustrie – Von den Gründungsjahren bis zur Jahrhundertwende 32
1.2.3. Zusammenschluss der Teerfarbenindustrie: Dreibünde (1904/1907) und Interessensgemeinschaft (1916) 35
1.2.4. Die I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft (1925-1945) 38
1.2.5. Entwicklungstendenzen in der Farbstoffindustrie nach 1945 - Weltmarktentwicklung 39

2. EINTEILUNG UND KLASSIFIZIERUNG SYNTHETISCHER ORGANISCHER PIGMENTE 41

2.1. Grundlegende Begriffsdefinitionen: Pigmente, Farbstoffe, Füllstoffe 41
2.2. Systematisierung von Farbmitteln 41
2.2.1. Farbstofftabellen nach G. Schultz 42
2.2.2. Der Colour-Index der Society of Dyers and Colourists (SDC) 42
2.3. Klassifizierung synthetischer organischer Pigmente nach chemischer Konstitution 44
2.3.1. Azopigmente 45
2.3.1.1. Monoazogelb- und Monoazoorangepigmente 45
2.3.1.2. Disazopigmente 46
2.3.1.3. β-Naphthol-Pigmente 47
2.3.1.4. Naphthol AS-Pigmente 48
2.3.1.5. Verlackte Azopigmente 49
2.3.1.6. Benzimidazolon-Pigmente 51
2.3.1.7. Disazokondensations-Pigmente 51
2.3.1.8. Metallkomplex-Pigmente 52
2.3.1.9. Isoindolinon- und Isoindolin-Pigmente 52
2.3.2. Polycyclische Pigmente 53
2.3.2.1. Phthalocyanin-Pigmente 53
2.3.2.2. Chinacridon-Pigmente 54
2.3.2.3. Perylen- und Perinon-Pigmente 55
2.3.2.4. Thioindigo-Pigmente 56
2.3.2.5. Mit Anthrachinon verwandte bzw. davon abgeleitete Pigmente 57
2.3.2.6. Dioxazin-Pigmente 59
2.3.2.7. Triarylcarbonium-Pigmente 59
2.3.2.8. Chinophthalon-Pigmente 61
2.3.2.9. Diketo-pyrrolo-pyrrol-Pigmente 61

2.3.3. Andere Pigmente (nicht zu den Azo- oder Polycyclischen Pigmentklassen zählende Farbmittel) 62
2.3.3.1. Anilinschwarz 62

3. STRUKTUR UND EIGENSCHAFTEN VON SYNTHETISCHEN ORGANISCHEN PIGMENTEN 63

3.1. Konstitution und Farbe 63
3.2. Einfluss von Kristallmodifikationen und physikalischen Parametern auf Applikationseigenschaften 64
3.3. Applikationseigenschaften und anwendungstechnische Begriffe 65
3.3.1. Coloristische Eigenschaften 65
3.3.2. Echtheitseigenschaften: Licht-, Wetter-, Lösungsmittel- und Migrationsechtheiten 65
3.3.3. Aspekte bei der Verarbeitung von synthetischen organischen Pigmenten 66

4. ANALYTISCHE METHODEN ZUR IDENTIFIZIERUNG SYNTHETISCHER ORGANISCHER FARBMITTEL BEI DER UNTERSUCHUNG VON KUNSTWERKEN 69

4.1. Literaturübersicht zu analytischen Methoden für die Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel 69
4.1.1. Klassisch-traditionelle Nachweisverfahren für die Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel 70
4.1.2. Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel mit instrumentellen analytischen Methoden 71

5. IDENTIFIZIERUNG UND KLASSIFIZIERUNG DER SYNTHETISCHEN ORGANISCHEN FARBMITTEL AUS DER TECHNOLOGISCHEN SAMMLUNG DES *INSTITUTS FÜR NATURWISSENSCHAFTEN UND TECHNOLOGIE IN DER KUNST* (INTK) AN DER AKADEMIE DER BILDENDEN KÜNSTE WIEN 77

5.1. Die technologische Sammlung am INTK 77
5.2. Datenbank 80
5.3. Synthetische organische Farbmittel der technologischen Sammlung 81
5.3.1. Synthetische organische Farbstoffe 82
5.3.2. Synthetische organische Pigmente und Farblacke 82
5.3.2.1. Industrielle organische Pigmente 83
5.3.2.2. Farblacke und Mischpräparate 83
5.4. Probenkategorien und Farbenfabrikation 84
5.4.1. Pigmente und Farbstoffe – Primäre Produkte der Farbstoffindustrie 84
5.4.2. Farblacke von Pigmentfarbenherstellern (Buntfarbenfabriken) 86
5.4.3. Pigmente und Farblacke von Farbenhändlern 88

6. EXPERIMENTELLER TEIL – IDENTIFIZIERUNG UND KLASSIFIZIERUNG DER SYNTHETISCHEN ORGANISCHEN FARBMITTEL DER MATERIALSAMMLUNG MIT RFA UND FTIR 89

6.1. Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) 89
6.1.1. Prinzip der Röntgenfluoreszenzanalyse 89
6.1.2. Geräteaufbau und Messparameter 90
6.1.3. Durchführung der RFA-Messungen und Datenverarbeitung 91
6.2. Fourier-Transformations-Infrarot-Spektroskopie (FTIR) 91
6.2.1. Beschreibung der Methode der Infrarotspektroskopie 91
6.2.2. Geräteaufbau und Messparameter 93
6.2.3. FTIR-Messungen und Aufbau von Referenzspektren-Bibliotheken 94
6.3. Auswertung der Messergebnisse 95
6.3.1. Gelbe und orange synthetische organische Pigmente 97
6.3.2. Rote synthetische organische Pigmente 99
6.3.3. Violette synthetische organische Pigmente und Farblacke 101
6.3.4. Blaue und grüne synthetische organische Pigmente und Farblacke 101
6.3.5. Braune und schwarze synthetische organische Pigmente 103
6.3.6. Farblacke und Pigmentmischungen 104
6.3.7. Anthrachinonfarbstoff-Farblacke (Krapplackproben) 109
6.3.8. Farbstoffe der technologischen Sammlung des INTK 112

6.4. Grenzen der Identifizierung synthetischer organischer Pigmente mit FTIR 121
6.5. Zusammenfassung 129

7. IDENTIFIZIERUNG SYNTHETISCHER ORGANISCHER FARBMITTEL AN KUNSTWERKEN DES FRÜHEN 20. JAHRHUNDERTS – PUBLIKATION ZKK 131

7.1. Materialanalytische Untersuchungen an zwei Gemälden von My Ullmann (um 1925): „Synthetische organische Pigmente in Künstlerfarben des frühen 20. Jahrhunderts: Möglichkeiten und Grenzen ihrer Identifizierung am Beispiel von zwei Gemälden um 1925 von My/Marianne Ullmann Publikation". ZKK/ 2007 131

8. KLASSIFIKATION SYNTHETISCHER ORGANISCHER PIGMENTE MIT METHODEN DER MULTIVARIATEN DATENANALYSE 157

8.1. Multivariate Klassifikationsmethoden 157
8.2. Datensätze für die multivariate Datenanalyse der FTIR-Spektren 158
8.3. KNN-Klassifikation (k-Nearest Neighbors bzw. k-nächste-Nachbarn) 160
8.3.1. KNN-Klassifikation (INTK-Probenset: 126 Proben/10 Klassen) 160
8.3.2. KNN-Klassifikation (erweitertes Probenset: 281 Proben/11 Klassen) 164
8.4. Partial Least-Squares Diskriminant Analysis (PLS-DA) 165
8.5. Publikation: Schäning, A., Varmuza, K., Schreiner, M., „Classification of Synthetic Organic Pigments by Multivariate Data Analysis of FTIR Spectra" (e-Preservation Science) 167

9. SYNTHETISCHE ORGANISCHE FARBMITTEL IN KÜNSTLERFARBEN IN DER ERSTEN HÄLFTE DES 20. JAHRHUNDERTS 177

9.1. Verwendung und Akzeptanz synthetischer organischer Farbmittel in Künstlerfarben - Vergleich ausgewählter deutschsprachiger Malmaterialienkundeschriften bis 1941 178
9.1.1. Alexander Eibner: „Malmaterialienkunde als Grundlage der Maltechnik" (1909) 180
9.1.2. Friedrich Linke: „Die Malerfarben, Mal- und Bindemittel und ihre Verwendung in der Maltechnik" (1904, 1908, 1913, 1924) 181
9.1.3. Ernst Beutel: „Die Werkstoffe des Kunst- und Dekorationsmalers" (1931) 182
9.1.4. Max Doerner: „Malmaterial und seine Verwendung im Bilde" (1921, 1928, 1933, 1938, 1941) 182
9.1.5. Zusammenfassung und Auswertung 186
9.2. Verwendung und Akzeptanz synthetischer organischer Farbmittel in Künstlerfarben im Spiegel der Technischen Mitteilungen für Malerei (1884 bis 1941) 189
9.2.1. Die Deutsche Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren (DG) und die Versuchsanstalt 189
9.2.2. Gegen Farbenschwindel und Farbenschlendrian – Stellenwert der Teerfarben (1884-1904) 190
9.2.3. Bekämpfung der Farben- und Malmaterialienfälschung – Deutsches Farbenbuch und Revision der Normalfarbenskala (1905-1924) 199
9.2.4. Synthetische organische Farbmittel in Diskussion (1905/06 bis Ende der 1920er Jahre) 204
9.2.4.1. Synthetische organische Farbmittel im Test – Eibner (1905/1908), Täuber (1910), Krais (1913/15) 204
9.2.4.2. Teerfarblack-Einsatzgebiete: Künstlerfarben- versus Dekorationsfarbenqualität (1908-1915) 213
9.2.4.3. Ostwalds Farbenlehre – Debatte über Teerfarblacke für Farbnormen (1919-1922) 218
9.2.4.4. Farbenhandel und Farbenproduktion – Beiträge von Hans Wagner (1922-1924) 223
9.2.4.5. Etablierte ‚Hansa-Pigmente' und Doerners Kritik an Talens Orpi-Farben (1929-1931) 228
9.2.5. Synthetische organische Farbmittel im Kontext: Farbnormungen und Begriffsdefinitionen (1926-1940) 229
9.2.5.1. Allgemeine Tendenzen – Farbenbranche und Normungsfragen 229
9.2.5.2. Begriffsdefinitionen in der Farbenbranche – Vorschläge von H. Trillich (1932-1934) 231
9.2.5.3. Dinblatt NAGRA 213 für das graphische Gewerbe (1932/1933) 232
9.2.5.4. T-Farben-Kennzeichnung auf Schminckes Künstlerfarben-Etiketten (1933) 233
9.2.6. Zusammenfassung und Auswertung 235
9.3. Exkurs: Verwendung und Akzeptanz von synthetischen organischen Farbmitteln in Künstlerfarben im europäisch-internationalen Kontext 237
9.3.1. Verwendung synthetischer organischer Farbmittel in britischen Künstlerfarben im späten 19. Jahrhundert 237
9.3.2. Entwicklungstendenzen in den USA im frühen 20. Jahrhundert 240

9.4. Synthetische organische Farbmittel in Katalogen und Preislisten ausgewählter Künstlerfarbenproduzenten – Ergebnisse aus Archiv- und Literaturrecherchen 241
9.4.1. Deutsche Künstlerfarbenhersteller 241
9.4.2. Winsor & Newton (Harrow, UK) 247
9.4.3. Talens (Apeldoorn/Niederlande) 249
9.4.4. Farbenfabrikation bei Siegle (Stuttgart-Besigheim) 252
9.4.5. Pigment-Empfehlungen für Künstlerfarben durch Farbenchemiker 256
9.5. Exkurs: Synthetische organische Pigmente in zeitgenössischen Künstlerfarben 259

10. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK 263

11. BIBLIOGRAPHIE 265

12. ABBILDUNGSVERZEICHNIS 291

13. TABELLENVERZEICHNIS 293

14. ANHANG 295

14.1. Übersicht zum Bestand synthetischer organischer Pigmentproben in der INTK-Sammlung nach ausgewählten Herstellern 295

15. PUBLIKATIONEN UND VORTRÄGE IM RAHMEN DER DISSERTATION 301

1. Historischer Überblick zur Entwicklung synthetischer organischer Farbstoffe und Pigmente

Synthetische organische Farbstoffe und Pigmente weisen in vielen Fällen die gleiche chemische Grundstruktur auf, unterscheiden sich aber wesentlich durch ihre löslich- bzw. unlöslich machenden Komponenten.
Historisch gesehen, ist die Entwicklungsgeschichte der synthetischen organischen Pigmente eng mit der Geschichte der synthetischen Farbstoffe verbunden. Schon in den frühen Jahren der Synthetisierung von Farbstoffen in der Mitte des 19. Jahrhunderts wurden aus diesen Farblacke hergestellt. Erst um die Jahrhundertwende kamen die ersten wirklichen Pigmente dieser Klasse auf den Markt und noch später setzte die gezielte Entwicklung von synthetischen organischen Pigmenten ein.
Der folgende historische Überblick spannt den Bogen von Perkins Entdeckung 1856 bis in die Gegenwart; dabei wird der Schwerpunkt auf die Entwicklungen im europäischen Raum in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts gelegt und ab der Jahrhundertwende um 1900 vor allem der Pigmentsektor fokussiert.
Da der Farbstoffindustrie bzw. Teerfarbenindustrie im Allgemeinen und den *I.G. Farben* Gesellschaften bzw. der *I.G. Farben AG* in Deutschland im speziellen eine besondere Rolle im Kontext der globalökonomischen, -politischen aber vor allem wissenschafts- und wirtschaftshistorischen Entwicklungen zugeschrieben werden muss, finden auch diese Aspekte Berücksichtigung. Um die komplexen Zusammenhänge übersichtlicher darstellen zu können, werden wissenschaftliche und technologische und andererseits industrielle Entwicklung in getrennten Kapiteln behandelt.

1.1. Historischer Überblick zur Entwicklung synthetischer organischer Farbstoffe und Pigmente – Wissenschaftliche und technologische Aspekte

1.1.1. Voraussetzungen für die Entwicklung synthetischer Farbstoffe – Chemie im 19. Jahrhundert

Die Entdeckung des ersten synthetischen Farbstoffes fällt Mitte des 19. Jahrhunderts in eine Zeit, in der die Chemie als Naturwissenschaft zwar zunehmend Bedeutung erlangen konnte, allerdings noch am Beginn der Entwicklung zur modernen Wissenschaft stand. Man suchte nach Möglichkeiten, um Naturstoffe mit einfachen Reaktionen herzustellen; fehlende Grundlagenkenntnisse erschwerten jedoch eine systematische Forschung, so dass die Entdeckungen meist das Ergebnis empirischer Vorgehensweisen und glücklicher Zufälle waren.[1]
Unter Berücksichtigung wissenschaftshistorischer Aspekte ist die Periode, die der Herstellung synthetischer Farbstoffe vorausging, für die Geschichte der Chemie von besonderem Interesse. - Die modernen Chemie basiert auf Erkenntnissen, die im ausgehenden 18. Jahrhundert von englischen bzw. französischen Chemikern erarbeitet wurden und die Chemie von der Alchimie zu einer exakten Naturwissenschaft wandelten. Die Arbeiten von Lavoisier (1743-1794) sind dafür von besonderer Bedeutung; er interpretierte 1783 erstmals Verbrennungsprozesse richtig, formulierte das Gesetz von der Erhaltung der Masse und führte Elementaranalysen ein.[2] Dalton (1766-1844) formulierte 1808 die Atomhypothese und entwickelte die Theorie, dass sich Atome in bestimmten feststehenden Zahlenverhältnissen verbinden (Gesetz der multiplen Proportionen); damit waren die Voraussetzungen für Formeln geschaffen.[3] Maßgebliche Grundlagen der organischen Chemie erarbeitete Justus v. Liebig (1803-1873), dessen experimentellen Lehrmethoden an der Universität in Gießen Einfluss auf die spätere großindustrielle Entwicklung Deutschlands hatten. Aus seinen Ausbildungslaboratorien gingen später einige wichtige Wissenschaftler hervor. A. W. Hofmann (1818-1892), C. R. Fresenius (1818-1897) und A. Kekulé (1829-1896) sind ihrerseits wiederum bekannt für Ausbildungsstätten, die ähnliche

1 Henseling/Salinger (1990), S. 107.
2 Teltschik (1992), S. 3.
3 Römpp (1992), Bd. 1/S. 279; Bd. 2/S. 856.

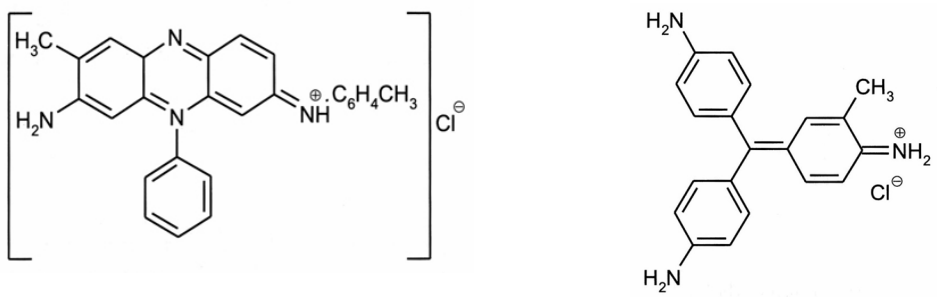
Bedeutung erlangten.[4]
Die erste Synthese eines Naturstoffes aus anorganischen Grundstoffen gelang erst 1828 Friedrich Wöhler (1800-1882) mit der Harnstoffsynthese. Einen wesentlichen Beitrag für die rasche Entwicklung der organischen Chemie leisteten dann aber vor allem zwei Entdeckungen Kekulés: Im Jahr 1858 postulierte dieser die Vierwertigkeit des Kohlenstoffs und die Existenz von C-C-Verbindungen.[5] Mit dem Aufstellen der Strukturformel des Benzols durch Kekulé im Jahre 1865 und der Veröffentlichung der Theorien über die Konstitution aromatischer Verbindungen[6] wandelte sich das Verständnis für die Molekularstruktur grundlegend.[7]
Mit der Erforschung der leichten Teerdestillate hatte man sich schon früher in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts beschäftigt und damit gewissermaßen Voraussetzungen für die Farbstoffsynthese geschaffen.[8] Schon 1834 konnte Runge (1794-1867) eine Reihe wichtiger Substanzen aus dem Steinkohlenteer isolieren. Dazu gehörten Anilin (Kyanol benannt), Pyrrol und Chinolin sowie Phenol. Auch Otto Unverdorben (1806-1873) hatte bereits 1826 aus Indigo durch trockene Destillation Anilin (Krystallin benannt) hergestellt.[9] Neben dem Steinkohlenteer wurde auch der Holzkohlenteer untersucht. Reichenbach (1788-1833) veröffentlichte 1832/33 seine Untersuchungen des Buchen-Holzkohlenteers und fand darin Kreosot und Paraffin.[10]
Klarheit über viele der Verbindungen konnte man jedoch erst später erlangen; so fand A. W. Hofmann 1843, dass Runges Kyanol und Unverdorbens Krystallin dieselbe Substanz, nämlich Anilin sind.[11]

1.1.2. Die ersten wirtschaftlich bedeutenden synthetischen Farbstoffe – Mauvein (1856) und Fuchsin (1858)

Neben den Forschungen über Teerbestandteile waren aber auch die zahlreichen Arbeiten vor allem französischer Chemiker zur Identifizierung der färbenden Komponenten pflanzlicher Färbemittel bedeutende Vorraussetzungen für den Beginn der Entwicklung synthetischer Farbstoffe im 19. Jahrhundert.[12] Die Entdeckung des ersten Vorläufers der künstlichen Farbstoffe fällt noch ins 18. Jahrhundert. Schon 1771 stellte Woulfe aus Indigo Pikrinsäure (2,4,6-Trinitrophenol) her,[13] die dann Ende der 1840er Jahre nach einem für Guinon 1849 patentierten Verfahren in Lyon für die Gelb-Färbung von Seide eingesetzt wurde.[14]
Das Zeitalter der wirtschaftlich bedeutenden synthetischen organischen Farbstoffe beginnt erst mit der zufälligen Entdeckung des ‚Anilin Purples' bzw. Mauveins (Abb. 1/ A) im Jahre 1856. Bei den Versuchen, Chinin[15] aus toluidinhaltigem Anilin herzustellen, stieß der Chemiestudent und Hoffmann-Schüler William H. Perkin (1838-1907)[16] auf eine Substanz, die in der Lage war, Seide purpurrot-violett zu färben.[17]
Perkin erkannte das wirtschaftliche Potential des basischen Azinfarbstoffes; bereits ein Jahr später konnte Mauvein in Greenford Green (Middlesex) bei London produziert werden. Diese erste so genannte ‚Teerfarbstoff-Fabrik' war gleichzeitig auch die erste Fabrik der organischen Chemie; sämtliche Apparaturen und Produktionsanlagen mussten von Perkin selber entwickelt werden. Die englischen bzw. schottischen Färber waren dem neuen Farbmittel gegenüber zunächst skeptisch eingestellt.

4 Teltschik (1992), S. 5.
5 Vgl. Römpp (1992), S. 2187.
6 Vgl. Römpp (1992), S. 2068-2069: bspw. Isomerie (Existenz verschiedener Strukturen bei gleicher Bruttoformel).
7 Graebe (1920), S. 286-298; Henseling/Salinger (1990), S. 107-109.
8 Bucherer (1921), S. 5.
9 Grabe (1920), S. 106; Henseling/Salinger (1990), S. 109.
10 Vgl. Zerr/Rübencamp (1906), S. 652; Graebe (1920), S. 107: Karl Freiherr v. Reichenbach (1788-1869) Chemiker und Naturforscher; errichtete Eisenwerke und Holzverkokungsöfen.
11 Henseling/Salinger (1990), S. 109
12 Müller (2000), S. 1.
13 Wagner (1939), S. 347.
14 Zerr/Rübencamp (1906), S. 652.
15 Vgl. Henseling/Salinger (1990), S. 82: Chinin war damals das einzige Mittel gegen Malaria und wurde aus Chinabaum-Rinde (Cinchona pubescens) gewonnen. Malaria war im 19. Jahrhundert weit verbreitet und forderte jährlich Millionen Opfer (nicht nur in den Kolonien). Der Chininbedarf war daher enorm und die Bemühungen um eine synthetische Herstellung verständlich.
16 Vgl. Graebe (1920), S. 214: Der Brite William H. Perkin begann im Alter von 15 Jahren im Royal College in London mit dem Chemiestudium bei Prof. A. W. Hofmann (1818-1892). In Hofmanns Laboratorien entdeckte Perkin 1856 das Mauvein. Trotz Gründung und Leitung einer Teerfarbstoff-Fabrik setzte Perkin seine wissenschaftlichen Arbeiten erfolgreich fort.
17 Henseling/Salinger (1990), S. 82.

Vom französischen Tuchhandel wurde der blassviolette Farbton jedoch stark nachgefragt, so dass die Euphorie in Frankreich bald auch in Großbritannien zu einem Erfolg des neuen Farbtons führte und Perkin 1859 große Mengen konzentrierter Mauveinlösung an die Seiden- und Kattunfärber zu liefern hatte.[18]



(A) (B)

Abb. 1: (A) Mauvein (C.I. Basic dye, 50245) und (B) Fuchsin (C.I. Basic Red), [nach Müller (2000), S. 1].

Größere Bedeutung als das Mauvein erreichte als Farbstoff das Fuchsin (Abb. 1/ B), 1858 durch E. Verguin (1806-1856) entdeckt. Bei der Oxidation von Anilin, tatsächlich aber einem Gemisch aus Anilin, o- und p-Toluidin, mit Nitrobenzol in Gegenwart von Zinn-IV- oder Eisen-III-chlorid, entstand ein blaustichig-roter Farbstoff.[19] Die Lyoner Firma *Renard Fréres et Franc* konnte das Fuchsin im gleichen Jahr patentieren lassen, da Verguin laut Vertrag die Rechte über neue Entdeckungen dem Unternehmen zu überlassen hatte. Der Farbstoff war schon 1856 von Nathanson und 1858 von A. W. v. Hofmann hergestellt worden, allerdings hatten beide Wissenschaftler nicht dessen Eignung für das Färben erkannt.[20]

Fuchsin wurde in wesentlich größeren Quantitäten als Mauvein produziert und löste einen Gründerboom in der jungen Farbstoffindustrie aus.[21] A. W. Hofmann unterzog den Farbstoff genaueren Untersuchungen und stellte dabei 1862 fest, dass Fuchsin das farbige Salz einer farblosen Base sei, die er Rosanilin nannte. Daraus konnte er mit Ethyljodid Hofmanns Violett gewinnen. Zuvor hatten 1860 Girard und de Laire aus Rosanilin durch Erhitzen mit Anilin das Anilinblau bzw. Lyoner Blau erhalten, ein Triphenylfuchsin.[22] 1861 wurde Methylviolett durch von C. Lauth (1836-1913) entdeckt[23] und dadurch die Basis für die Gruppe der sauren Triarylcarbonium- bzw. Triarylmethin-Verbindungen,[24] die so genannten

18 Vgl. Garfiled (2002), S. 73-75: 1857 konnte sich in Paris Mauve (Malvenfarbe) als Modefarbe durchsetzen. Anstoß dazu gab die Kaiserin Eugénie, Gattin von Napoleon III., deren Extravaganzen oft in Mode-Magazinen kommentiert wurden, so auch ihre Vorliebe für Mauve. Als Queen Victoria 1858 zur Hochzeit ihrer Tochter mit dem preußischen Kronprinzen Friedrich Willhelm ein mauvefarbenes Kleid trug, wurde die Farbe auch in London Mode. Die Mauve-Manie hatte für Perkin zunächst kaum Auswirkungen, da der Farbstoff vor allem aus Flechtenpurpur (in Lyon) hergestellt wurde. Die Firma *Guinon, Marnas et Bonnet*, das gleiche Unternehmen, das vorher schon Pikrinsäure als Seidenfarbstoff einsetzte, hatte sich das Herstellungsverfahren für den Flechtenpurpur patentieren lassen, so dass konkurrierende Firmen auf den synthetischen Farbstoff ausweichen mussten. Englische und schottische Kattundrucker zeigten erst Interesse, als die Farbe in französischen Mustern auftauchte und damit die Nachfrage in England anregte. Perkin versäumte zwar, das französische Patent fristgerecht anzumelden, konnte aber von seinen britischen Patentrechten profitieren.

19 Herbst/Hunger (1995), S. 540.

20 Henseling/Salinger (1990), S. 85.

21 Vgl. Garfield (2002), S. 94: Fuchsin wurde neue Modefarbe, aber zunächst auch zum Färben von Uniformen verwendet. Im sardisch-französischen Krieg gegen Österreich (1859) trugen die Soldaten diese Farbe, so dass der Farbton in England unter den Nahmen Solferino und Magenta (italienische Orte der Siege gegen Österreich) bekannt wurde.

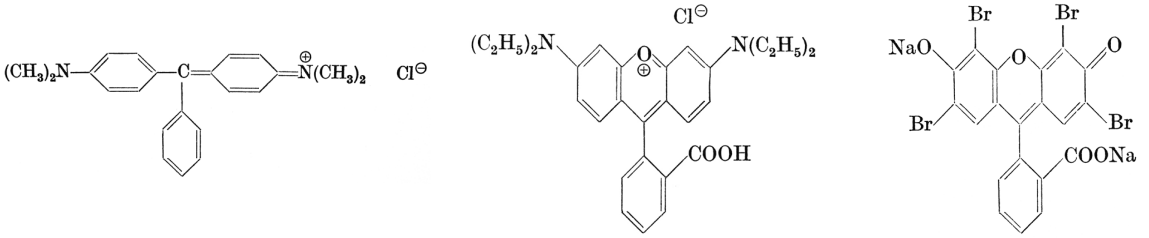
22 Herbst/Hunger (1995), S. 540.

23 Graebe (1920), S. 215.

24 Vgl. Zollinger (2003), S. 101-102 (aus dem Englischen): In aktuellen Publikationen findet sich die Bezeichnung Di- und Triarylmethin-Farbstoffe, während die älteren Literatur noch Di- und Triarylmethan-Farbstoffe verwendet. - Diese alte Bezeichnung war irreführend, da das Zentralatom nicht sp^3- sondern sp^2 hybridisiert vorliegt. 1965 schlug daher Dähne vor, 'Polyarylmethine' statt 'Polyarylmethane' zu verwenden. […] Auch im Colour-Index sind die Bezeichnungen nicht glücklich gewählt: Die in Lösung negativ geladen vorliegenden Polyarylmethin-Farbstoffe werden als 'C.I. Acid Dyes' (Generic name) systematisiert; positiv geladene dagegen unter 'C.I. Basic Dyes'. Das ist nicht korrekt, da die positive Ladung eher durch die Carbenium- oder Ammonium-Ionen bedingt wird. Es existiert keine konjugierte Säure, die ein Proton abgeben könnte und die Farbstoffe sind daher eher als Lewis- statt als Brönstedt-Säuren zu definieren. Heute sollte die Bezeichnung 'Cationic dye' statt 'Basic Dye' verwendet werden. - Die Herkunft des alten Namens ist historisch bedingt: Frühe Farbstoffe wurden aus Mixturen aromatischer Amine hergestellt und man nahm an, dass nur basische Fraktionen für die Farbstofffabrikation von Wert seien.

Alkaliblau-Typen gelegt, deren Struktur aber erst 1880 durch E. H. Fischer (1852-1919) und O. P. Fischer (1852-1932) aufgeklärt wurde. Schon 1877 hatte O. P. Fischer aus Benzaldehyd und Diphenylanilin Malachitgrün synthetisiert.[25]

Zu den Triarylmethin-Verbindungen gehören auch die Phthaleine, eine Farbstoffklasse mit sauren Eigenschaften, 1871 von A. Baeyer entdeckt. Der erste, leuchtend rote Farbstoff dieser Klasse wurde Fluorescein genannt, da in alkalischer Lösung eine stark grünliche Fluoreszenz zu beobachten war. Aus dem Fluorescein stellte Caro durch Behandlung mit Brom und anschließender Natriumsalzbildung dann 1871 Eosin (Abb. 2/ C) her und in weiterer Folge konnten durch ähnliche Reaktionen zahlreiche weitere Varianten synthetisiert werden.[26] Die Phthaleine spielten besonders in den 1880er Jahren eine große Rolle, wurden später aber durch die viel echteren Disazofarben und die Rhodamine (ab 1887/88 Rhodamin B; Abb. 2/ B) zurückgedrängt.



(A) (B) (C)

Abb. 2: (A) Malachitgrün (C.I. Basic Green 4, 42000), (B) Rhodamin B (C.I. Basic Violet 10, 45170) und (C) Eosin (C.I. Acid Red 87, 45380); nach Schweizer (1964), S. 253 und S. 272-274.

1.1.3. Entdeckung der Diazotierungsreaktion 1858

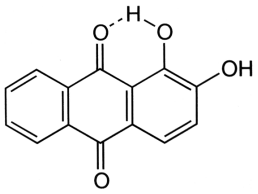
Schon kurz nach der Entdeckung der Diazotierungsreaktion 1858 in Hofmanns Londoner Laboratorien durch P. Griess (1829-1888), waren mit Bismarckbraun (1963) und Anilingelb (4-Aminoazobenzol, 1864) die ersten basischen Azofarbstoffe im Handel. Bedeutung erlangte die Farbstoffklasse jedoch erst ein Jahrzehnt später und stellt heute die zahlenmäßig größte Farbstoffgruppe dar.[27] 1876 kommen die ersten sauren Azofarbstoffe ‚Orange I' und ‚Orange II' auf den Markt; gleichzeitig konnte durch O. N. Witt (1853-1915) und H. Caro (1834-1910) das Chrysoidin als basischer Azofarbstoff und erster Azofarbstoff für Wolle aus Anilin und m-Phenylendiamin hergestellt werden; Diazotierung und Kupplung erfolgten erstmals in getrennten Reaktionsstufen.[28]

Der erste substantive Farbstoff Kongorot, mit dem Baumwolle und Leinen direkt gefärbt werden konnten, wurde 1884 durch Böttiger dargestellt. Azo-Entwicklungsfarbstoffe, bei denen der Farbstoff direkt auf der Faser erzeugt wird, wurden schon 1890 hergestellt, indem man die Faser mit ß-Naphthol und Türkischrotöl behandelte und den Pararot genannten Farbstoff direkt auf der Faser entwickelte. Als man 1912 (Winkler, Laska, Zitscher; *Griesheim Elektron*) entdeckte, dass das farblose Naphthol AS (2-Naphthol-3-Carbonsäureanilid) wie ein substantiver Baumwoll-Farbstoff auf die Faser aufzieht, konnten durch Austausch des ß-Naphthols als Kupplungskomponente licht- und waschechtere Färbungen erzielt werden.[29]

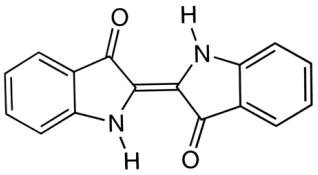
25 Graebe (1920), S. 214-219; Müller (2000), S. 1.
26 Zerr/Rübencamp (1906), S. 654.
27 Schweizer (1964), S. 6.
28 Müller (2000), S. 2.
29 Müller (2000), S. 2-3.

1.1.4. Synthetisches Alizarin (1869) und die Indigosynthese (1878/1897)

Die synthetische Herstellung der wirtschaftlich bedeutendsten natürlichen organischen Farbstoffe Alizarin (Abb. 3/ A), dem wirksamen Bestandteil der Krapppflanze,[30] und Indigo war eine besondere Herausforderung, der sich im 19. Jahrhundert viele Forscher widmeten. Schon 1827 konnten Colin und Robiquet eine Methode zur Herstellung von Garancine (konzentriertem Krapp) finden. Empirische Versuche von Farbenchemikern, den Farbstoff herzustellen, scheiterten aber zunächst noch. 1868 konnten Graebe (1841-1927) und Liebermann (1842-1914) die Struktur von Alizarin aufklären und 1869 erstmals synthetisches Alizarin herstellen. Das Verfahren war allerdings zu kompliziert und technisch nicht umzusetzen. H. Caro, damaliger Forschungsdirektor der *BASF*, konnte für die Entwicklung einer günstigen großtechnischen und günstigen Methode gewonnen werden. Unabhängig davon arbeitete in England W. Perkin an einem Verfahren der Alizarinsynthese. Ironischerweise wurde Caro das Patent in Berlin am 25.6.1869 einen Tag früher erteilt als W. Perkin am 26.6.1869 in London, was auf die schleppende Arbeitsweise des britischen Patentamtes zurückzuführen war; ein weiteres Verfahren zur Alizarinherstellung wurde von F. Riese 1869 in *Hoechst* gefunden. Die Alizarinsynthese im industriellen Maßstab sorgte dann innerhalb kurzer Zeit für den Niedergang der Produktion natürlichen Krapps und verdrängte diesen fast vollständig.[31]
Die Arbeiten an der Synthese von Indigo (Abb. 3/ B), dem zweiten wichtigen natürlichen Farbstoff, gelten als maßgebliches, historisches Beispiel für jahrzehntelange, schrittweise und systematische Konstitutionsaufklärung und Syntheseaufbau. A. Baeyer (1835-1917), der sich seit den 1860er Jahren mit Indigo beschäftigt hatte, gelang 1878 die erste Totalsynthese von Indigo und 1883 dessen Strukturaufklärung; die Entwicklung eines großtechnischen Verfahrens für die Indigosynthese war aber mit außerordentlich großen Schwierigkeiten verbunden. Baeyers in den 1880er Jahren ausgearbeiteten Synthesewege erwiesen sich als zu kostspielig und technisch nicht umsetzbar.[32]
1890 fand schließlich Karl Heumann (1850-1894) ein Verfahren, um aus Anilin über Phenylglycin Indigo herzustellen. Bei *BASF* wurde 1897 die Indigo-Produktion nach einem zweiten von Heumann entwickelten Verfahren aus Anthranilsäure aufgenommen. Das oben genannt Heumann-Verfahren (Heumann-Pfleger-Verfahren) wurde bei *Hoechst* technisch adaptiert und ab 1901 für die Herstellung von Indigo eingesetzt.[33] Allerdings wurde Indigo bald selbst Opfer des Fortschritts und von den neuen stabileren synthetischen *Indanthren*-Farbstoffen abgelöst, wie sie bspw. 1901 von R. Bohn (1862-1922) synthetisiert werden konnten.[34]



(A)



(B)

Abb. 3: (A) Alizarin (C.I. Mordant Red 11, 58000) und (B) Indigo (C.I. Vat Blue 1, Pigment Blue 66, 73000), nach Zollinger (2003), S. 255 und 271.

30 Vgl. Reckel (1990), S. 74: Der Farbstoff-Gehalt der Krappwurzel beträgt nur ca. 1-4 % und besteht aus einer Gruppe von etwa 20 verschiedenen gelben, roten und braunroten Antrachinon-Farbstoffen. Deren unterschiedliche Zusammensetzung bestimmt die verschiedenen Krappsorten und Qualitäten. Der rote Farbstoff Alizarin (arabisches/levantinisches Wort für Krapp: „Al Izari“) bildet dabei den Hauptanteil der Farbstoffe.
31 Müller (2000), S. 1-2, Henseling/Salinger (1990), S. 110-113, Garfield (2002), S. 110-115.
32 Schweizer (1964), S. 6.
33 Müller (2000), S. 3-4.
34 Teltschik (1992), S. 10.

1.1.5. Entwicklung anderer Farbstoffklassen

Um die Jahrhundertwende konnten eine Reihe von neuartigen Substanzen gefunden werden. Vidal (1862-1938) erforschte die Schwefelfarbstoffe (Schwefelschwarz 1893), die schon 1873 durch Croissant und Bretonniere entdeckt worden waren. Schwefelschwarz bildete den Auftakt zu einer Reihe billiger Schwefelfarbstoffe. Zur gleichen Gruppe gehörten auch die sich seit 1909 auf dem Markt befindlichen *Hydronblau*-Marken, die besonders für blaue Arbeiteranzüge Verwendung fanden.[35] Noch in den 1970er Jahren betrug der Anteil der Schwefelfarbstoffe 20% aller weltweit produzierten synthetischen Farbstoffe.[36] Nur wenig später als die Schwefelfarbstoffe wurde 1901 im Zuge einer Untersuchung von Indigo-Derivaten durch R. Bohn (1862-1922) der erste antrachinoide Küpenfarbstoff entdeckt: das *Indanthron* bzw. *Indanthronblau RS*. Damit waren erstmals hochlichtechte Farbstoffe gefunden worden, die bessere Echtheiten als die bis dahin beständigsten Naturfarbstoffe Indigo und Türkischrot aufwiesen.[37]

Um die Echtheiten der Färbungen zu verbessern, wurden vielfach Metallbeizen (Chromsalze) zum Färben eingesetzt. Farbstoffe, die mit Metallatomen einen koordinativen Komplex bilden, waren schon relativ früh z.B. mit *Alizaringelb 2G* (1878) und *Chromviolett* (1889) im Handel. Bedeutende Fortschritte in der Weiterentwicklung der Chromierfarbstoffe, die Strukturelemente zur Bildung eines inneren Komplexes enthalten, gelangen dann in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts mit den 1915 für *Ciba* patentierten *Neolan*- und den für *BASF* patentierten *Platinecht*-Farbstoffen. Zwar konnte man mit diesen 1:1 Metallkomplexfarbstoffen auf das Beizen verzichten, erreichte aber nicht die Echtheiten der Chromierfarbstoffe. 1926 wurde erkannt, dass auch zwei Farbstoffmoleküle mit einem Metallatom reagieren können und entwickelte die 1:2 Metallkomplexfarbstoffe, die vor allem als Wollfarbstoffe Bedeutung erlangten.[38]

Durch den Aufschwung der Kunststoffchemie nach 1945 wurden eine Reihe neuer Fasern entwickelt, die ihrerseits wieder Innovation bei den Färbemitteln forderten. Mit den so genannten Reaktivfarbstoffen wurde 1956 eine neue Klasse von Farbstoffen eingeführt, die mit der Zellulosefaser eine echte kovalente Bindung eingehen konnten (1954 für Rattee und Steven patentiert). Während die bisher erwähnten Farbmittel vor allem nach chemischer Konstitution unterschieden wurden, waren die Reaktivfarbstoffe eine den Färbeprozess betreffende Neuentwicklung. Nach der chemischen Konstitution zählen ca. 80 % der Reaktivfarbstoffe zu den Azoverbindungen.[39] *ICI* brachte die Farbstoffe unter dem Namen *Procion* auf den Markt. Wenig später erkannten *Hoechst* und *Ciba*, dass ihre eigenen Zellulose- und Textilfarbstoffe durch alkalische Nachbehandlung auf der Faser kovalent gebunden werden können. Das führte zu den *Cibacron*- und *Remazol*-Farbstoff.

Ab den 1970er Jahren macht sich eine Trendwende bemerkbar. Statt die Entwicklung immer neuer Farbstoffe und Farbstoffklassen zu forcieren, legte man vielmehr verstärkt Bemühungen in die ökonomische und ökologische Prozessoptimierung der Herstellungsverfahren. Daneben gewinnen funktionelle Farbstoffe immer mehr an Bedeutung. Diese Bezeichnung wurde in den 1980er Jahren für konjugierte π-Systeme eingeführt, die nicht der (Ein-)Färbung dienen, sondern bei technischen Prozessen eingesetzt werden bzw. auch in der Biologie, chemischen Analyse und Lebensmitteltechnologie.[40]

1.1.6. Farblacke - Fabrikation von ‚Pigmenten' aus synthetischen Farbstoffen

Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts wurden in der Farbenchemie kaum Anstrengungen unternommen, um gezielt schwerlösliche synthetische organische Farbmittel - also Pigmente - für die Anwendung in Bindemittelsystemen zu entwickeln. Stattdessen verwendete man die aus der Textilfärberei bekannten nuancenreichen neuen synthetischen Farbstoffe und produzierte Farblacke, die spätestens seit den 80er

35 Müller (2000), S. 4; Schweizer (1964), S. 7.
36 Zollinger (2003), S. 355.
37 Vgl. Schweizer (1964), S. 7-8: Die lichtechten Küpenfarbstoffe wurde von der *I.G. Farben* nach dem ersten Weltkrieg unter dem Namen Indanthren-Farbstoffe (Indigo aus Anthracen) in den Handel gebracht und mit der „*Indanthren*-Echtheit" beworben. Das Sortiment fasste die besten verfügbaren Baumwollfarbstoffe zusammen. Diese durften nur von qualifizierten Färbereien verarbeitet werden; trotz anfänglichem Widerstand der Textilfärber setzten sich die Farbstoffe durch, was vor allem auch auf die breit angelegte direkte Publikumswerbung zurückgeführt werden kann.
38 Müller (2000), S. 3.
39 Zollinger (2003), S. 225.
40 Zollinger (2003), S. 3.

Jahren des 19. Jahrhunderts vor allem in Dekorationsfarben wie Anstrichfarben in Harz und Öl sowie Kalkfarben, aber später auch in Farben für die Tapetenfabrikation und Buntpapierherstellung wie auch in Graphiker- und Künstlerfarben Anwendung fanden. Anfangs nur adsorptiv auf einen anorganischen Träger aufgebracht, ging man bald dazu über, säuregruppenhaltige und basische Farbstoffe, die damals als lösliche Natriumsalze im Handel waren, zu verlacken. Bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts blieb die fabrikmäßige Herstellung der Farblacke ein wichtiger Zweig der Farbproduktion.[41]
Im Prinzip kann man die Farblacke als Vorläufer der synthetischen organischen Pigmente bezeichnen. Sie werden durch die Fällung eines löslichen Farbstoffes auf ein anorganisches Substrat oder durch Bildung von Metallsalzen produziert. Üblich waren kombinierte Verfahren. Schon Perkin ließ 1862 ein Verfahren patentieren, um die so genannten ‚Anilinlacke' herzustellen, die allerdings keine echten ‚Lacke' waren, sondern nur eingefärbte weiße Substrate mit entsprechend unzureichenden Anwendungseigenschaften.[42]
Schwierig und zum Teil verwirrend gestaltete sich die Handhabung der Farblack-Systematisierung in der Fachliteratur. Nachdem um 1900 die ersten synthetischen organischen Pigmente auf den Markt kamen, wurde die Unterscheidung innerhalb der für die Farblackherstellung eingesetzten Farbmittel zunehmend unübersichtlicher. In den 1920er Jahren wurde die Unterscheidung in ‚Pigmentfarbstoffe' (nach heutiger Definition ‚synthetische organische Pigmente') und ‚Lackfarbstoffe' (Farbstoffe, die erst als schwerlösliche Salze ausgefällt werden müssen) üblich, zumindest in der Fachliteratur. In der Praxis wurden die Begriffe offenbar oft durcheinandergeworfen, da weder die ‚Pigmentfarbstoffe' bzw. Pigmente noch die konzentrierten Fällungsprodukte unvermischt bzw. ohne Substrat, Verschnitt- oder Füllstoffe zur Anwendung kommen konnten.[43]
Aus dieser historischen Entwicklung heraus scheint es dann auch verständlich, dass bei Kittel (1960) die gefällten salzartigen synthetischen organischen Pigmente noch als ‚Farblacke' beschrieben wurden, und nicht in die Rubrik der ‚organischen Pigmente' bzw. damals immer noch ‚Pigmentfarbstoffe' fielen.[44] - Die Definition für Farblacke bei Kittel (1960) lautet: „*Ein Farblack ist eine aus Farbstoffen mit salzbildenden Gruppen und Salzbildnern entgegengesetzter elektrischer Ladung durch einfache oder Komplexsalzbildung entstehende wasserunlösliche Verbindung.*"[45]

1.1.6.1. Exkurs: Herstellung von Farblacken

In Standardwerken über die Farbenfabrikation bzw. über Farbmittel finden sich bis in die 1960er Jahre (Kittel) ausführliche Kapitel über Farblackproduktion mit Applikationshinweisen.[46]
Einen Überblick über die Entwicklungen und Fortschritte in der Farblackproduktion vermitteln Zerr/Rübencamp (1906) in dem *Handbuch der Farben-Fabrikation* (in zweiter Auflage 1912); später Wagners *Körperfarben*, das 1928 in der 1. und 1939 in der 2. Auflage herausgeben wurde. Eine übersichtliche Darstellung findet sich auch in Curtis (1929) *Künstliche organische Pigmentfarben*. Noch in Kittel (1960), einer neu bearbeiteten 3. Auflage von Wagners Buch, jedoch mit neuem Titel *Pigmente* herausgegeben, wird den Farblacken noch viel Platz eingeräumt. Seitdem hat deren Bedeutung aber stetig abgenommen; in der 2. Auflage von Kittel (2003) spielt die Farblackherstellung gar keine Rolle mehr.[47]
Bei der Fabrikation von Farblacken wird nach Fällmethoden unterschieden, die in Abhängigkeit von den chemischen Eigenschaften des Farbstoffes bzw. entsprechend der Farbstoffklasse ausgewählt werden müssen. Weitaus häufiger als Lacke aus reinem Farbstoff und nur einer aufgeführten Fällungsmethode waren Misch- oder Kombinationslacke. Dabei waren auch teilweise ungewöhnliche Kombinationen in Gebrauch, was der jeweiligen Konkurrenz eine Nachahmung des Farbtones erschwert haben dürfte.[48]

41 Herbst/Hunger (1995), S. 4.
42 Hurst (1890), S. 32
43 Wolff et al. (1929), S. 51; Das Kapitel: *„VI. Teerfarbstoffe und Farblacke"*, S. 51-80, fasst die Farblack-Problematik in knapper Form zusammen. Inhaltlich entspricht der Abschnitt den betreffenden Kapiteln aus Wagner (1928), der als Mitautor und -herausgeber für den die ‚Körperfarben' betreffenden Inhalt verantwortlich war.
44 Kittel (1960), S. 498.
45 Kittel (1960), S. 483.
46 Zerr/Rübencamp (1906), S. 650-767; Wagner (1928), S. 313-329; (1939), S. 396-416; Kittel (1960), S. 464-505.
47 Vgl. Kittel (2003), Kapitel 5.4., Organische Pigmente, S. 244-276.
48 Vgl. Zerr/Rübencamp (1906), S. 688: Am Beispiel eines Marronlackes/Tapetenfabrikation wird die Vorgangsweise beschrieben: Ponceaulack wird mit Bariumchlorid gefällt und anschließend der hochrote Lack mit Fuchsinlösung versetzt. Als basischer Farbstoff muss das Fuchsin danach mit Tannin-Brechweinstein fixiert werden. Der Farbton des Produkts hängt nun

In älterer Literatur wird nach diesen Fällmethoden systematisiert,[49] später dann üblicherweise nach den chemischen Eigenschaften der Farbstoffe in saure, basische und beizenziehende Farbstoffe und deren Fällmethoden (Wagner, 1928 und jüngerer Literatur). Vereinfacht zusammengefasst, können saure Farbstoffe mit Metallsalzen wie z.B. Bariumchlorid, basische mit sauren Verbindungen wie Tannin oder Brechweinstein und beizenziehende nach dem ‚Krappverfahren' gefällt werden.
Tatsächlich sind die Fällmethoden und -verfahren ein sehr komplexes Themengebiet. Die Erkenntnis, dass die Farblackbildung zum Teil wesentlich komplizierter abläuft und bspw. bei den sauren Farbstoffen in sulfo- oder carbonsäuregruppentragende Farbmittel unterschieden werden muss, setzte sich erst durch die Arbeiten und Fortschritte auf dem Gebiet der Komplexchemie durch und fand ab den 1920/30er Jahren auch Eingang in die maßgebliche Fachliteratur zu Farblackfabrikation.[50]

1.1.6.2. Substrate

Die Auswahl bzw. Kombination der Substrate spielte bei der Herstellung von Farblacken eine wesentliche Rolle. Der Begriff Substrat ist dabei mehrdeutig;[51] außer für reine Adsorptionsfällungen kommt den Substraten auch in Kombination mit anderen Fällmethoden Bedeutung zu bzw. hatten sie gleichzeitig eine Füllstoff-Funktion. So war es bspw. für leichtlösliche saure Farbstoffe üblich, nicht nur mit dem Metallsalz sondern auch mit Substratzusatz zu fällen: *„Um nun doch zu möglichst wasserunlöslichen Lacken zu gelangen, muss man vielfach die Adsorptionswirkung der Substrate, vor allem des Tonerdehydrats, des frisch gefällten Bariumsulfats und der natürlichen Silikate zu Hilfe nehmen."*[52] Neben unbunten Substraten kamen auch farbige kieselsäure- oder silikathaltige Mineralien, wie z. B. Tone, Umbren und grüne Erde zur Anwendung.
Tonerdehydrat (Aluminiumoxide bzw. Aluminiumoxidhydrate) war eines der wichtigsten Substrate und wurde bei der Farblackfabrikation mit erzeugt. Die gefällte ‚Tonerde' wurde einerseits im ‚Fällbetrieb' und andererseits auch im ‚Mischbetrieb' verwendet.[53] Viele Verlackungsverfahren beruhten auf der gleichzeitigen Fällung von Farbstoff und Tonerdehydrat bzw. auch Blanc fixe.[54] Häufiger als reine Tonerdehydratlacke[55] waren aber Fällungen auf andere Substrate wie Blanc fixe, Schwerspat, Bleisulfat, Kaolin und andere Tone sowie Mennige. Für basische Farbstoffe wurden auch Tonerdehydratfällungen mit Fällungen von Arsenik-, Phosphor- und Zinnsäure und später auch Harzfällungen kombiniert.
Farblacke mit Zinnverbindungen verloren offenbar schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts an Bedeutung, da die Farblacke sich stark veränderten. Schon Zerr/Rübencamp (1906) erwähnen, dass die Verwendung von Zinnpräparaten - Zinnchlorür ($SnCl_2$, Zinnchlorid) und Zinnsäure - weitgehend vermieden wird.[56]
Blanc fixe ($BaSO_4$) und Schwerspat (Bariumsulfat, Baryt) spielte bei der Herstellung von Farblacken eine ähnlich wichtige Rolle wie Tonerdehydrat. Die gefällten Bariumsulfate wurden meist in Kombination mit Tonerdehydrat oder auch Stärke, Kaolin, Leichtspat, Ocker etc. verwendet, da reine Blanc fixe-Farblacke sehr schwere Pigmentfarben ergaben, die zu hart trockneten. Schwerspat weist nur eine geringe Deckfähigkeit auf und musste daher meist noch mit deckenden Verbindungen gemischt werden. Zum gewöhnlichen Anstrich dienende Farblacke bestanden aber zu einem großen Teil aus Schwerspat.
Andere Substrate, die zum Einsatz kamen, waren Leichtspat (Lenzin, $CaSO_4$), der zwar besser als Schwerspat deckt, aber nicht ganz wasserfest ist, China Clay (Kaolin, Aluminiumsilikat), ein

einerseits vom verwendeten Ponceau (bläulich, gelblich, orange) ab, andererseits kann die Färbung aber auch durch Zusetzen anderer basischer Farbstoffe (Methylviolett, Brilliantgrün etc.) zur Fuchsinlösung beeinflusst werden.
49 Zerr/Rübencamp (1906), S. 650-767.
50 Kittel (1960), S. 464, Vgl. auch Wagner (1928), S. 292-311; Wagner (1939), S. 377-389.
51 Vgl. Römpp (1992), Bd. 5, S. 4362: Der Begriff Substrat hat verschiedene Bedeutungen; in der Farben- und Lackindustrie folgende: Nach DIN 55945 (August 1983) sind Substrate unlösliche und meist unbunte Stoffe, die am Aufbau bestimmter Farblacke beteiligt sind; Substratfarben sind *„Pigmente, die auf nassem Wege auf ein Substrat niedergeschlagen oder mit Füllstoffen versehen werden."*
52 Wolff et al. (1929), S. 53
53 Wagner (1939), S. 39.
54 Zerr/Rübencamp (1906), S. 676.
55 Vgl. Zerr/Rübencamp (1906), S. 679: Für saure Farbstoffe kann die Tonerdehydratfällung durch Zersetzung von schwefelsaurer Tonerde mit Kalkmilch bzw. Schlämmkreide durchgeführt werden. Dabei wird auch Calciumsulfat ($CaSO_4$) gebildet, dass bei der folgenden Fällung des Farbstoffes mit Bariumchlorid ($BaCl_2$) z.T. in Blanc fixe ($BaSO_4$) überführt wird. Anstelle des $BaSO_4$ wird für manche Farblacke auch Bleisulfat ($PbSO_4$) erzeugt, wenn statt $BaCl_2$ Bleizucker oder Bleinitrat als Fällungsmittel verwendet werden. Ist der Farbstoff durch die letztgenannten Salze fällbar (Eosin, Erythrosin, Phloxin, Rose Bengale etc.), wird der Farblack mit der Entstehung des Bleisulfates fixiert, wie bei der Barytfällung.
56 Zerr/Rübencamp (1906), S. 682.

wasserhaltiges Tonerdesilikat, Mennige oder Bleiglätte (Bleioxide) für Zinnoberimitationen in Mischungen mit anderen Substraten, Bleisulfat ($PbSO_4$) als Ersatz für Schwerspat, Calciumcarbonat ($CaCO_3$), Kieselgur (Diatomeenerde, Siliziumdioxid) und Grünerden (Augit-Verwitterungsprodukte), die für Kalk oder Wandfarben eingesetzt wurden.[57]

1.1.6.3. Fällungsmethoden

In der Farblackfabrikation wurde üblicherweise nach den verschiedenen Fällmethoden unterschieden. Die spätere Fachliteratur systematisiert die Farblacke jedoch mehrheitlich nach den Farbstoffklassen, so bei Wagner (1928), Wagner (1939) und Kittel (1960). Zerr/Rübencamp (1906) unterscheiden nach Fällmethoden und behalten diese Gliederung auch bis in die 3. Auflage 1922 bei.
Die Herstellung der Farblacke konnte nach Fällungsmethoden in Bariumchlorid-, Bleisalzfällungen und tanninfällbare Farbstoffe sowie durch kieselsäurehaltiges Material direkt fällbare Farbstoffe unterteilt werden. Zerr/Rübencamp (1906) unterscheiden dabei sechs Fällungsmethoden:

Tab. 1: Fällungsmethoden, nach Zerr/Rübencamp (1906), S. 686.

Fällungsmethoden	**Farbstoffklasse**
Bariumchlorid $BaCl_2$	Saure Farbstoffe
Bleisalze [Bleizucker=Blei(II)-acetat $Pb(CH_3COO)_2$, Bleinitrat $Pb(NO_3)_2$]	Resorcinfarbstoffe (Eosin, Erythrosin, Phloxin, Rose bengale)
Tannin oder Tannin - Brechweinstein (Antimonsalz)	Basische Farbstoffe
Kieselsäurehaltige Verbindungen (Ton, Grüne Erde, Ocker Umbra etc.), die Farbstoffe direkt aufnehmen	Basische Farbstoffe
Tonerde (Aluminiumoxid, Aluminiumoxidhydrat)	Rosanilin- und Alizarinfarbstoffe
direkt bei der Fällung erzeugte Farbstoffe	Eisfarbstoffe, Disazofarbstoffe

Tab. 2: Rezepturbeispiele für Farblackfällungen nach Zerr/Rübencamp (1922), S. 717-720.

Lackbildung mit Bariumchlorid Zerr/Rübencamp (1922), S. 717	**Fällung auf Tonerdehydrat und Blanc fixe** Zerr/Rübencamp (1922), S. 718	**Fällung von gewöhnlichen Orangelacken** Zerr/Rübencamp (1922), S. 720
100 Schwerspat (od. Kaolin etc.) 1-5 saurer Farbstoff (1:100) 2-10 Bariumchlorid	20 Tonerdesulfat (1:40) 10 Soda kalziniert (1:10) 5-10 Farbstoff (1:100 bzw. 1:50) 34-50 Bariumchlorid (1:10)	100 Schwerspat (für Deckfarben gemischt mit Zinkweiß, Lithopon etc.) 5 Glaubersalz kristallisiert, in 50 Teilen Wasser, 3-5 Farbstoff, gelöst in 150-250 Wasser, 8-10 Bariumchlorid kristallisiert in 80-100 Teilen Wasser

Die theoretischen Kenntnisse zu den Fällungsverfahren wurden bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts stetig ausgebaut. Wagner (1928)[58] systematisiert die Verfahren entsprechend der Eigenschaften der Farbstoffe folgendermaßen:

57 Curtis (1929), S. 12-14.
58 Wagner (1928), S. 313 und (1939), S. 397; Vgl. auch Kittel (1960), S. 483: Die systematische Einteilung der Farblackfällungen aus Wagner (1928) bleibt bis in die 1960er Jahre bei Kittel unverändert.

1. Farblacke aus sauren Farbstoffen, direkt oder indirekt hergestellt, mit oder ohne Substrat:
   a) aus sulfonsauren Farbstoffen
   b) aus carbonsauren Farbstoffen
   c) aus sauren Beizenfarbstoffen

2. Farblacke aus basischen Farbstoffen:
   a) durch Tanninfällung
   b) durch Harzfällung
   c) durch Eiweißfällung
   d) durch Fällungen aus sauren Körpern verschiedener Art
   e) durch Komplexsäurefällung
   f) durch Fällung mit sauren Farbstoffen
   g) durch Kieselsäure- bzw. Silikatfällungen

3. Farblacke aus Beizenfarbstoffen
   a) aus Azobeizenfarbstoffen
   b) aus Anthrachinonbeizenfarbstoffen
   c) aus Beizenfarbstoffen anderer Konstitution, z. B. Gallocyaninen

Die Fällungsschemata ändern sich dann nicht mehr und sind seit den 1920er Jahren vergleichbar. Bei Wagner (1928; 1939) und Kittel (1960) werden die gleichen Beispiele angeführt.

Tab. 3: Beispiele für Fällungsschemata nach Wolff et al. (1929).

Farblacke aus sauren Farbstoffen Wolff et al. (1929), S. 53	**Farblacke aus basischen Farbstoffe** Wolff et al. (1929), S. 56-57	**Farblacke aus Beizenfarbstoffen** Wolff et al. (1929), S. 59
Beispiel für Fällung mit Bariumchlorid 100 schwefelsaure Tonerde 1:10 40-50 Soda x Farbstoff 1:50 bis 1:100 110+y Bariumchlorid	Beispiel für Tanninlack (Druck und Tapeten) 100 schwefels. Tonerde 45 Soda calc. 110 Bariumchlorid x Farbstoff (1:100) y Tannin* (1:10) ½ y Brechweinstein (1:20) * Synthetische Ersatzprodukte sind Tamol (*BASF*, Naphthalin-sulfonsäure-Formaldehyd) bzw. Katanol (Bayer, Thiophenol)	Beispiel für Krapplackproduktion: 100 schwefels. Tonerde 50 Soda calc. 1:10, mit 500 W. verdünnen, bei 60° fällen, einmal waschen 30 Chlorkalzium 1:10 20 Natriumphosphat (sek.) 1:10 200 Farbstoffteig, gemischt mit 40 Türkischrotöl 50% 1:5, alles auf 5000 l verdünnen, erhitzen, 6 h kochen (Wasserersatz) oder 1 h im Unterdruck

Die Auswahl der für die Farblackfabrikation zur Verfügung stehenden Farbstoffe war bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts sehr groß. Curtis (1929) erwähnt, dass den Pigmentfarbenfabrikanten etwa 600 Farbstoffe zur Verfügung stehen, einige darunter aber identisch sind und sich nur von einem anderen Produzenten stammen.[59] Rote Farblacke wurden in wesentlich größerer Vielfalt und Mengen produziert sowie im Handel nachgefragt, als die gelben und orangefarbenen, oder auch blauen und violetten Farblacke.[60]
Nach dem Ende des Ersten Weltkrieges zeichneten sich auf dem Gebiet der Farblacke dann Veränderungen ab und es wurde begonnen, wesentlich mehr Entwicklungsarbeit für die Verbesserung

59 Curtis (1929), S. 9.
60 Zerr/Rübencamp (1922), S. 720-721.

der Applikationseigenschaften der Farblacke bzw. ‚Pigmentfarbstoffe' oder ‚synthetischen organischen Pigmente' zu investieren. Nachdem die Herstellung der Farblacke lange Zeit nur ein Privileg der so genannten ‚Pigmentfarbenfabriken' bzw. ‚Industrie- oder Farblackfabriken' war, begannen die Farbstoffhersteller (in Deutschland vor allem die *I.G. Farben*-Betriebe) sich des wachsenden Sektors der bis dahin vernachlässigten Herstellung unlöslicher Pigmentfarbstoffe zuzuwenden.[61]
Bald waren dann zahlreiche, *„aus […] chlor- und nitrosubstituierten Anilinen durch Diazotieren und Kuppeln mit ß-Naphthol erhaltenen Azofarbstoffe"* (ß-Naphthol-Pigmente) im Handel, die große Marktanteile erreichen konnten. Damit trat die eigentliche Farblackproduktion in den Hintergrund, weil „*gerade die Massenproduktion für Malerei und Anstreicherei von den genannten*" Pigmenten „*den größten Gebrauch machte*." Die Farblackfabrikation wurde aber dadurch nicht ganz aufgegeben; Kalkfarben, Alizarinlacke oder Druckfarben hatten nach wie vor Bedeutung. Die Weiterentwicklung der Farblackindustrie wurde in der Folge weiter durch die Teerfarbenfabriken forciert.[62]

1.1.7. Die ersten roten synthetischen organischen Pigmente – ‚Pigmentfarbstoffe'

Die ersten synthetischen organischen Pigmente waren rote Monoazopigmente, die als 'Pigmentfarbstoffe' in der Rubrik der Farblacke geführt wurden und als solche noch nicht eindeutig den Pigmenten zugeordnet, sondern zwischen den löslichen und unlöslichen Farbmitteln eingereiht waren.
Neben den gelbstichig orangen bis blaustichig roten ß-Naphthol-Pigmenten gehören auch die roten verlackten ß-Naphthol-Pigmente sowie die verlackten Beta-Oxynaphthoesäure (BONS)-Pigmente zu den ersten synthetischen Pigmenten überhaupt, die Ende des 19. Jahrhunderts bzw. Anfang des 20. Jahrhunderts entdeckt wurden und als Azopigmente bzw. verlackte Azopigmente klassifiziert werden.
Die **ß-Naphthol-Pigmente** stehen dabei exemplarisch für die historische Entwicklung der organischen Pigmente: Zunächst als Entwicklungsfarbstoffe auf der Faser angewandt, folgte bald die Herstellung in Gegenwart eines anorganischen Trägermaterials (Farblackfabrikation), bis man dann erkannte, dass die Substrate keinen Einfluss auf die Echtheiten der Farbmittel haben und reine Verbindungen produzierte (Toner).[63]
Als das älteste synthetische organische Pigment überhaupt kann *Pararot*, PR 1 (12070) bezeichnet werden. Auf der Grundlage des Prinzips der Herstellung von ß-Naphthol-Entwicklungsfarbstoffen (1880) für die so genannte Eisfärberei, konnte 1885 erstmals das Pigment *Pararot* (PR 1) unter der Verwendung von 4-Nitroanilin als Diazokomponente durch Kupplung von ß-Naphthol synthetisiert werden.[64]
Das wenig lichtechte und heute kaum mehr den Anforderungen entsprechende Pigment kam 1889 in den Handel (*Meister, Lucius & Brüning*, später *Hoechst*), ist aber heute nur noch für billige Druckfarben von Bedeutung. Zu den auch heute noch viel produzierten ß-Naphthol-Pigmenten gehört das 1905 patentierte *Toluidinrot,* PR 3 (12120). Die Echtheit des Pigments ist nur im Vollton akzeptabel und sinkt in Weißausmischungen schnell ab; das Pigment ist gegen aromatische Lösungsmittel nicht stabil.[65]
In die Gruppe der ß-Naphthol-Pigmente gehören auch noch das 1906 entdeckte etwas hellere und gelbere *chlorierte Pararot*, PR 4 (12085) und 1907 das *Parachlorrot*, PR 6 (12090), ein Stellungsisomer von PR 4. *Parachlorrot* wurde auf dem Markt als *Hansarot GG* (aber: *Hansarot B*, PR 3!) eingeführt. Während PR 4 heute immer noch in speziellen Gebieten Verwendung findet, ist die Marktbedeutung von PR 6 stark abnehmend.[66] Ein orangefarbenes ß-Naphthol-Pigment wurde schon 1895 mit *Ortho-Nitranilinorange*, PO 2 (12060), einem Stellungsisomer des PR 1, entdeckt. Orangefarbige ß-Naphtholpigmente sind das schon 1895 entdeckte *Ortho-Nitranilinorange*, PO 2 (12060), ein Stellungsisomer des PR 1 und *Dinitroanilinorange*, PO 5 (12075).
Verlackte ß-Naphthol-Pigmente, einige auch schon sehr lange am Markt, z.B. *Litholrot* PR 49 (15630; 1899 patentiert) und *Lackrot C* PR 53 (15585; 1902 entdeckt), sind durch ihren Salzcharakter zwar

61 Wagner (1922), S. 101-103, Vgl. Kapitel 9.2.4.4.
62 Wagner (1922), S. 101-102.
63 Herbst/Hunger (1995), S. 281.
64 Herbst/Hunger (1995), S. 280.
65 Trotzdem findet PR 3 bis heute auch in Künstlerfarben Verwendung, allerdings nicht in den Sorten der höchsten Qualitätsstufe. Im Winsor & Newton International Catalogue (2004) findet sich PR 3 beispielsweise in *Designers Gouache* anteilig in den Farbtönen Nr. 249 *Flame Red* (PR 3, PR 4) und Nr. 297 *Grenadine* (PR 4, PR 3). Vgl. Kapitel 9, Anm. 1.
66 De Keijzer (1999), S. 369-374.

im Vergleich zu den ß-Naphthol-Pigmenten migrations- und lösungsmittelbeständiger, allerdings meist weniger lichtecht.[67]

Im Jahre 1899 entdeckte Julius (*BASF*) *Litholrot*, PR 49 (15630), ein verlacktes ß-Naphthol-Pigment, das zunächst als Barium- oder Calciumsalz auf anorganischen Trägermaterialien in den Handel kam. Erst später wurde erkannt, dass die Substrate keinen Einfluss auf die Pigmenteigenschaften haben und verwendete die reinen Pigmente. Bald nach *BASF* konnten bei *Meister, Lucius & Brüning* (später *Hoechst*) 1901 zuerst das so genannte *Lackrot P* und 1902 die so genannten *Lackrot C* - Pigmente, PR 53 (15585), entwickelt werden.[68]

Ähnlich wie die verlackten ß-Naphthol-Pigmente, zählen auch die **verlackten BONS-Pigmente** zu den ältesten synthetischen organischen Pigmenten. Schon im Jahre 1887 konnten Burkart und Schmitt die Synthese von 2-Hydroxy-3-Naphthoesäure (auch Beta-Oxynaphthoesäure = BONS; im Englischen: BONA) finden. 1893 wurde die Verbindung von Kostanecki als Kupplungskomponente beschrieben und 1902 bei *AGFA* die erste Farbstoffsynthese durchgeführt. 1903 entdeckten R. Gley und O. Siebert bei *AGFA* als ersten Vertreter der Litholrubin-Typen das PR 57 (15850:1). Interessanterweise wurden die Litholrubin-Typen zunächst nur als Pigmente in Lacken eingesetzt, erst später kommen auch textile Anwendungen dazu.[69]

Als zweites wichtiges Pigment in der BONS-Klasse wird erst 20 Jahre später das *Permanentrot 2B*, PR 48 (15865) auf den Markt gebracht. Für PR 48 ist teilweise noch heute der Trivialname *2B-Toner* im Gebrauch.[70]

Seit Ende des 19. Jahrhundert war die Entwicklung auf dem Gebiet der roten Monoazopigmente schon fortgeschritten und eine beträchtliche Anzahl dieser ersten synthetischen organischen Pigmente auf dem Markt.[71] Diese synthetischen organischen Pigmente werden in der Farbenfabrikations-Fachliteratur in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts immer als ‚unlösliche Azofarbstoffe' oder ‚Pigmentfarbstoffe' unter den Farblacken geführt.

Üblicherweise wurden diese Pigmentfarben von den Fabriken nur in Teigform mit verschiedenen Trockengehalten bis zu 30% geliefert; zur Verarbeitung auf Farblacke werden sie mit den passenden Substraten verkollert oder in Wasser den Substraten zugeschlämmt.[72]

1.1.8. Hochwertige synthetische organische Pigmente – Hansagelb & CO (Entwicklungen 1910 bis 1940)

Die ersten qualitativ hochwertigen und – im Gegensatz zu den oben erwähnten ß-Naphtholen – hochbeständigen unverlackten Pigmente kommen 1910 mit den Hansagelbmarken in den Handel. *Hansagelb G*, PY 1 (11680), war der erste Vertreter dieses Typs.

Bereits 1897 hatte man die Erkenntnis, dass 1,3 Diketo-Verbindungen mit Diazoniumsalzen zu gelben Farbstoffen kuppeln, patentieren lassen. Mit der Entdeckung der Acetessigarylide als Kupplungskomponenten 1909 konnten dann erstmals **gelbe Monoazopigmente** hergestellt werden.[73] Das erste *Hansagelb*[74] wurde 1909 von *Meister Lucius & Brüning* (später *Hoechst* AG) patentiert und

67 Herbst/Hunger (1995), S. 326.
68 Herbst/Hunger (1995), S. 325.
69 Herbst/Hunger (1995), S. 334.
70 De Keijzer (1999), S. 369-374.
71 Vgl. Zerr/Rübencamp (1906), S. 698-699; (1922), S. 726-727: Von *Meister Lucius & Brüning, Höchst a. M.* werden folgende angeführt: 1906: Pigmentchlorin GG, Pigmentchromgelb L (Pyrazolonfarbstoff, Chromgelbersatz), Pigmentorange, Pigmentrot G u. B. (PR 1), Pigmentpurpur A, Pigmentbordeaux R u. N, Lackrot P, C.; 1922: Hansagelb G, R; Hansagrün, Pigmentchlorin GG, Pigmentchromgelb L, Pigmentorange R, Pigmentrot G u. B, Pigmentechtrot HL, Pigmentpurpur A, Pigmentbordeaux R u. N., Pigmentrot B, Pigmentrubin R, Lackrot P u. C., C extra, Brilliantlackrot R, Hansarot, Lackbordeaux B, etc.; von *BASF*: 1906: Autolorange, Autolrot GL (?), RLP, BGL bläulich, BL; Litholrot, Litholrot GG; 1922: Litholechtgelb G, GG, 3G, R, Autolorange, Orange A i. Teig, Autolrot GL, RLP, BGL, BL u. RLP bläulich, Litholrot R, GG, Litholechtscharlach R, Litholbordeaux BN, RN, B, R etc.; *Farbenfabriken vorm. Fr. Baeyer & Co. Elberfeld*: 1906: Heliopurpurin 3 BL, 5 BL, Helioechtrot G (PR 3); 1922: Helioechtgelb, Heliopurpurin 3 BL, 5 BL, Helioechtrot G, R, Helioechtrosa RL, Heliochromgelb, Helioechtrot R, etc.; und von *Agfa, Berlin*: 1906: Lackrot 4644, 1922: Lackrot 4644, Permanentgelb 4 R, Permanentorange R, Permanentrot 6B; *Chemische Fabriken Weiler-ter-Meer, Uerdingen*: 1922: Sitara-Echtrot RL; *Chemische Fabrik Griesheim Elektron*: 1922 Grela-Farbstoffe.
72 Zerr/Rübencamp (1922), S. 727.
73 De Keijzer (1999), S. 373; Herbst/Hunger (1995), S. 219.
74 Vgl. Lake/Lomax (2007), S. 185: Hansagelb G (PY 1); der Markennamen *Hansa* wurde von *Höchst* (1925-1951 *I.G. Farben*) verwendet; nach dem Ablauf des Patents für *Hansa Yellow G* in den späten 1920er Jahren wurde das Pigment auch von anderen Firmen hergestellt, so z. B. ab 1926 *Monolite Yellow G* (*British Dyestuff Corp.*) und *Pigment Fast Yellow HGL* (*J.W. Leitch and Co.*).

war ein Jahr später kommerziell erhältlich. 1912 kam dann das zweite wichtige synthetische organische Gelbpigment in den Handel: Pigment Yellow 3 (PY 3, 11710).

Etwa zeitgleich mit der Einführung der Hansagelb-Pigmente wurde 1911 von *Griesheim-Elektron*[75] ein Patent zur Herstellung von **Diarylpigmenten**, der wichtigsten Gruppe der Disazopigmente, eingereicht. Da die gelben Monazopigmente der Hansa-Gelb-Reihe wesentlich lichtechter als die Diarylgelbpigmente waren, blieb das Patent zunächst ungenutzt. Erst 1935 griff man bei der *IG Farben* auf diese Pigmentklasse zurück, da die Monoazogelbpigmente sich beim Einfärben von Kautschuk als zu wenig ausblutecht erwiesen. Das erste Diarylgelb wurde als *Vulcan-Echtgelb* (PY 13, 21100) auf den Markt gebracht. 1938 erkannte man dann in den USA, dass sich die farbstarken Diarylgelbpigmente gut für den Druckfarbensektor eignen (Pigment Yellow 12);[76] in Europa vollzog sich der Übergang von den Monoazogelbpigmenten zu den Diarylgelbpigmenten bei den gelben Druckfarben erst nach dem Zweiten Weltkrieg. Heute sind die Diarylgelbpimente die mit Abstand wichtigste Gruppe organischer Gelbpigmente.[77]

Später als die ß-Naphthol-Gruppe wurden die **Naphthol AS-Pigmente** bekannt. Diese Monoazopigmente weisen als Kupplungskomponenten 2-Hydroxy-3-naphthoesäurearylide auf. Das erste Pigment dieser Klasse wurde 1911 patentiert und kurze Zeit später kamen die *Grela*-Rots in den Handel. Allerdings wurden die Grundlagen für die Synthese schon 1892 von Schöpf entwickelt, der relativ gute Ausbeuten von Naphthol AS durch Zugabe von Phosphortrichlorid zu einer Schmelze von Anilin und 2-Hydroxy-3-naphthoesäure (Beta-Oxynaphthoesäure, BONS) erreichte.

Erst 1909 kann die *BASF* einen Diazotierfarbstoff patentieren lassen, für den auf der Faser diazotiert und anschließend mit Naphthol AS gekuppelt wurde. Bei *Griesheim-Elektron* arbeiteten Winter, Laska und Zitscher gezielt an der Entwicklung von Pigmenten mit besseren Echtheiten, konnte aber 1911 mit den oben erwähnten *Grela*-Rots keinen Erfolg erzielen, da die Toluidin-Rots (ß-Naphthol) wesentlich kostengünstiger waren. 1912 wurde - ebenfalls bei *Griesheim-Elektron* - die Verwendung von Naphthol AS anstatt ß-Naphthol in der Eisfärberei etabliert und in der Folge das Gebiet der Naphthol AS-Färberei entwickelt.[78] Bald konnten dann für den Pigmentsektor eine Reihe substituierter Anilide der 1-Hydroxy-3-Naphthoesäure neu synthetisiert werden. Vor allem durch die Forschung der *I.G.* wurden die Entwicklungen auf dem Naphthol AS-Gebiet[79] in den 1920 und 30er Jahren entscheidend forciert; ab 1940 wurden die *Naphthol Red Pigments* auch in den USA interessant und in der Forschung maßgeblich durch Abwandlung der Substituenten der Disazokomponente weiterentwickelt. Die heute wichtigen Naphthol AS-Pigmente werden zweckmäßigerweise in zwei große Gruppen gegliedert: Einerseits die Gruppe A mit einfachen Substituenten und andererseits Gruppe B mit Sulfonamid und Carbonamidgruppen. Die Palette der heute bekannten Naphthol AS-Pigmente ist verhältnismäßig groß und deckt Farbtöne von gelbstichig-rot bis blaustichig-rot ab.[80]

Die Geschichte der **Triarylcarbonium-Pigmentklasse**, die in den 1920 und 1930er Jahren zwischen den Weltkriegen große Bedeutung erlangen konnte, beginnt bereits im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts. Damals wurden aus basischen bzw. kationischen Triarylcarbonium-Farbstoffen Farblacke durch „*Fällung wässriger Lösungen […] mit Tannin/ Brechweinstein auf ein mineralisches Trägermaterial*“ hergestellt, die nur unzureichende Echtheit aufwiesen. 1860 entdeckten Girard und de Laire das *Lyoner Blau*, aus dem Nicholson 1862 durch Sulfierung das relativ schwer lösliche innere Salz einer Sulfonsäure herstellte. Diese Verbindungen des Alkaliblau-Typs sind Derivate des Triaminophenylmethans und leiten sich vom phenyliertem Rosanilin ab.[81]

Die zweite wichtige Gruppe der Triarylcarbonium-Pigmente geht auf ein *BASF*-Patent aus dem Jahr 1913 zurück, als man fand, dass die Fällung kationischer (basischer) Farbstoffe mit Heteropolysäuren

75 1952 in den *Hoechst*-Konzern eingegliedert. Vgl. Wolfgang Metternich, *150 Jahre Chemie in Griesheim* (PDF), S. 8-9. http://de.wikipedia.org/wiki/Chemische_Fabrik_Griesheim-Elektron (access 23.2.2009).

76 Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 251: In den USA wurde PY 12 Ende der 1930er Jahre angeboten und verdrängte vielfach PY 1.

77 Herbst/Hunger (1995), S. 245-246.

78 Herbst/Hunger (1995), S. 290.

79 Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 290: Die Pigmente sind unter dem geschützten Handelsnamen ®*Naphtol AS* weltweit bekannt geworden. Für die Benennung der Pigment-Klasse oder anderer Sortimente ist die Bezeichnung Naphthol AS gebräuchlich.

80 Herbst/Hunger (1995), S. 290-291.

81 Herbst/Hunger (1995), S. 539-541.

(Phosphorwolframsäure) zu hoher Lichtechtheit und Farbstärke führt. Nach Art der Farbstoff-Kationen unterscheidet man bei den Triarylcarbonium-Pigmenten mit komplexen Anionen einerseits Triphenyl- bzw. Diphenylnaphthylderivate (z.B. PV 3, PB 1, Vgl. Tab. 29, Kap. 2.3.2.7.) und andererseits Phenylxanthenderivate (z.B. PR 81, PV1, PV 2; Vgl. Tab. 24, Kap. 2.3.2.7.). Als Heteropolysäuren kommen Phosphorwolfram- oder Phosphormolybdänsäure bzw. Phosphorwolframmolybdänsäure, gegebenenfalls auch Kupfer-1-hexacyanoeisen-2-säure sowie Siliciummolybdänsäure zum Einsatz.[82]

Phthalocyaninblau und -grün gehören heute zu der produktionsmengenmäßig größten Gruppe organischer Pigmente und sind seit 1935 auf dem Markt. Schon 1907 konnten A. v. Braun und J. Tscherniak aus Phthalimid und Acetanhydrid Phthalocyanin herstellten, schenkten der blauen Substanz aber keine Beachtung. 20 Jahre später (1927) beschreiben von der Weid und de Diesbach einen säure-, alkalien- und temperaturbeständigen Kupferkomplex, den sie bei Syntheseversuchen zur Herstellung von Phthalodinitril aus o-Dibrombenzol und Kupfercyanid in Pyridin bei 200°C erhielten. 1928 wurde bei der *Scottish Dyes Ltd.* ein grün-blauer Belag in beschädigten Emailkesseln beobachtet, der sich als Eisenkomplex des Phthalocyanins erwies und 1929 erstmals patentiert wurde. Man erkannte das wirtschaftliche Potential dieser Pigmente und stellte die Substanz Professor R. P. Linsteadt vom *Imperial College of Science and Technology* in London zur Verfügung, der 1933 begann, an der Strukturaufklärung zu arbeiten. Die Forschungen wurden von der *ICI*, inzwischen auch Eigner der *Scottish Dyes Ltd.*, unterstützt und 1934 konnte Linsteadt die Struktur der Phthalocyanine veröffentlichen. Phthalocyaninblau wurde von *ICI* unter dem Namen *Monastralechtblau BS* 1935 erstmals industriell hergestellt; in Deutschland kam das Pigment im gleichen Jahr unter dem Namen *Heliogenblau B* (*BASF*) auf den Markt.[83]

1.1.9. Handelssortimente synthetischer organischer Pigmente in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts

Für die Handelssortimente synthetischer organischer Pigmente war auch schon in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts üblich – genau wie für Farbstoffe –, registrierte Handelsnamen einzuführen, die jeweils die einzelnen Produkte eine Pigmentklasse bzw. auch Farbstoffklasse des jeweiligen Herstellers schützen. Dadurch lässt bereits dieser Handelsname einzelner Pigmente Rückschlüsse auf deren chemische Konstitution bzw. mindestens Pigmentklassenzugehörigkeit zu.

Für synthetische organische *„Pigmente und ohne Substrat und Verschnittmittel hergestellte verlackte Farbstoffe“* wurden von den *I.G.*-Nachfolgebetrieben, die nach 1945 wieder aus dem *I.G.*-Zusammenschluss herausgelöst wurden, folgende Marken- bzw. registrierte Handelsnamen geführt:[84]

BASF: *Fanal-, Heliogen-, Indanthren-, Lithol-, Litholecht*- und Pigmentfarbstoffe und Toner
Bayer: *Helio-, Helioecht-(Toner), Indanthren*- Farbstoffe
Hoechst: *Hansa-, Permanent-, Helio*-Farbstoffe und Toner

So waren bspw. die *Fanal*-Pigmente Farbmittel der Triarylcarbonium-Pigmentklasse (Farbstoffsalze mit komplexen Anionen; mit Phosphorwolframmolybdänsäure/PTMA u.ä. als Heteropolysäure), *Heliogen*-Pigmente gehören zu den Phthalocyaninen und *Indanthren*-Pigmente wurden aus Küpenfarbstoffen hergestellt.

1.1.10. Industrielle synthetische organische Pigmente – Entwicklungen seit den 1950er Jahren

Viele wichtige Vertreter der synthetischen organischen Pigmente kamen erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts auf den Markt. Die Grenzen zwischen Weiterentwicklung und wirklichen Neuentwicklungen sind dabei teilweise schwer zu definieren.

In der großen Gruppe der Azopigmente konnten nach 1945 durch die hohe Anzahl der Kombinationsmöglichkeiten viele Weiterentwicklungen, aber nur zwei wichtige Neuentwicklungen gefunden werden, die **Disazokondensationspigmente** und die **Benzimidazolon-Pigmente**. Für

82 Herbst/Hunger (1995), S. 548-549: Strukturell sind die Farbstoff-Kationen mit den komplexen anorganischen Säureanionen salzartig verbunden, z.B. $(Farbstoffrest)_3\ [P(Mo_3O_{10})_4]$ oder $(Farbstoffrest)_3\ [P(Mo_3O_{10})_3\,(W_3O_{10})]$. Vgl. dazu auch Kapitel 2.3.2.7.
83 Herbst/Hunger (1995), S. 432-433.
84 Kittel (1960), S. 410-411.

die Verbesserung der Lösemittel- und Migrationsechtheiten von organischen Pigmenten können grundsätzlich zwei Wege beschritten werden: Einerseits die Vergrößerung des Pigmentmoleküls und andererseits die Einführung von unlöslich machenden Substituenten in das Pigmentmolekül.[85] Der letztgenannte Weg führte zu den Benzimidazolon-Pigmenten, die auf Arbeiten von *Hoechst*-Chemikern zurück gehen und erstmals 1960 patentiert wurden; die Einführung des Benzimidazolon-Rests hat eine außerordentliche Verbesserung der Pigmenteigenschaften zur Folge, so dass diese Pigmente zu den Azo-Pigmenten mit den höchsten Echtheiten zu zählen sind (z.B. *Permanentcarmin HF4C*; PR 185/ 12516; 1967 von *Hoechst* eingeführt).[86]

Ähnliche Echtheiten erreichen die Disazokondensationspigmente. Bei Forschungsarbeiten zur Verbesserung der Pigmenteigenschaften im Vergleich zu den Naphthol AS-Pigmenten, wurde bei *Ciba* Anfang der 1950er Jahre versucht, das Pigmentmolekül zu vergrößern und dabei rote Disazoverbindungen mit relativ hohen Molekulargewichten synthetisiert. Formal wurden zwei Monoazoverbindungen über eine aromatische Diamincarbonamid-Brücke verknüpft, quasi die Verdopplung von Monoazopigment vom Naphthol AS-Typ.

Arbeiten von *Ciba*-Chemikern führten Anfang der 1950er Jahre zu Pigmenten dieser Klasse, die als *Chromophtal*-Rot und -Orange-Marken auf den Markt kamen.[87]

Eine wichtige Gruppe der modernen polycyclischen Pigmente leitet sich von den schon lange als Küpenfarbstoffen bekannten Verbindungen ab. Erst mit fortgeschrittener Erfahrung auf dem Gebiet der Pigmententwicklung gelang es aber, durch gezielten Einsatz physikalischer und chemischer Methoden die Eigenschaften zu verbessern und die **Küpenfarbstoffe als Pigmente** interessant zu machen. Die systematische Untersuchung der Küpenfarbstoffe auf Pigmenttauglichkeit wurde vor allem von in den USA forciert. Durch die hoch entwickelte Automobilindustrie bestand gerade dort in den 1940er, 50er Jahren ein großer Bedarf an beständigeren Pigmenten für neue Lackbindemittel.[88] Perylen-Verbindungen wurden bereits 1912 beschrieben und ab 1913 als Küpenfarbstoffe eingesetzt. Als Pigmente werden die Verbindungen erst 1950 durch *Harmon Colors* (USA) eingeführt und 1952 *Perylene Vermilion* PR 123 (71145) patentiert. Bei der *Hoechst AG* wird die Forschung fortgesetzt und 1956 *Perylene Scarlet* PR 149 (71137) entwickelt.[89]

Ähnlich wie die Perylen-Pigmente, stammen auch die **Perinon-Pigmente** von den Küpenfarbstoffen ab. Als prominentes Pigment sei das von *Hoechst AG* auf den Markt gebrachte *Hostapermorange GR*, PO 43, 71105, angeführt, das 1953 als *Indanthrenbrilliantorgane* in den Handel kam.[90]

Thioindigo-Pigmente gehen auf den ältesten bekannten Küpenfarbstoff, Indigo, zurück. In den 1950er Jahren konnten durch geeignete Nachbehandlung Thioindigo-Derivate als Pigmente Bedeutung erlangen, die heute zum größten Teil keine Bedeutung mehr haben.[91]

Die hochechten **Chinacridone** zählen zu den wichtigen Pigmentneuentwicklungen des 20. Jahrhunderts und können als polycyclische Ringsysteme mit 5 Ringen sowohl linear als auch angular vorliegen. Chinacridonverbindungen wurden schon 1896 beschrieben, jedoch erstmals 1935 durch H. Liebermann synthetisiert. Wesentlich später erkannte man bei *DuPont* (USA) die Bedeutung der Substanzklasse als Pigment und konnte 1958 die ersten rotvioletten Pigmente unter dem Handelsnamen *Monastral* auf den Markt bringen (*Monastral Red B, Red Y* und *Violet R*, alle PV 19; 73900/ unterschiedliche Kristallmodifikation). Bald nach *DuPont* konnte die *Hoechst AG* in Europa die ersten Chinacridon-Pigmente herstellen. Nachdem die Pigmentklasse schnell einen großen Marktanteil erobern konnte, sind seit den späten 1960er Jahren Farbtöne von Orange über Rot bis Violett im Handel.[92]

Diketo-Pyrrolo-Pyrrol-Pigmente (DPP) sind relativ junge Entwicklungen der Pigment-Forschung. Dieser neue Typ heterocyclischer Pigmente war 1974 in anderem Zusammenhang publiziert worden, wurde aber erst in den frühen 1980er Jahren durch Chemiker von *Ciba-Geigy* systematisch erforscht. Im Ergebnis konnte eine Gruppe hochechter roter Pigmente ausgearbeitet werden,[93] die aufgrund

85 Herbst/Hunger (1995), S. 355.
86 Ebenda.
87 Herbst/Hunger (1995), S. 380.
88 Geissler (1977), S. 190-197.
89 De Keijzer (1999), S. 372.
90 De Keijzer (1990), S. 220-221.
91 Herbst/Hunger (1995), S. 497.
92 De Keijzer (1990), S. 220-225.
93 Herbst/Hunger (1995), S. 570-572.

hervorragender anwendungstechnischer Eigenschaften und Echtheiten seit den 1990er Jahren auch in Künstlerfarben zu finden sind.
In der folgenden Tabelle (Tab. 4) sind die Pigmentklassen mit dem Patentjahr und gegebenenfalls dem Zeitpunkt der Markteinführung zusammengefasst.

Tab. 4: Einteilungsprinzip der synthetischen organischen Pigmente, nach Herbst/Hunger (1995), S. 4-11; ergänzend dazu Patentjahr und Jahr bzw. Zeitraum der Markteinführung [Vgl. auch Kap. 3, Tab. 8 bis 32 (Pigmentklassen) für Details].

	Pigmentklassen und Untergruppen*		**Patentjahr/ Markteinführung**
Azopigmente	Monoazogelb- und -orangepigmente		1909/1910
	Disazopigmente	→ Diarylgelbpigmente	~1910/Mitte 1930er
		→ Disazopyrazolon-Pigmente	1911/Mitte 1930er
		→ Bisacetessigsäureanylid- Pigmente	1920er
	ß-Naphthol-Pigmente		1885/1889 (PR 1)
	Naphthol AS Pigmente		1911/1920er, 1930er
	Verlackte Azopigmente	→ verlackte ß-Naphthol-Pigmente	1899/1900
		→ verlackte BONS-Pigmente	1910
		→ verlackte Naphthol AS-Pigmente	Ende 1970er/Anf. 1980er
		→ verlackte Naphthalinsulfonsäure-Pigmente	1902
	Benzimidazolon-Pigmente		1960/Mitte 1960er
	Disazokondensations-Pigmente		1950er
	Metallkomplexpigmente		1921 (PG 8/ Markt)
	Isoindolinon- und Isoindolin-Pigmente		1946 u.1952/1965
Polycyclische Pigmente	Phthalocyanin-Pigmente		1929/1935
	Chinacridon-Pigmente		1935/1958 (PV19)
Küpenfarbstoffe	Perylen- und Perion Pigmente		1913/1950er
	Thioindigo-Pigmente		1950er (Markt)
	Anthrachinon-Pigmente	→ Aminoanthrachinon-Pigmente	1909/1960er
		→ Hydroxyanthrachinon-Pigmente	1868 (Alizarin)
		→ Heterocyclische Antrachinon-Pigmente	
		• Anthrapyrimidin-Pigmente	1935
		• Indanthron-Pigmente	1901
		• Flavanthron-Pigmente	1901
		→ Polycarbocylische Anthrachinon-Pigmente	
		• Pyranthron-Pigmente	1913 (Vat dye)
		• Anthanthron-Pigmente	1901 (Vat dye)
		• Isoviolanthron-Pigmente	1907
	Dioxazin-Pigmente		1928/1953
	Triarylcarbonium-Pigmente	→Innere Salze von Triphenylmethan-sulfonsäuren	1862
		→Farbstoffsalze mit komplexen Anionen	1913
	Chinophthalon-Pigmente		1968/1980/90er
	Diketo-pyrrolo-pyrrol-Pigmente		1980er
Andere	Anilinschwarz		1863

*Einteilungsprinzip der synthetischen organischen Pigmente, nach Herbst/Hunger (1995), S. 4-11.

1.2. Historischer Überblick zur Entwicklung der (Teer)Farbstoffindustrie

Die Geschichte der Farbstoffindustrie ist Gegenstand zahlreicher Abhandlungen aus Industrie- und Wirtschaftsgeschichte; dabei steht vor allem ihre Bedeutung für die Entwicklung der Großchemie im Vordergrund. Eine wichtige Rolle spielt dabei vor allem die deutsche Farbstoffindustrie, die bis zum Ersten Weltkrieg den Weltmarkt dominierte und eine Monopolstellung aufbauen konnte. Viele wichtige Arbeiten befassen sich aber insbesondere auch mit der Rolle der *I.G. Farben AG* im nationalsozialistischen Deutschland.
Im folgenden Abschnitt werden aus den genannten Gebieten nur einige der wesentlichen Aspekte herausgenommen und mit dem Schwerpunkt auf der Entwicklung der deutschen Farbstoffindustrie zusammengefasst. Darüber hinaus sei auf die umfangreiche Literatur verwiesen.[94]

1.2.1. Entwicklung der Farbstoffindustrie – Voraussetzungen und Standorte

Die Entstehung der Farbstoffindustrie kann als eine der bedeutendsten Errungenschaften der Chemie im 19. Jahrhundert gesehen werden. Dabei kommt den damaligen Unternehmen der Farbstoffindustrie wie beispielsweise *Bayer*, *BASF* oder *Hoechst* als Gründungsbetrieben der gegenwärtigen chemischen Großindustrie eine bedeutende wirtschafts- und industriehistorische Bedeutung zu. In Deutschland entstand die so genannte Teerfarbenindustrie zu einem Zeitpunkt, als im Zuge der industriellen Revolution bereits viele einzelne Gewerbe in Industriezweigen aufgegangen waren. Obwohl die Aufbereitung natürlicher Farbstoffe bzw. Pigmente sowie der Farbenhandel eine lange Tradition hatten, entstand jedoch mit den Farbstofffabriken eine vollkommen neue, auf keinem Gewerbe basierende Industrie, die mit den synthetischen Farbstoffen neue und zuvor nicht existierende Materialien auf den Markt brachte.[95]
Die inzwischen historischen Bezeichnungen Teerfarbstoffe bzw. *Teerfarben* verweisen auf die ursprünglichen Ausgangsstoffe für die Farbstoffproduktion: die Destillate des Steinkohlenteers.[96] Dieser fiel zu Beginn des 19. Jahrhunderts in großen Mengen als Nebenprodukt in den Kokereien und bei der Herstellung von Leuchtgas an. Teer war der Rohstoff sowie Namensgeber für den ab 1856 neu entstehenden Industriezweig – die Teerfarbenindustrie. Deren Anfänge finden sich in England und Frankreich, wo zu Beginn des 19. Jahrhunderts mit der Einführung von Beleuchtung mit Steinkohlenleuchtgas begonnen wurde.[97] Als Ende des 19. Jahrhunderts dann auch in Deutschland der Steinkohlenteer als Nebenprodukt bei der Koksherstellung für die stark wachsende Eisen- bzw. Stahlindustrie anfiel, stand das Material dort ebenfalls über Bedarf zur Verfügung.[98] Der Steinkohlenteer war für die Farbstoffindustrie erst über Zwischenschritte nutzbar und musste durch fraktionierte Destillation in leicht- und schwerflüchtige Bestandteile zerlegt werden.[99]
Obwohl England für die Führungsrolle in der Farbstoffherstellung prädestiniert war, entwickelten sich ab 1870 zunächst Deutschland und die Schweiz zu den führenden Farbstoffproduzenten. Schließlich dominierte aber Deutschland den Markt und erreichte schon 1880 einen Weltmarktanteil von 50%, um 1900 sogar 80%.[100] Die Ursachen für das Zurückbleiben Englands können dabei vor allem in der

94 Vgl. Lindner (2005), Vogler (2003), Garfield (2002), Teltschik (1992), Henseling/Salinger (1990), Borkin (1979/1990), Bäumler (1988), Sonnemann (1963).
95 Vogler (2003), S. 1.
96 Vgl. Römpp (1992), S. 4474: Steinkohlenteer ist eine bräunlich schwarze, zähflüssige Masse mit einem Reichtum an aromatischen Kohlenwasserstoffverbindungen. [Bei der Verkokung von Steinkohle entsteht 5% Steinkohlenteer an; die restlichen Produkte sind: 80% Koks, 5% Ammoniak, 10% Gas. Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Steinkohlenteer (access 13.01.2009)]
97 Zerr/Rübencamp (1906), S. 657: In London wurde durch Winzler und Clegg bereits 1808 die erste Straße mit Gas beleuchtet; in Frankreich führte Winzler die Gasbeleuchtung 1817 ein, während in Deutschland erst 1827 in Berlin und Hannover, und 1828 in Dresden und Frankfurt a. M. Leuchtgasanlagen – von englischen Gesellschaften – errichtet wurden.
98 Vgl. Bucherer (1921), S. 6: *„Im Jahre 1910 betrug die Einfuhr von Teer nach Deutschland 21 252 t, die Ausfuhr aus Deutschland hingegen 42 318 t. Im Jahre 1911 hat sich das Verhältnis weiter zugunsten Deutschlands verschoben, indem die Einfuhr herab ging auf 18 966 t, die Ausfuhr aber stieg auf 54 664 t. Auch die Ausfuhr der so genannten primären Teerprodukte aus Deutschland hat bereits im Jahre 1906 erstmals mit 108 500 t die Einfuhr übertroffen; im Jahre 1910 hat sie bereits etwa 315 000 t betragen; das ist mehr das das Dreifache der Einfuhr.“*
99 Vgl. Bucherer (1920), S. 9: Durchschnittliche Mengenverhältnisse, ohne Berücksichtigung der Kokereigase: *„Aus 2000kg Steinkohlen werden erhalten 100 kg Teer; aus 100 kg Teer gewinnt man: 2,0 kg Benzol, 0,5 kg Toluol, 0,5 kg Phenol, 5-6 kg Naphtalin und 0,6 kg Anthracen.“*
100 Vogler (2003), S. 3.

damaligen wirtschaftlichen Prosperität des Britischen Empires gesehen werden, das durch die Kolonien über alle Roh- und Naturstoffe verfügte und dessen Außenhandelsvolumen dem vierfachen von Frankreich, Deutschland und Italien zusammen entsprach.[101] Solche Ressourcen konnte Deutschland nicht aufweisen; aus dem Grund war das Interesse an der Entwicklung der Synthesechemie schon aus ökonomischen Gründen höher als in England, das im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts keine Veranlassung sah, die organische Chemie zu fördern.[102]

1.2.2. Die deutsche Farbstoffindustrie – Von den Gründungsjahren bis zur Jahrhundertwende

Die Gründung der meisten, später großen und bekannten deutschen Teerfarbenfabriken fällt in die 1860er Jahre. Die Firma *Meister, Lucius & Co.* (*ML&B*; später *Farbwerke Hoechst AG*) begann 1863 mit fünf Arbeitern, einem Chemiker und einem Angestellten. *Bayer (Farbenwerke vorm. Friedrich Bayer & Co.,* Leverkusen) nahm die Produktion im gleichen Jahr mit nur einem Arbeiter auf und hatte Ende 1863 dann 13 Beschäftigte. Die *BASF (Badische Anilin- und Soda-Fabrik,* Ludwigshafen) wurde 1865 gegründet, *Agfa* (*Aktiengesellschaft für Anilinfabrikate*, Berlin) 1867 und *Cassella (Leopold Cassella & Co.,* Frankfurt) dann 1870. In den folgenden Jahren wurden die Fabriken ständig vergrößert. Die Firma *Kalle (Kalle & Co.,* Biebrich), die ebenfalls 1863 mit 3 Arbeitern begonnen hatte, produzierte 1870 schon mit 50 Arbeitskräften.[103]

Wissenschaftliche Forschung und Industrie

In der Anfangszeit dominierten handwerkliche Arbeitsweisen mit primitiven Apparaturen den Produktionsablauf in den Farbstoffbetrieben. Die Arbeitsbedingungen waren hart und gesundheitsgefährdend. Augenmaß und die empirischen Kenntnisse der Werksmeister bestimmten die Qualität der Erzeugnisse. *Bayer* beschäftigte bspw. in den ersten 10 Jahren keinen einzigen Chemiker mit Universitätsabschluss; noch 1888 werden Produktionsmethoden beschrieben, bei denen weder gemessen noch gewogen wurde und die im starken Gegensatz zu dem quantitativ genauen Arbeiten auf den Universitäten standen.[104]

Die Verschränkung und gegenseitige Einflussnahme von wissenschaftlicher Forschung und Industrie wurde ab den 1890er Jahren aber ein wesentlicher Faktor für die Entwicklung der chemischen Industrie in Deutschland. Die Notwendigkeit, technisch beherrschbare Verfahren zu entwickeln, förderte den Aufbau der betrieblichen Forschung entscheidend. Die Laboratorien und Forschungsabteilungen der Unternehmen wurden zunehmend ausgebaut und *„an Stelle von Glück, Zufall und Intuition traten geplante Systematik und routiniertes Handwerk […].“*[105] Dieses strategische bzw. systematische Vorgehen führte dazu, dass für die Entwicklung der Farbenchemie ab Mitte der 1890er Jahre Einzelpersönlichkeiten eine weniger wichtige Rolle spielten als die Leistungsfähigkeit der Forschungsabteilungen. Damit wurde eine *„arbeitsteilige, auf unmittelbare industrielle Anwendung und unternehmerische Verwertung ausgerichtete Wissenschaft“* gefördert, die zu einer *„symbiotische(n) Einheit von Forschung und praktischer Nutzanwendung ihrer Ergebnisse“* führte.[106]

Bereits in den 1870er Jahren dominierten solche Unternehmen die Farbstoffindustrie, die auf Hilfs- und Ausgangsstoffe aus eigener Produktion zurückgreifen konnten und erwähnte Forschungsabteilungen besaßen. Durch ihre führende Position versuchten die schon im ersten Stadium der Teerfarbenindustrie groß gewordenen Firmen Neugründungsversuche im Keim zu ersticken und konkurrierende Betriebe durch Ankauf zu beseitigen.[107]

Nach der Erfindung der Alizarinsynthese 1868/1869 begann für die deutsche Teerfarbenindustrie ein neuer Entwicklungsabschnitt. Im Juni 1869 hatten Perkin sowie Graebe, Liebermann und Caro (*BASF*) am englischen Patentamt fast zeitgleich Patente für großtechnische Verfahren zur Herstellung von Alizarin eingereicht. Der Streit um die Rechte führte zur Erteilung beider Patente; *BASF* bekam den

101 Teltschik (1992), S. 6.
102 Teltschik (1992), S. 6, 12-13; Vgl. auch Sonnemann (1963), S. 284-294.
103 Sonnemann (1963), S. 46; Teltschik (1992), S. 7.
104 Spelsberg (1990), S. 25-27.
105 Spelsberg (1990), S. 32-33.
106 Spelsberg (1990), S. 35.
107 Sonnemann (1963), S. 57.

kontinentaleuropäischen und amerikanischen Markt, während *Perkin & Sons* einige Jahre das britische Monopol behalten sollten.[108] Durch den in Deutschland fehlenden Patentschutz kam es zur Gründung zahlreicher Alizarin-Fabriken und zu einem Konkurrenzkampf, der rasch die Preise drückte. Die jährliche Alizarinproduktion stieg in Deutschland von 1871 bis 1874 von 15 000 kg auf 400 000 kg; 1884 wurden schon 1.350 000 kg produziert. Der natürliche Krapp wurde dadurch schnell verdrängt.[109] Noch Anfang der 1870er Jahre wurde Alizarin zu hohen Preisen gehandelt, die aber rasch fielen und im Zeitraum von 1869 bis 1881 zu einem Preisverfall von 93,5% führten.[110]
Dieser Verlauf war charakteristisch für die Preisentwicklungen in der Teerfarbenindustrie. Nach der Einführung neuer Farbstoffe und den Gewinnen der ersten Jahre, waren deutliche Preisrückgänge üblich, die innerhalb des ersten Jahrzehnts 90% und mehr betragen konnten. Schuld daran waren Konkurrenzkampf, schnelle Produktionssteigerung, Erweiterung der Produktpalette und Verfahrensverbesserung.[111]
Der Konkurrenzkampf und ruinöse Preisverfall auf dem Alizarin-Markt veranlasste 1881 den Abschluss einer Alizarin-Konvention, *„an der neben der BASF, Hoechst und Bayer noch sechs weitere deutsche Firmen und eine englische Firma beteiligt waren.“*[112]

Patentgesetzgebung
Ein Faktor, der die Entwicklung der deutschen Farbstoffindustrie mit beeinflusste, war die relativ späte einheitliche Regelung der Patentgesetzgebung. Bis zum Jahr 1877 existierte in Deutschland, das erst 1871 zum Deutschen Reich vereint wurde, kein einheitlicher Patentschutz. In den Jahren davor hatte die deutsche chemische Industrie vor allem von der Nachahmung von Auslandspatenten profitiert und einen intensiven Konkurrenzkampf geführt, während starke Stoffpatente in England und Frankreich den Aufschwung verzögerten.[113]
Prinzipiell wird bei der Patentgesetzgebung in Stoff- oder Verfahrenspatente unterschieden. Gerade in der chemischen Industrie können - im Gegensatz zu anderen Produktionszweigen - gleiche Substanzen mit unterschiedlichen Verfahren hergestellt werden. Das gilt insbesondere auch für Farbstoffe, die sich auf verschiedenen Wegen synthetisieren lassen. In Frankreich hatte sich eine Stoffpatent-Gesetzgebung negativ auf die Teerfarbenindustrie ausgewirkt, da das französische Patentgesetz von 1844 der chemischen Industrie keine Sonderstellung eingeräumt hatte und die Produkte, aber nicht die Verfahren schützte. In der Folge wurde dem teuer gehandelten *Fuchsin* eine so umfangreiche Absicherung zuteil (Patent: Firma *Renard frères,* Lyon), dass alle anderen *Fuchsin*-Herstellungsverfahren französischer Produzenten keine Patentierung erlangen konnten. Die chemische Forschung wurde dadurch gravierend erschwert, so dass Wissenschaftler und Konkurrenzbetriebe abzuwandern begannen. Die meisten Unternehmen siedelten sich in der Schweiz an, in der keine Patentgesetze existierten und begründeten damit die Schweizer Teerfarbenindustrie, die später für die deutschen Fabrikanten zum wichtigen Konkurrenten wurde.[114] Bei der Vorbereitung des deutschen Patentgesetzes von 1877 war man sich der nachteiligen Auswirkungen der Stoffpatentierung auf die industrielle Entwicklung bewusst und beschloss die Verfahrenspatentierung für chemische Produkte.
Nach Inkrafttreten des deutschen Gesetzes wurde von den Unternehmen alles versucht, um die jeweils eigene Entwicklungsarbeit gegenüber den konkurrierenden Teerfarbenfabriken abzuschirmen. Reihenpatente, Sperrpatente und ‚Regenschirmpatente' wurden eingereicht, die dazu dienten, ganze Bereiche chemischer Forschung und Verwertung zu blockieren.[115] Nur die großen Unternehmen waren

108 Garfield (2002), S. 114.
109 Vgl. Pohl et al. (1983), S. 82: *„Im Jahre 1873 entsprach die Alizarinproduktion in Deutschland dem früheren Bedarf an Krappfarbstoff, wobei eine Tonne Alizarin neun Tonnen Krapp entsprachen.“*
110 Pohl et al. (1983), S. 106-107.
111 Pohl et al. (1983), S. 108-109: Teilweise fielen die Farbstoffpreise aber schneller als die der Rohmaterialien, was sich wiederum negativ auf die Rentabilität auswirkte.
112 Teltschik (1990), S. 9: *BASF*, *Hoechst* und *Bayer* erhielten von dem Gesamtumsatz (52 Teile) mehr als die Hälfte der Erzeugung (je 10 Anteile).
113 Sonnemann (1963), S. 59 (zit. nach: Redlich, Fritz, *Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Teerfarbenindustrie* (Staats- und sozialwissenschaftliche Forschungen, Heft 180), München und Leipzig 1914).
114 Sonnemann (1963), S. 109-111; Vgl. Vogler (2003), S. 4: In der Schweiz wurde erst 1888 ein Patentgesetz erlassen, dass der Schweizer Farbstoffindustrie aber noch Vorteile einräumte, die erst im Gesetz von 1907 aufgehoben wurden.
115 Vgl. Sonnemann (1963), S. 114: Ein Beispiel dafür ist das DRP Nr. 33088 vom 20.1.1885 über ein Verfahren zur Herstellung von Benzidinsulfon, Benzidinsulfonmonosulfosäure und Benzidinsulfondisulfosäure. Das entsprechende Handelsprodukt war dann Sulfonazurin. Damit war Duisberg nicht nur die Herstellung dieses neuen Produktes, sondern auch

in der Lage, diese Patentansprüche zu stellen, da nur dort die entsprechend aufwändigen Versuche durchgeführt bzw. gegnerische Patentansprüche nachgearbeitet werden konnten, um eventuelle Lücken zu finden. Als 1887 bestimmt wurde, dass den Patentansuchen Proben beizufügen sind, war auch die Großindustrie bevorzugt, da bei einem Verfahren für 200 Farbstoffe auch 200 Proben zu 10g und je Farbstoff drei Ausfärbung zu je 200 cm^2 zu liefern waren.[116]

Obwohl zu Beginn der 1880er Jahre der Konkurrenzkampf durch das Verfahrenspatent noch gefördert wurde, hatten sich 10 Jahre später aber aus den 25 bis 30 Teerfarbenfabriken sechs Monopole entwickelt, in deren Interesse vor allem der Schutz der eigenen Produkte lag.[117] Im Zuge der Revision des Patentgesetzes gab es daher sogar Bemühungen, die Verfahrenspatentierung, ohne sie aufzuheben, in eine Art Stoffpatentierung umzuwandeln. Der Entwurf des neuen Patentgesetzes vom 17. 3. 1890 (gültig ab 1891) entsprach dann auch weitgehend den Bedürfnissen der chemischen Industrie.[118] Die Ausnahmestellung in Bezug auf die Verfahrenspatentierung blieb bestehen, bekam aber durch die Umkehrung der Beweislast für ausländische Konkurrenzunternehmen einen wesentlichen Zusatz.[119]

Bis zum ersten Weltkrieg realisierte die (Teer)Farbstoffindustrie im Vergleich zu anderen Sparten chemischer Produktion sehr hohe Renditen. Von den Patenten der *Klasse 22* (Teerfarbstoffe), teils auch der *Klasse 12* (Chemische Verfahren und Apparate) entfielen von 1877-1890 über 50 % an die sechs Hauptfirmen: *Agfa* = 73, *BASF* = 112, *Cassella* = 332, *Bayer* = 135, *Hoechst* = 107, *Kalle* = 14 (zusammen 475 Patente).[120] Insgesamt wurden im gleichen Zeitraume 884 Patente der *Klasse 22* erteilt; damit besaßen die sechs großen Unternehmen über 50% aller Farbstoff-Patente; davon konnten aber höchstens 10% industriell profitabel verwertet werden.[121]

Die Überlegenheit der Großbetriebe kam jedoch nicht nur durch die Patente sondern auch durch einen anderen Faktor zustande: den Ausbau der Unternehmen zu gemischten Betrieben. Die *BASF* war die am weitesten ausgebaute Teerfarbenfabrik und verfügte bald über alle Anlagen zur Herstellung der Hilfsstoffe und Zwischenprodukte. Den Zwischenhandel schaltete die *BASF* schon im Jahre 1873 aus, als sie die Großhandlungen von *Knosp* und *Siegle* übernahm bzw. mit diesen eine Fusion einging.[122]

Den Patentfragen wurde erst durch die Forschungsprogramme und steigende Zahl der patentierten Produkte mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Bei *Bayer* begann man bspw. im Jahre 1885 mit dem Aufbau eines wissenschaftlichen Labors, dem ein Patentbüro angeschlossen wurde. Solche Voraussetzungen erleichterten den Großbetrieben, eher Erfindungen zu machen, patentieren zu lassen und industriell zu verwerten, als den kleinen Unternehmen. Im letzten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts steigt die Anzahl der patentierten Erfindungen signifikant an. So wurden bspw. *BASF* von 1877 bis 1890 schon 112 Patente zugesprochen; 1890 bis 1900 dann bereits 255 Patente; bei *Bayer* waren es bis 1890 schon 135 Patente, zwischen 1890 und 1900 dann 512.[123] Dabei war der Aufwand für die Erfindung neuer Farbstoffe enorm. Bei *Hoechst* wurde beispielsweise nur einer von 300 untersuchten Farbstoffen zur technischen Verwertung übergeben; bei *Bayer* gingen im Jahre 1896 allein 2378 Farbstoffe aus den Laboratorien in die Versuchfärbereien, davon wurden nur 37 näher untersucht.[124]

Viele der kleinen und mittleren Unternehmen mussten sich dann spätestens zwischen 1900 und 1903 dem Konkurrenzkampf beugen. Betriebe, die bestehen blieben, waren keine ernsthafte Konkurrenz für die großen Hauptfirmen. Die rasante Entwicklung brachte die deutsche Farbstoffindustrie um 1900

---

die Herstellung von Azofarbstoffen daraus patentiert worden.

116 Sonnemann (1963), S. 117.

117 Sonnemann (1963), S. 177.

118 Sonnemann (1963), S. 179.

119 Vgl. Sonnemann (1963), S. 168: Bis zum Beweis des Gegenteils wird bei neuen chemischen Produkten angenommen, dass dieselben aus dem Ausland importierten Produkte während der Rechtsdauer des Patentes, mittels dieses patentierten Verfahrens hergestellt werden. Schweizer Konkurrenten müssten dann den Beweis erbringen, *„dass das von ihnen angewandte Verfahren nicht identisch mit dem in Deutschland patentierten Lösungsweg war“* und ihre Verfahren vor einem deutschen Gericht darlegen.

120 Sonnemann (1963), S. 69 (zit. nach: Friedländer, Paul, *Fortschritte der Theerfarbenfabrikation und verwandter Industriezweige*, Band 1: 1877-1887. Berlin 1888, S. 602-604; Band 2: 1887-1890. Berlin 1891, S. 567-569).

121 Sonnemann (1963), S. 70 (nach: *Die Geschäftsthätigkeit des Kaiserlichen Patentamtes und die Beziehungen des Patentschutzes zu der Entwicklung der einzelnen Industriezweige Deutschlands in den Jahren 1891-1900.* Herausgegeben vom Kaiserlichen Patentamt, Berlin, 1902, S. 338/229).

122 Sonnemann (1963), S. 72 (nach: Schultze, Hermann, *Die Entwicklung der chemischen Industrie in Deutschland seit dem Jahre 1875*, Halle, 1908, S. 186); Vgl. dazu auch Kapitel 9.4.4./Siegle.

123 Sonnemann (1963), S. 70-79.

124 Sonnemann (1963), S. 79 (nach: *75 Jahre Werksgeschichte Höchst*, 1938, S. 63; *Werksgeschichte Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co.* 1863-1938. München, 1938, S. 107).

schließlich zu einer Führungsposition am Weltmarkt. Großbritannien war es trotz guter Vorraussetzungen nicht gelungen, die Farbstofffabrikation weiter auszubauen. Dafür war die Kombination verschiedener Faktoren ausschlaggebend. Die Wissenschaft nahm in Deutschland zu der Zeit zwar eine wichtige Rolle ein, England und Frankreich konnten jedoch auch auf hervorragende Wissenschaftler verweisen. Entscheidender war aber, dass Deutschland gleichzeitig über ein günstiges Wechselverhältnis zur industriell-technischen Nutzbarmachung der Erkenntnisse verfügte. England boten die Rohstoffe aus den Kolonien genug gewinnbringende Möglichkeiten, die mit geringem Energieaufwand Gewinn einbrachten und größere Sicherheit hatten.[125] Deutschland konnte auf keine Kolonialreiche zurückgreifen und versprach sich von den Bemühungen bei der Entwicklung der jungen chemischen Wissenschaft bzw. Industrie vor allem ökonomische Vorteile.[126]

1.2.3. Zusammenschluss der Teerfarbenindustrie: Dreibünde (1904/1907) und Interessensgemeinschaft (1916)

Die ersten Jahre des 20. Jahrhunderts waren durch die Bemühungen des damaligen *Bayer*-Generaldirektors Carl Duisberg (1861-1935) geprägt, einen Zusammenschluss der Großbetriebe der Farbstoffindustrie zu einer Monopolvereinigung zu verhandeln.

Die Gründung von Interessengemeinschaften: Dreibund und Dreiverband (1904-1907)
Zu diesem Zeitpunkt waren die führenden Teerfarbenfabriken bereits als die ‚Großen Sechs' bekannt. Dazu gehörten einerseits die Großbetriebe *BASF* (*Badische Anilin und Soda-Fabrik*, Ludwigshafen), *Bayer* (*Farbenfabriken vorm. Friedrich Bayer & Co.*, Leverkusen), *Hoechst* (*Farbwerke vorm. Meister, Lucius und Brüning*, Höchst am Main); außerdem die kleineren Unternehmen *Agfa* (*Aktiengesellschaft für Anilinfabrikate*, Berlin), *Cassella* (*Leopold Cassella & Co.*, Frankfurt) und *Kalle* (*Kalle & Co.*, Biebrich). Deutschlands Monopolstellung hatte zu Konkurrenzkämpfen geführt, die Ertragsverluste und verlangsamtes Wachstum zur Folge hatten. Die Spitzen der Industrie waren daher an einer Lösung des Problems interessiert. 1903 leitete dann Carl Duisberg als dominierende Persönlichkeit der Farbenindustrie die entsprechenden Schritte ein.[127] Nach Vorbild der amerikanischen Trusts[128] kam es zur Bildung zweier Interessengemeinschaften: *BASF*, *Bayer* und *Agfa* (1905) im so genannten ‚Dreibund' einerseits und *Hoechst*, *Cassella* sowie *Kalle* & Co. (1904/1907) als ‚Dreiverband' andererseits.[129] Diese Interessengemeinschaften ließen den Firmen ihre juristische Selbständigkeit, regelten aber Fragen der Rohstoff- und Absatzmärkte, den Austausch von Patenten und die Errichtung von Filialfabriken im Ausland. Diese Richtlinien erfassten aber nur die Farbstoffe; die selbständige Erforschung und Verwertung aller anderen Produkte blieb den jeweiligen Firmen erhalten. Interessanterweise erreichte das Geschäftsvolumen dieser Nebenprodukte bald das der Farbstoffe, wie zum Beispiel die Fotoerzeugnisse bei *Agfa*, die sich hier als europäischer Marktführer etablierten. Die pharmazeutischen Entwicklungen von *Bayer* waren der Öffentlichkeit vor allem durch das Schmerzmittel *Aspirin* (Acetylsalicylsäure; Hofmann 1897) geläufig; aber auch *Hoechst* konnte eine bedeutende pharmazeutische Abteilung aufbauen.[130]

125 Sonnemann (1963), S. 287.
126 Sonnemann (1963), S. 294.
127 Borkin (1979/1990), S. 10-11.
128 Vgl. Borkin (1979/1990), S. 11: Duisberg lernte 1903 in den USA die amerikanischen Konzernzusammenschlüsse näher kennen, insbesondere den Rockefeller Standard Oil Konzern. Nach seiner Rückkehr versuchte er in Deutschland seine Kollegen von einem Zusammenschluss nach Vorbild der amerikanischen Trusts zu überzeugen.
129 Vgl. Sonnemann (1963), S. 87-90: *„Duisbergs ursprünglicher Plan von 1903, in Form einer Interessengemeinschaft ein Super-Monopol der großen 6 Fabriken bilden zu können, scheiterte an Höchst […]. Zunächst schien es aber zumindest sinnvoll, sich gegenseitig ergänzende Firmen zu fusionieren. BASF und Bayer prüften eine solche Möglichkeit, mussten die Verhandlungen aber abbrechen, da sich auf Grund der Vermögenswerte keine Basis finden ließ. Als Höchst jedoch 1904 eine Interessengemeinschaft mit Cassella bildete, bestand Handlungsbedarf. Die Gefahr erkennend, die solch ein Zusammenschluss für Bayer bedeuten konnte, nahm Duisberg die Verhandlungen mit BASF wieder auf. Gleichzeitig verhandelten aber BASF-Vertreter auch mit Agfa; und als die Verbindung BASF-Bayer gesichert war, machte der BASF-Direktor Brunck den Vorschlag, die Agfa in den gerade entstandenen Zweierbund mit einzubeziehen. Am 1. Januar 1905 trat dieser Vertrag dann in Kraft und legte den wichtigsten Pfeiler für den späteren IG-Zusammenschluss. - Der zweite Dreibund entstand dann 1907. Die Interessensgemeinschaft Höchster Farbwerke AG und Cassella & Co. GmbH kam zustande, weil zu befürchten war, dass beide Firmen gegenseitig in die Produktionsgebiete eindringen würden. Als sich 1907 die Firma Kalle & Co. AG der Vereinigung anschloss, war damit der zweite Dreibund gegründet."*; Vgl. auch Teltschik (1992), S. 28-29.
130 Borkin (1979/1990), S. 11-12; Sonnemann (1963), S. 87-90.

Die *BASF* nahm unter den *I.G.* Gesellschaften eine besondere Rolle ein, die vor allem durch Bereitschaft zum geschäftlichen Risiko und durch wissenschaftliche Ausnahmeleistungen gekennzeichnet war, wie bspw. die jahrzehntelange Investition in die Umsetzung der Indigosynthese. Das Projekt band einen großen Anteil des Unternehmenskapitals, wobei die meisten Investitionen in die technische Umsetzung und die Entwicklung der Anlagen flossen. Erst nach mehr als 20 Jahren konnte 1897 ein großtechnisches Verfahren zur Herstellung von synthetischem Indigo entwickelt werden, dass der *BASF* zwar eine führende Position in der Farbenchemie, jedoch nicht das Weltmonopol sicherte.[131] Auch bei der Suche nach synthetischen Nitraten, um Deutschland von den Rohstofflieferungen aus Chile unabhängig zu machen, spielte die *BASF* eine wichtige Rolle. Im späten 19. Jahrhundert warnten Wissenschaftler davor, dass die Nahrungsmittelproduktion nicht mit dem Wachstum der Weltbevölkerung mithalten könnte. Nitrate, die effizientesten Düngemittel, konnten nur durch Chile geliefert werden (Chilesalpeter!). Auch die Sprengstoffherstellung in der Rüstungsindustrie war von diesen Lieferungen abhängig.[132] Die *BASF* war bei den Bemühungen zur Entwicklung von synthetischen Nitraten eines der engagiertesten Unternehmen. 1909 entwickelte Fritz Haber (1868-1934) ein Verfahren zur Ammoniaksynthese, das allerdings erst großtechnisch umgesetzt werden musste. Mit der Planung und Ausführung der Anlage, die extremen Reaktionsbedingungen gewachsen sein musste, wurde Carl Bosch (1874-1940), Chemiker und Ingenieur bei der *BASF*, betraut. Die Entwicklung der neuen Technologie erforderte wieder hohe Investitionen und war bei der Unternehmensführung nicht unumstritten, doch trotz enormer technischer Schwierigkeiten gelang im Herbst 1913 der Durchbruch.[133]
Ammoniak wurde vor allem für die Düngemittelherstellung eingesetzt, bekam aber schon bald militärische Bedeutung.

Chemische Industrie im Ersten Weltkrieg -
Interessengemeinschaft der deutschen Teerfarbenfabriken (1916)

Bosch hatte schon versuchsweise Salpetersäure (HNO_3) aus Ammoniak hergestellt, aber noch keine großtechnische Umsetzung erarbeitet. Mit dem Ausbruch des Ersten Weltkrieges musste die Haber-Bosch-Anlage der *BASF* in Oppau sogar zunächst geschlossen werden. Deutschland hatte keinen langen Krieg in Erwägung gezogen und dementsprechend auch keine Rücksicht auf Fragen des Rohstoffnachschubs genommen.[134] Erst nach dem Scheitern dieses Plans wurde man sich der prekären Situation bewusst und gab der Nitratbeschaffung Priorität; Bosch begann in Oppau ein neues Großprojekt. Während intensiv an großtechnischen Herstellungsverfahren für synthetische Nitrate gearbeitet wurde, wurde an der Front erstmals der Giftgaseinsatz in Erwägung gezogen, der laut der auch von Deutschland unterzeichneten Haager Konvention (1907), untersagt war. Bei der Planung des Gaseinsatzes spielte vor allem Fritz Haber eine maßgebliche Rolle. Nachdem ein Gasangriff-Versuch mit Chlorkohlenoxid im Januar 1915 in Russland durch die Kälte gescheitert war, kam im April 1915 erstmals Chlorgas an der Westfront zum Einsatz. Dieser Gaseinsatz hatte zwar verheerende Folgen, jedoch keine kriegsentscheidende Bedeutung; als Folgehandlung setzten auch die Gegner Gas ein.[135]
Bosch hatte schon im Mai 1915 mit der großtechnischen Produktion von synthetischen Nitrate in Oppau Erfolg; um die Kapazität auszubauen und den französischen Fliegerangriffen zu entgehen, wurde eine zweite Haber-Bosch-Anlage in Leuna errichtet, die schon im April 1917 in Betrieb gehen konnte.[136]

131 Borkin (1979/1990), S. 12-13; Henseling/Salinger (1990), S. 119-122: Nachdem A. v. Baeyer 1883 die Strukturaufklärung von Indigo gelungen war, begannen die *BASF* und auch *Hoechs*t an der großtechnischen Indigosynthese zu arbeiten. Allein die *BASF* investierte in den mehr als 20 Jahren bis zum Erfolg etwa 18 Mill. Mark und konnte 1897 als erste synthetisches Indigo auf den Markt bringen. Aber auch *Hoechst* konnte ein eigenes Verfahren entwickeln; der daraus entstehende Konkurrenzkampf zwischen den Unternehmen führte 1904 schließlich zu einer Konvention, um die Aufteilung der Märkte zu regeln.
132 Borkin (1979/1990), S. 13.
133 Borkin (1979/1990), S. 14.
134 Vgl. Borkin (1979/1990), S. 17-21: Der Schlieffen-Plan basierte auf der Strategie des Krieges von 1871 und zielte auf einen schnellen Sieg. Die Notwendigkeit einer industriellen Mobilisierung im Falle eines Erschöpfungskrieges war dabei nicht berücksichtigt worden. Deutschlands natürliche Rohstoffknappheit verschlechterte die schwierige Situation noch. Die britische Flotte arbeitete bereits an der Aushungerung Deutschlands. Walther v. Rathenau - damaliger Chef der *AEG* - konnte beim Generalstab die Einrichtung einer Kriegsrohstoffbehörde bewirken. Die Nitratbeschaffung hatte oberste Priorität, da die geschrumpften Vorräte die Schießpulverherstellung gefährdeten und die Blockade der Seewege bereits den Nachschub aus Chile unterband. Im Kriegsministerium sah man zunächst noch keinen Anlass zum schnellen Handeln; erst nach dem Scheitern des Plans durch den Gegenangriff Frankreichs (Schlacht an der Marne) im September 1914 musste die Militärbürokratie umdenken.
135 Teltschik (1992), S. 43-45; Borkin (1979/1990), S. 22-26.
136 Teltschik (1992), S. 41-42.

Während die Unternehmen zum Hauptlieferanten für Munition und Kriegsmaterial wurden, ging die Farbstoffproduktion seit Kriegsbeginn 1914 immer mehr zurück. Länder, die auf die Farbstoffe angewiesen waren und durch die Kriegsblockaden nicht mehr beliefert werden konnten, begannen eigene Farbstofffabriken aufzubauen. Damit zeichnete sich ab, dass das deutsche Farbstoff-Weltmonopol nach dem Ende des Krieges verloren gehen würde. Um dem zu begegnen, kam es noch während des Krieges am 18. August 1916 zum Zusammenschluss der Unternehmen der beiden Dreibünde zur *Interessengemeinschaft der deutschen Teerfarbenfabriken*. Beteiligt waren *Bayer*, *BASF* und die *Farbwerke Hoechst* sowie *Agfa*, *Cassella & Co*, *Kalle & Co*, *Weiler-ter Meer* und *Griesheim Elektron.* [137] Nachdem Deutschland im November 1918 den Krieg verloren hatte, wurde versucht, in den Friedensverhandlungen die Bedingungen für die Industrie, insbesondere für die *I.G.* Gesellschaften, abzumildern. Bosch, ab 1919 Generaldirektor der *BASF* und später Vorstandsvorsitzender, fiel in den Verhandlungen die Funktion des Vertreters der chemischen Industrie zu. Die deutschen Sachverständigen wurden kaum mit einbezogen. In dem Friedensvertrag, den die Alliierten der deutschen Delegation am 7. Mai 1919 vorlegten, waren die Klauseln mit den Strafbestimmungen besonders hart. So sollten die beschlagnahmten Fabriken und Patente nicht wieder zurückgegeben werden, Farbstoffe als Reparationszahlungen geliefert werden und Fabriken, die der Produktion von Kriegsmaterial im weitesten Sinne gedient hatten, geschlossen werden. In Verhandlungen wurden die Bedingungen zwar entschärft, jedoch enthielt der am 28. Juni 1919 unterzeichnete *Versailler Vertrag* immer noch Klauseln, die für die *I.G.* Gesellschaften existenzgefährdend waren. Besonders Frankreich vertrat eine harte Linie; Bosch gelang jedoch in Nachverhandlungen, die im Wesentlichen auf ein Abkommen zwischen der französischen Regierung und der *I.G.* zur gemeinsamen Ausbeutung des französischen Farbstoffmarktes abzielten, die *I.G.* Firmen vor ihrem Ende bewahren. Die geforderte Zerstörung der Haber-Bosch-Anlagen in Oppau und Leuna konnte verhindert werden; allerdings hatte die *BASF* als Gegenleistung Frankreich beim Aufbau einer eigenen Stickstoffindustrie zu helfen, was bis zur Offenlegung aller Produktionsgeheimnisse gehen sollte.[138]

Die Nachkriegsjahre und die Auswirkungen des Versailler Vertrages, nach welchem die Besatzer den deutschen Besitz behalten durften, waren für die *I.G.* Gesellschaften schwierig. Allerdings konnte die Konkurrenz nur beschränkten Nutzen aus den beschlagnahmten Patenten und Fabriken ziehen, da die Auslandspatente bewusst vage formuliert waren. Während Frankreich dieses Problem durch die Partnerschaft mit den Deutschen umgangen hatte, musste das amerikanische Unternehmen *DuPont* bald feststellen, dass *„[…] kein normaler Chemiker mit diesen Patenten arbeiten kann. Sie wurden für Deutsche geschrieben, die ihr Leben in der Farbenindustrie verbracht haben.“*[139] Nachdem Verhandlungen von *DuPont* mit Bosch über eine mögliche Kooperation scheiterten, wurde von dem Unternehmen versucht, deutsche Chemiker von *Bayer* abzuwerben. *DuPont* hatte damit Erfolg, konnte dadurch die verfahrenstechnischen Probleme überwinden und auf dem Farbstoffgebiet mit den deutschen Unternehmen der *I.G.* erfolgreich konkurrieren.[140]

137 Teltschik (1992), S. 46-47; Borkin (1979/1990), S. 26-27.
138 Borkin (1979/1990), S. 32-38; Teltschik (1992), S. 50-56.
139 Anhörung vor einem Sonderausschuss zur Untersuchung der Munitionsindustrie, US Senat, 73. Kongress, Teil XXXIX, S. 13438, In: Borkin (1979/1990), S. 42.
140 Teltschik (1992), S. 66; Borkin (1979/1990), S. 42-44.

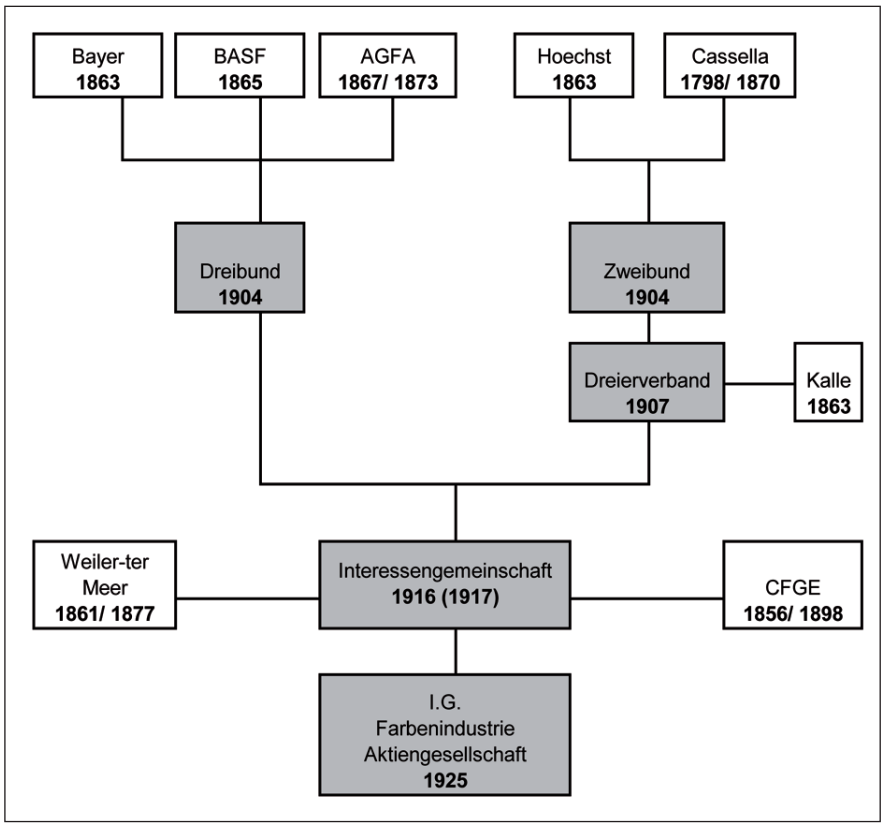


Abb. 4: Organigramm nach Teltschik (1990), S. 385.

1.2.4. Die I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft (1925-1945)

Obwohl durch die Reparationsauflagen beeinträchtigt, hatte die deutsche Farbenindustrie in der Nachkriegszeit zunächst noch von der Inflation profitiert. Als sich die Exportgeschäfte 1923 verschlechterten und der Absatz für Farbstoffe deutlich zurückging, sahen sich die *I.G.* Gesellschaften jedoch gezwungen, über eine Konsolidierung oder Neuorganisation nachzudenken. Ziel war dabei, die Produktionskosten zu senken, die Organisation zu straffen und den Verkauf zu rationalisieren.[141] Während Duisberg den Vorschlag unterbreitete, nur eine Holdinggesellschaft zu gründen, schlug Bosch die sofortige Fusion der *I.G.* Unternehmen vor.[142]

Im November 1924 wurde die Verschmelzung der acht *I.G.* Firmen zu einem einzigen Unternehmen vereinbart; im Dezember 1925 erfolgte der Zusammenschluss zur *I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft*.[143] Bosch wurde zum Vorstandsvorsitzenden gewählt und Duisberg fungierte nur noch als Vorsitzender des Aufsichtsrates. Von den Investoren wurde das Potential der *I.G. Farben AG* bald erkannt, so dass sich der Wert der Aktien 1926 trotz schlechter Wirtschaftslage verdreifachte. Als größter Konzern Europas und weltweit größtes Chemieunternehmen konsolidierte die *I.G.* ihre Position auf den ausländischen Märkten und unternahm schon bald Vorstöße auf anderen Gebieten. Damit war der Grundstein für die spätere weltweite Verflechtung des Konzerns bereits gelegt.[144]

Allein im Farbstoff-Sortiment wurden nach der Fusion von den bisher 32 000 Handelstypen 60% (!) eingestellt.[145] Hinsichtlich der Farbstoffherstellung ging die *I.G.* 1927 mit den französischen Unternehmen *Etablissement Kuhlmann* und *Société des Matières Colorantes de St. Denis* eine Vereinbarung ein; 1929 traten die Schweizer Firmen *Ciba*, *Sandoz* und *Geigy* dem Kartell bei. Zahlen von 1927 belegen,

141 Lindner (2005), S. 20-23.
142 Teltschik (1992), S. 75.
143 Borkin (1990), S. 46: Bosch wollte den Namen des alten Kartells nicht übernehmen, da das neue Unternehmen keine Interessensgemeinschaft war; Duisberg weigerte sich jedoch aus kaufmännischer Sicht, auf die internationale Anerkennung des Namens *I.G.* Farben zu verzichten. Gegen diese Entscheidung konnte Bosch sich nicht durchsetzen.
144 Borkin (1979/1990), S. 47.
145 Teltschik (1992), S. 82.

dass diese sechs Unternehmen (einschließlich *I.G. Farben*) zu dem Zeitpunkt 80% der weltweit hergestellten Farbstoffe erzeugten.[146] Das Kartell wurde 1932 noch durch die *ICI*[147] erweitert; innerhalb des Kartells erfolgte die Quotenaufteilung nach folgendem Schlüssel: *I.G.* 64,74%, *Schweizer Firmen* 19,27%, *Frankreich* 7,92% und *ICI* 8,07%.[148]
Weltweit betrachtet, wurde die Gesamtproduktion von Farbstoffen im Zeitraum von 1929-1934 von Deutschland angeführt, gefolgt von den USA und Großbritannien (Tab. 32).

Tab. 5: Übersicht über die Gesamtproduktion an Teerfarbstoffen (in Tonnen pro Land 1929-1934).[149]

	1929	**1933**	**1934**
Deutsches Reich	75 000	66 000	76 000
USA	51 000	45 000	39 600
Großbritannien	25 400	24 100	24 100
Russland	15 000	15 900	20 000
Japan	8 000	16 000	18 400
Frankreich	12 800	12 200	11 300
Schweiz	12 000	12 000	10 000
Italien	7 400	6 200	7 000
	206 600	196 300	206 400

Die Farbstoffe spielten in der Produktpalette der *I.G. Farben AG* zwar weiterhin eine bedeutende Rolle, im Gesamtumsatz ging der Farbstoff- und Lackanteil aber von 28% im Jahr 1929 bis auf 11% im Jahr 1943 zurück.[150] Die Stickstoffchemie behielt ihren hohen Stellenwert und große Projekte wie bspw. die Entwicklung von Verfahren zur Kohlehydrierung für die Treibstoffherstellung und die Arbeit an Syntheseverfahren zu Herstellung von synthetischem Kautschuk wurden forciert. In dem Zusammenhang investierte die *I.G.* in großem Maßstab in technische Forschung. Gerade die Kohlehydrierung und das Kautschuk-Projekt hatten für die Rohstoffautarkie-Politik der Nationalsozialisten eine große Bedeutung; insbesondere die Mineralölsynthese war zwar marktwirtschaftlich unrentabel, wurde aber aus wirtschaftspolitischen Gründen staatlich unterstützt.[151]
Die Rolle der *I.G. Farben AG* als eines der kriegswichtigsten Unternehmen im nationalsozialistischen Deutschland und die Verstrickung in Verbrechen im 2. Weltkrieg gab in der Folge Anlass für eine Vielzahl von Publikationen, die sich mit dem Thema sehr kontrovers auseinandersetzen. Dabei wird die Positionierung des Konzerns entweder als deutlich schuldbeladener oder aber abmildernd positiver beurteilt,[152] als im Ergebnis der Urteile des Nürnberger Prozesses[153] 1948 zu Ausdruck kam. – Ein relativ ausgewogenes Bild versuchen Studien zu vermitteln, die „*Schuld und Verstrickung der I.G. Farben Führung ohne Beschönigung zeig(en), aber auch die Grenzen und Möglichkeiten eines Unternehmens in einer regulierten Staatswirtschaft, in einem zunehmend totalitären Regime deutlich mach(en)*“.[154]

1.2.5. Entwicklungstendenzen in der Farbstoffindustrie nach 1945 - Weltmarktentwicklung

Nach dem Ende des zweiten Weltkrieges wurde der *I.G. Farben*-Konzern entflochten und wieder

146 Teltschik (1992), S. 95-96; Borkin (1979/1990), S. 48.
147 Teltschik (1992), S. 81: Die *ICI* (Imperial Chemical Industries) wurde 1926 als britisches Pendant zur *I.G. Farben AG* gegründet und war ein Zusammenschluss der bedeutendsten britischen Chemie-Unternehmen.
148 Teltschik (1992), S. 96.
149 Kleine Mitteilungen: „Die Teerfarbenindustrie der Welt“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 51. Jg./Nr. 17, 1935, S. 142.
150 Teltschik (1992), S. 387.
151 Teltschik (1992), S. 108-113.
152 Lindner (2005), S. 2: Der Autor nennt als Beispiel Borkin (1979/1990), der einer der Anklagevertreter im Nürnberger *I.G. Farben*-Prozess 1948 war. Positivere Darstellungen sind bspw. die eher konzernfreundlich gehaltenen Publikationen des ehemaligen *I.G.* Managers Ter Meer (1953) und des Bayer Managers Plumpe (1990).
153 Vgl. Borkin (1979/1990), S. 207: Der Nürnberger *I.G.-Farben*-Prozess fand am 29./30. Juli 1948 statt. 23 Manager der *I.G.* wurden in 5 Anklagepunkten angeklagt: 13 Verantwortliche wurden zu Haftstrafen zwischen 8 und 1,5 Jahren verurteilt; 10 Manager wurden freigesprochen.
154 Vgl. Lindner (2005), S. 3: Der Autor nennt die Arbeit des amerikanischen Historikers Peter Hayes (Industry and Ideology. I.G. Farben in the Nazi Era, Cambridge, 1987), als Beispiel für eine „*ausgewogene und sorgfältig argumentierte*“ Studie.

eigenständige Unternehmen etabliert; die Betriebe der *BASF*, die Farbenfabriken *Bayer* (später *Bayer AG*), die *Farbwerke Hoechst* (später *Hoechst AG*), die *Cassella Farbwerke Mainkur AG*, Frankfurt und die *Farbenfabrik Wolfen* (ab 1970 *Chemiekombinat Bitterfeld*) nahmen die Farbstoffherstellung wieder auf. Der Begriff ‚Teerfarbstoffe' verlor zusehend seine Gültigkeit, da die Steinkohlenteerdestillation nach 1945 sukzessive durch die petrochemische Gewinnung der Ausgangsmaterialien abgelöst wurde.[155]
Nach den Jahren des Wiederaufbaus konnten die Unternehmen der BRD um 1955 schon wieder ein Drittel der weltweit hergestellten Farbstoffe produzieren, in der Schweiz wurde ein weiters Drittel hergestellt und das restliche Drittel teilten sich andere Länder, vor allem aber Großbritannien und die USA. In den 1960er Jahren verschoben sich die Produktionsstandorte dann aus Europa nach Fernost; vor allem Japan, dann Taiwan, China und Indien entwickelten leistungsstarke Farbstoffindustrien. Die europäischen Firmen reagierten auf die Situation mit organisatorischen Maßnahmen; so gingen bspw. *Ciba* und *Geigy* 1970 als erste eine Fusion ein (*Giba-Geigy AG*); die *Bayer AG* und *Hoechst AG* gliederten 1995 die Farbstoffabteilungen aus und gründeten daraus die Firma *Dystar*, der die *BASF* später auch noch ihre Farbstoffherstellung übertrug.[156]
Gegenwärtig ist die Produktion von Farbmitteln über alle Kontinente verteilt. Produktionszahlen sind bis etwa 1960 durch die Welthandelsorganisationen zusammengetragen; danach sind keine zuverlässigen globalrelevanten Daten erfasst. Dies kann möglicherweise auf eine zunehmende Unschärfe des Begriffes ‚Colorants' zurückgeführt werden. In der Pigment-Industrie sind *Ciba Speciality Chemicals*, *Dainippon Ink*, *Clariant*, *BASF* und *DCI* (*Sun Chemical, Reichold* u.a.) heute die führenden Konzerne mit verschiedenen Produktionsstätten.[157]
Hinsichtlich der Herstellung von organischen Pigmenten ist interessant, dass von der Globalproduktion im Jahr 2000 ca. 75 % allein den Azo- (50%) und Phthalocyaninpigmenten (25%) zuzurechnen sind. Die restlichen 25% des Marktes werden von den heterocyclischen Pigmentklassen eingenommen: Indigo, Quinacridone, Isoindoline/Isoindolinone, Perylene, Quinophtalone, Dioxazine, Diketo-Pyrrolo-Pyrrole. Die Metallkomplex-Pigmente und polycyclischen quinoiden Pigmente wie Anthrachinone u.a. spielen als Produktgruppe nur eine unbedeutende Rolle.
Eine Studie von 1997 konnte im Vergleich zu 1995 für die vier führenden Konzerne (*Ciba*, *Clariant*, *DIC*, *BASF*) feststellen, dass ein gleichbleibend hoher Anteil der Patente die Herstellung organischer Pigmente betrifft. Interessanterweise gibt es hinsichtlich der Patentrechte eine unterschiedliche Verteilung zwischen asiatischen und westlichen Firmen. So werden 75% der die Entwicklung neuer Chromophore betreffenden Patente von westlichen Firmen gehalten, während Japan auf dem Applikationssektor mit 40% der Patentrechte vorne liegt. Vor allem bei Entwicklungen im Digitaldruck, für Farbdisplays und bei unkonventionellen Anwendungen in high-tech Prozessen führt Asien die Forschung an.[158]

155 Vogler (2003), S. 4.
156 Ebenda.
157 Zollinger (2003), S. 11.
158 Zollinger (2003), S. 13.

2. Einteilung und Klassifizierung synthetischer organischer Pigmente

Synthetische organische Pigmente sind Kohlenwasserstoffverbindungen, die meistens aromatische oder heteroaromatische Strukturelemente aufweisen; einige Verbindungen haben ein Metall-Ion im Molekül. Die synthetischen organischen Pigmente zählen heute zur weltweit wichtigsten Gruppe von Farbmitteln mit wachsenden Produktionszahlen.
Umfassende Darstellungen zur Chemie der synthetischen organischen Pigmente finden sich in der Fachliteratur und Standardwerken.[1] Im Folgenden wird nur auf die wichtigsten Begriffe, Definitionen und Zusammenhänge eingegangen.

2.1. Grundlegende Begriffsdefinitionen: Pigmente, Farbstoffe, Füllstoffe

Pigmente, Farbstoffe und Füllstoffe sind nach der DIN 55943 unter dem Oberbegriff Farbmittel zusammengefasst; ähnlich wird in der ASTM D16-84, ISO4617 und ISO4618 verfahren.[2]
Nach den Normungsblättern werden *Pigmente* als definitionsgemäß im Anwendungsmedium unlösliche bunte und unbunte Farbmittel bezeichnet, die anorganischer oder organischer Herkunft sein können. *Farbstoffe* sind im Anwendungsmedium lösliche Farbmittel. Schwieriger ist die Definition von Füllstoffen, die gegebenenfalls auch als Pigment zum Einsatz kommen können. Hier schreibt die neueste Begriffsnorm nach DIN 55943, 2001-10 jetzt, dass *„Füllstoff eine aus Teilchen bestehende, im Anwendungsmedium praktisch unlösliche Substanz (ist), die zur Vergrößerung des Volumens, zur Erzielung oder Verbesserung technischer Eigenschaften und/oder zur Beeinflussung optischer Eigenschaften verwendet wird*.“ Die Definition als Pigment oder Füllstoff hängt allerdings von der Art der Anwendung des Materials ab.[3]
Die relativ häufige Verwechslung der Bezeichnungen Farbstoff und Pigment im Sprachgebrauch, lässt sich vor allem auf die unterschiedliche Geläufigkeit der Terme zurückführen. Während Farbstoff und Färben zu allgemein verständlichen Begriffe zählen, sind Pigment und Farbmittel eher der Fachsprache entlehnt. Andererseits sind die synthetisch organischen Farbstoffe und Pigmente tatsächlich oft chemisch und strukturell sehr ähnlich.[4]
Für die synthetischen organischen Pigmente haben sich im deutschen Sprachraum Begriffe wie *Körperfarben*, *Lackfarbstoffe* oder *Pigmentfarbstoffe* sehr lange gehalten, die zu Missverständnissen führten und vermieden werden sollten.[5] Die Kenntnis dieser Bezeichnungen ist jedoch hilfreich, wenn es um das Nachvollziehen der komplexen Entwicklungen in der Farbenchemie geht sowie das Zuordnen von Nomenklaturen aus älterer Fachliteratur, die insbesondere auch für die vorliegende Arbeit relevant war. Noch in den DIN Festlegungen von 1957 finden sich auf dem Gebiet der Anstrichstoffe Nomenklatur-Artefakte. Im Normblatt DIN 55944 werden *Organische Pigmente* zwar richtig als unlösliche organische Farbmittel bezeichnet; allerdings fügte man den Begriff *Farbstoff* in Klammern als Ergänzung bzw. Erläuterung hinzu.[6]
Selbst die heute geltenden Definitionen und Begriffsnormen sind Einschränkungen unterworfen: Unter Umständen kommt es vor, dass Farbmittel in Abhängigkeit von Löslichkeitsverhältnissen in verschiedenen Medien einerseits als Pigment und andererseits als Farbstoff zu verwenden sind oder gegebenenfalls im gleichen Medium durch bspw. die Veränderung von Bedingungen (Temperaturerhöhung bei eingefärbten Thermoplasten) vom Pigment zum Farbstoff per Definition werden.[7]

2.2. Systematisierung von Farbmitteln

Die komplexe Chemie und die Vielfalt der Klassen synthetischer organischer Farbmittel erfordern eine Auseinandersetzung mit den Prinzipien zur Systematisierung der Substanzklasse. In der Literatur finden sich Klassifizierungen, die nach unterschiedlichen Gesichtspunkten vorgehen. Neben der Gliederung

1 Vgl. Herbst/Hunger (1995); Kittel (2003); Zollinger (2003).
2 Stoye (1998), S. 143.
3 Kittel (2003), S. 17-18.
4 Zollinger (2003), S. 2.
5 Herbst/Hunger (1995), S. 1.
6 Kittel (1960), S. 4.
7 Herbst/Hunger (1995), S. 1-2.

nach coloristischen Merkmalen, hat sich bei den organischen Pigmenten vor allem die Einteilung nach chemischer Konstitution durchgesetzt. Im Gegensatz dazu werden Farbstoffe – den synthetischen organischen Pigmenten chemisch oft ähnlich – bevorzugt nach dem Färbeverhalten systematisiert.
Schon im 19. Jahrhundert hatte man die Notwendigkeit erkannt, die stark ansteigende Anzahl von organischen und anorganischen Farbmitteln systematisch zu erfassen und begonnen, tabellarische Nachschlagewerke zusammenzustellen. Zunächst waren das die in Deutschland verlegten *Farbstofftabellen*[8] von Gustav Schultz, deren 1. Auflage 1888 herausgegeben wurde. Für den englischsprachigen Bereich wurde 1924 der erste *Colour Index* veröffentlicht. In dessen erster und zweiter Auflage sind noch die äquivalenten Schultz-Nummern tabellarisch erfasst. Mit der 2. Edition des *Colour Index*[9] 1956 wurde ein neues Klassifikationssystem eingeführt, das bis heute übliche ist. Seitdem hat sich der *Colour Index* als tabellarisches Referenz- und Nachschlagewerk international etabliert; die Bezeichnung von Farbmitteln mit dem jeweiligen CI Namen und der fünfstelligen Nummer ist in der Fachliteratur inzwischen obligatorisch geworden.

2.2.1. Farbstofftabellen nach G. Schultz

Die *Farbstofftabellen* von Gustav Schultz, eine deutschsprachige Übersicht aller im Handel befindlichen Farbstoffe, erschienen von 1888 bis 1934 in sieben Auflagen und waren jahrzehntelang ein internationales Standardwerk der Chemie. In tabellarischer Form wurden alle im jeweiligen Erscheinungsjahr bekannten synthetischen organischen und anorganischen Farbstoffe und Pigmente erfasst. Die Gliederung basiert auf einer nummerierten Liste, die nach chemischen Gesichtspunkten untergliedert ist. Ein Verzeichnis der kommerziellen Namen der Substanzen mit dem Verweis auf die jeweilige Nummer bietet die Grundlage zum Auffinden der chemischen Konstitution des jeweiligen Farbmittels.
Nach 1945 wurden die *Farbstofftabellen* nicht mehr neu aufgelegt: Nach dem Zweiten Weltkrieg hatte die deutsche chemische Industrie ihre dominierende Rolle verloren, und Englisch setzte sich als Wissenschaftssprache durch. Mit der 2. Auflage des *Colour Index* 1956 wurde dessen Systematisierungsprinzip zum internationalen Standard.

2.2.2. Der Colour-Index der Society of Dyers and Colourists (SDC)

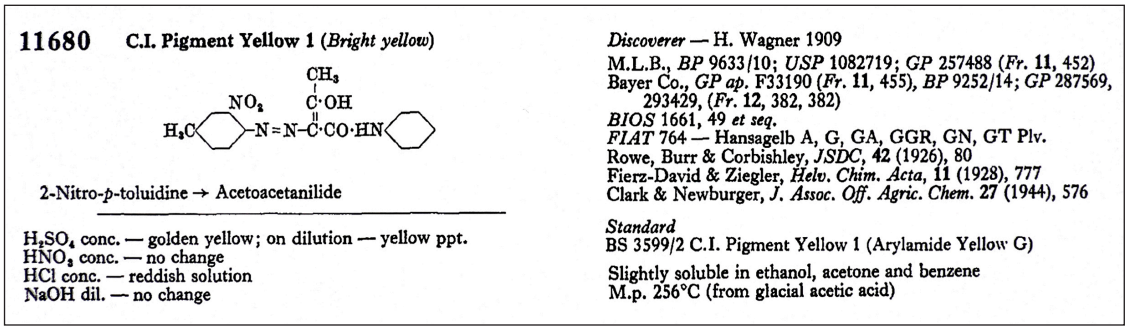
Der *Colour Index* erschien 1924 in erster Auflage in England, von Rowe herausgegeben. Die zweite Auflage wurde 1956 publiziert, jedoch auf Grundlage einer völlig überarbeiteten, neuen und bis heute gültigen Systematisierung; Herausgeber war nun die *Society of Dyers and Colorists* und *The American Association of Textile Chemists and Colorists*. In der ersten und zweiten Auflage des *Colour Index* sind noch die Schultz-Äquivalenznummern tabellarisch aufgelistet, ab der 3. Auflage (1971) wurde darauf verzichtet.
Für ein systematisches Arbeiten mit synthetischen organischen Pigmenten sind die *Colour-Index*-Bezeichnungen heute essentiell. Die *Colour Index*-Bezeichnung setzt sich jeweils aus einem *CI Generic Name* und der fünfstelligen *CI Constitution Number* zusammen. Der *Generic Name* inkludiert drei Informationen über das jeweilige Farbmittel: Applikationseigenschaften, Farbton auf einem Substrat und eine fortlaufende Nummer innerhalb der Applikationsklasse, wie z. B. *Acid Yellow 1* für einen gelben sauren Farbstoff oder *Pigment Red 6* für ein rotes Pigment. Bei den Pigmentbenennungen ist die Abkürzung des *Generic names* üblich, wie beispielsweise PR für *Pigment Red* oder PY für *Pigment Yellow*.
Die fünfstellige *CI Constitution Number* richtet sich nach der chemischen Konstitution. Die Nummern werden nicht fortlaufend vergeben, sondern ermöglichen in der jeweiligen ‚Sequenz' noch Einträge für neue Farbmittel. Durch die strikte Einteilung nach chemischer Konstitution stehen innerhalb der chemischen Substanzklassen teilweise Farbmittel nebeneinander, die nicht in die gleiche Applikationsklasse gehören.
Unterscheiden sich Pigmente oder Farbstoffe nur durch das Metall oder die Säure zur Salzbildung, wird

8 Vgl. Schultz (1914); Schultz (1931).
9 Vgl. Colour Index, 1. Aufl. (1924-1928); 2. Aufl. (1956-1967); 3. Aufl. (1971-1998).

die fünfstellige *Constitution Number* durch eine sechste Zahl nach einem Doppelpunkt ergänzt, ebenso der *Generic Name*; bspw. PR 48:1 (Bariumsalz), PR 48:2 (Calciumsalz), PR 48:3 (Strontiumsalz).
An dieser Stelle sei noch auf die Verwendung des Begriffes *Toner* hingewiesen. Als *Toner* werden laut *Colour Index* alle jene synthetischen organischen Pigmente bezeichnet, die durch Verlackung eines wasserlöslichen Farbstoffs mit einem geeigneten Fällungsmittel hergestellt wurden (Farbstoff-Salze). In der 1971er Edition des *Colour Index* wird darauf hingewiesen, dass *Toner* in Großbritannien zuvor lange für die Benennung von Volltonpigmenten (*Full strength*) im Gegensatz zu Verschnittpigmenten (*Extended*) in Verwendung war, sich dies aber geändert habe, während man in den USA diese früher übliche Definition beibehalten habe. Der Begriff *Lakes* bezeichnet im Gegensatz zu den *Tonern* solche Pigmente, bei denen das Substrat (Aluminiumhydroxid, Blanc Fixe etc.) integraler Bestandteil des Pigments ist; dabei handelt es sich vor allem um die Verlackungen von Beizenfarbstoffen, wie z.B. PR 83/Lake of Mordant Red 11.[10]
Über die alphabetisch geordneten Listen der *Commercial Names* (Handelsnamen), lassen sich die gesuchten Farbmittel recherchieren. Das sehr umfangreiche Nachschlagewerk wird seit der 4. Edition 2003 Online publiziert; die älteren Ausgaben (1. bis 3. Edition, 1924 bis 2000) sind auf DVD erhältlich und umfassen über 17000 gescannte Seiten.[11]

Tab. 6: Klasseneinteilung nach chemischer Konstitution (Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Volume 4, Preamble).

	CI Nummern		**CI Nummern**
Nitroso	10000-10299	Indiamine	49400-49699
Nitroso	10300-10999	Indophenol	49700-49999
Monoazo	11000-19999	Azine	50000-50999
Disazo	20000-29999	Oxazine	51000-51999
Trisazo	30000-34999	Thiazine	52000-52999
Polyazo	35000-36999	Sulfur	53000-54999
Azoic	37000-39999	Lactone	55000-55999
Stilbene	40000-40799	Aminoketone	56000-56999
Carotenoid	40800-40999	Hydroxyketone	57000-57999
Diphenylmethane	41000-41999	Anthrachinone	58000-72999
Triarylmethane	42000-44999	Indigoid	73000-73999
Xanthene	45000-45999	Phthalocyanine	74000-74999
Acidine	46000-46999	Natural	75000-75999
Quinoline	47000-47999	Oxidation Bases	76000-76999
Methine	48000-48999	Inorganic Pigments	77000-77999
Thiazole	49000-49399		



11680 **C.I. Pigment Yellow 1** (*Bright yellow*)

2-Nitro-*p*-toluidine → Acetoacetanilide

H_2SO_4 conc. — golden yellow; on dilution — yellow ppt.
HNO_3 conc. — no change
HCl conc. — reddish solution
NaOH dil. — no change

Discoverer — H. Wagner 1909
M.L.B., *BP* 9633/10; *USP* 1082719; *GP* 257488 (*Fr.* **11**, 452)
Bayer Co., *GP ap.* F33190 (*Fr.* **11**, 455), *BP* 9252/14; *GP* 287569, 293429, (*Fr.* **12**, 382, 382)
BIOS 1661, 49 *et seq.*
FIAT 764 — Hansagelb A, G, GA, GGR, GN, GT Plv.
Rowe, Burr & Corbishley, *JSDC*, **42** (1926), 80
Fierz-David & Ziegler, *Helv. Chim. Acta*, **11** (1928), 777
Clark & Newburger, *J. Assoc. Off. Agric. Chem.* **27** (1944), 576

Standard
BS 3599/2 C.I. Pigment Yellow 1 (Arylamide Yellow G)

Slightly soluble in ethanol, acetone and benzene
M.p. 256°C (from glacial acetic acid)

Abb. 5: Beispiel für einen *Colour Index* - Eintrag (Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Volume 4, S. 4023).

10 Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), S. 3267.
11 Colour Index (2005); International Heritage Edition/DVD.

2.3. Klassifizierung synthetischer organischer Pigmente nach chemischer Konstitution

Zur Klassifizierung synthetischer organischer Pigmente bietet sich grundsätzlich eine Gliederung in Azopigmente und polycyclische Pigmente an. Diese können wiederum in eine Vielzahl von Untergruppen unterteilt werden. Innerhalb der Azopigmente wird diese systematische Aufteilung durch die unterschiedlichen Kupplungskomponenten vorgenommen, während sich die polycyclischen Pigmente durch Grundkörper oder Anzahl der Ringe unterscheiden lassen.[12]
Das folgende Kapitel dient der Pigmentklassen-Übersicht und folgt dabei der maßgeblichen Literatur.[13]

Tab. 7: Einteilungsprinzip der synthetischen organischen Pigmente, nach Herbst/Hunger (1995), S. 4-11.

		Pigmentklassen und Untergruppen*	
Azopigmente		Monoazogelb- und -orangepigmente	
		Disazopigmente	→ Diarylgelbpigmente → Disazopyrazolon-Pigmente → Bisacetessigsäureanylid- Pigmente
		ß-Naphthol-Pigmente	
		Naphthol AS Pigmente	
		Verlackte Azopigmente	→ verlackte ß-Naphthol-Pigmente → verlackte BONS-Pigmente → verlackte Naphthol AS-Pigmente → verlackte Naphthalinsulfonsäure-Pigmente
		Benzimidazolon-Pigmente	
		Disazokondensations-Pigmente	
		Metallkomplexpigmente	
		Isoindolinon- und Isoindolin-Pigmente	
Polycyclische Pigmente		Phthalocyanin-Pigmente	
		Chinacridon-Pigmente	
	Küpenfarbstoffe	Perylen- und Perion Pigmente	
		Thioindigo-Pigmente	
		Anthrachinon-Pigmente	→ Aminoanthrachinon-Pigmente → Hydroxyanthrachinon-Pigmente → Heterocyclische Antrachinon-Pigmente • Anthrapyrimidin-Pigmente • Indanthron-Pigmente • Flavanthron-Pigmente → Polycarbocylische Anthrachinon-Pigmente • Pyranthron-Pigmente • Anthanthron-Pigmente • Isoviolanthron-Pigmente
		Dioxazin-Pigmente	
		Triarylcarbonium-Pigmente	→Innere Salze von Triphenylmethan-sulfonsäuren →Farbstoffsalze mit komplexen Anionen
		Chinophthalon-Pigmente	
		Diketo-pyrrolo-pyrrol-Pigmente	
Andere		Anilinschwarz	

*Einteilungsprinzip der synthetischen organischen Pigmente, nach Herbst/Hunger (1995), S. 4-11

12 Herbst/Hunger (1995), S. 4-11.
13 Herbst/Hunger (1995); ergänzt durch Daten aus: Colour Index, 2. Aufl. (1956-1967) und 3. Aufl. (1971-1998), Lewis (1988), Lenoir (1971).

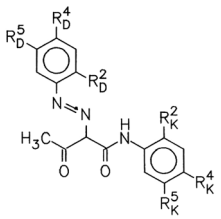
2.3.1. Azopigmente

Die Azopigmente werden durch die Existenz mindestens einer Azogruppe [-N=N-] im Molekül definiert. Für die Unterteilung innerhalb der Azopigmente ist die vorhandene Azogruppen-Anzahl ausschlaggebend bzw. wird nach der Art der Diazo- oder Kupplungskomponente unterschieden.

2.3.1.1. Monoazogelb- und Monoazoorangepigmente

Monoazogelbpigmente[14] werden *„durch Kupplung diazotierter substituierter Aniline auf Kupplungskomponeten mit einer methylenaktiven Gruppierung in linearer Anordnung“* hergestellt.[15] Das erste Pigment wurde 1909 patentiert und kam 1910 als *Hansagelb G* auf den Markt. Neben Pigmenttypen mit Acetessigsäurearyliden als Kupplungskomponente (Vgl. Tab. 8), werden auch einige Pigmente durch Kupplung mit Pyrazolon-Derivaten hergestellt, bspw. PY 10 (12710); PO 6 (12730). Die Farbtöne der Pigmentklasse reichen vom grünstichigen bis rotstichigen Gelb bzw. gelblichen Orange.
Abgesehen von unverlackten Monazogelb- und Orangepigmenten unterscheidet man verlackte Typen, die in der Regel eine Sulfonsäuregruppe in der Disazokomponente enthalten und durch Salzbildung hergestellt werden. Ein frühes verlacktes Monoazogelbpigment ist PY 100 (Acid Yellow 4), ein Aluminiumlack des Tartrazins.
In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde die Forschung auf dem Sektor der Monoazogelbpigmente intensiv vorangetrieben und etliche neue Pigmente auch den Markt gebracht, die bessere technische Eigenschaften als die älteren Typen aufweisen, so bspw. PY 73 (11738), 1957 eingeführt).[16]

Tab. 8: Ausgewählte Monoazogelbpigmente (unverlackt), Acetessigsäurearylide als Kupplungskomponenten [nach Herbst/Hunger (1995), S. 228].



C.I. Name	Formel Nr.	R_D^2	R_D^4	R_D^5	R_K^2	R_K^4	R_K^5	Farbton	Patentjahr/ Markt-einführung*	früher Handels-name**
PY 1	11680	NO_2	CH_3	H	H	H	H	gelb	1909/1910	*Hansagelb G*
PY 2	11730	NO_2	Cl	H	CH_3	CH_3	H	rotstichig-gelb	1911/~1928	*Hansagelb GR*
PY 3	11710	NO_2	Cl	H	Cl	H	H	stark grünstichig-gelb	1911/1912	*Hansagelb 10G*
PY 5	11660	NO_2	H	H	H	H	H	stark grünstichig-gelb	1909/~1928	*Hansagelb 5G*
PY 6	11670	NO_2	Cl	H	H	H	H	gelb	1909/~1928	*Hansagelb 3G*
PY 65	11740	NO_2	OCH_3	H	OCH_3	Cl	OCH_3	rotstichig-gelb	1936	*Hansagelb 3RN*
PO 1	11725	NO_2	OCH_3	H	CH_3	H	H	stark rotstichig	1926	*Hansagelb 3R*
PY 73	11738	NO_2	Cl	H	OCH_3	H	H	gelb	1957	*Hansagelb GX*

*Markteinführung: Vgl. Lake/Lomax (2007), S. 186.
**Die Buchstaben beschreiben die Nuance des Gelbpigments (G = grünlich; R = rötlich); die Höhe der Ziffern definiert die Intensität des jeweiligen Farbtons (neuere Pigmente weichen ev. davon ab). Vgl. Lake/Lomax (2007), S. 183.

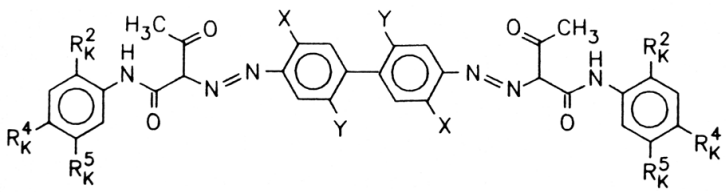
14 Herbst/Hunger (1995), S. 219-243; Lake/Lomax (2007), S. 179-222.
15 Herbst/Hunger (1995), S. 219.
16 Lake/Lomax (2007), S. 186.

2.3.1.2. Disazopigmente

Disazopigmente[17] weisen zwei Azogruppen im Molekül auf. Die Pigmentklasse umfasst nur einfache Disazopigmente, die im Wesentlichen zwei verschiedenen Strukturtypen entsprechen: Pigmente mit bifunktioneller Disazo- oder Kupplungskomponente. Zu der erstgenannten Gruppe gehören Diaminodiphenyl- Verbindungen, mit Acetessigsäurearyliden (Diarylgelbpigmente) oder Pyrazolonen (Diazopyrazolonpigmente) als Kupplungskomponente; zu der zweiten Gruppe zählen Verbindungen einfacher aromatischer Amine[18] mit Bisacetessigsäurearyliden als Kupplungskomponente (Bisacetessigsäurearylid-Pigmente).
Im Allgemeinen weisen Disazopigmente eine geringere Licht- und Wetterbeständigkeit, aber bessere Migrations- und Lösemittelechtheit auf, als Pigmente der Monoazogelb- und Orangeklasse; die Farbtonpalette der Pigmentklassen ist aber ähnlich.

A: Diarylgelbpigmente
Obwohl Diarylpigmente schon 1911 (*Griesheim-Elektron*) patentiert wurden, kamen sie erstmals in den 1930er Jahren für die Pigmentierung von Kautschuk zum Einsatz. In den USA begann man etwa 1938 (in Europa erst nach 1945), Diarylgelbpigmente für Druckfarben zu verwenden.[19]

Tab. 9: Ausgewählte Diarylgelbpigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 252].



C.I. Name	Formel Nr.	X	Y	R_K^2	R_K^4	R_K^5	Farbton	Patent-Jahr*	früher Handelsname
PY 12	21090	Cl	H	H	H	H	gelb	1911	
PY 13	21100	Cl	H	CH_3	CH_3	H	gelb	1911	*Vulcanechtgelb GR*
PY 14	21095	Cl	H	CH_3	H	H	gelb	1911	*Vulcanechtgelb G*
PY 17	21105	Cl	H	OCH_3	H	H	grünstichig-gelb	1911	
PO 15	21130	CH_3	H	H	H	H	gelbstichig-orange		

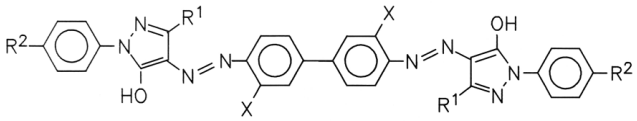
*Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 245: Markteinführung erst Mitte der 1930er Jahre.

17 Herbst/Hunger (1995), S. 5 und S. 244-279.
18 Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 270: Keine Aminobenzamide oder -anilide, wie bei den Disazokondensationspigmenten, die in einer eigenen Pigmentkategorie klassifiziert werden.
19 Herbst/Hunger (1995), S. 245.

B: Diazopyrazolonpigmente

Auch Disazopyrazolonpigmente wurden schon um 1910 patentiert, kamen aber wie die Diarylgelbpigmente erst in den 1930ern für die Kautschukeinfärbung auf den Markt.[20]

Tab. 10: Ausgewählte Diazopyrazolonpigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 275].



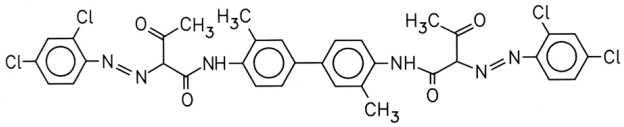
C.I. Name	Formel Nr.	X	R^1	R^2	Farbton	Patent-Jahr	früher Handelsname
PO 13	21110	Cl	CH_3	H	gelbstichig-orange	1910*	*Permanentorange G*
PR 38	21120	Cl	$COOC_2H_5$	H	rot	1930er*	*Vulcanechtrot B* (Pyrazolone Red)

*Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 273: PO 13 kam erst in den 1930ern auf dem Markt; Pyrazolonrotpigmente (wie PR 38) wurden in den 1930ern entwickelt und auch auf den Markt gebracht .

C: Bisacetessigsäurearylid-Pigmente

Disazopigmente des Typus der Bisacetessigsäurearylide weisen bifunktionelle Kupplungskomponenten auf, die aus aromatischen Aminen synthetisiert werden. Erstmal in den 1920er Jahren patentiert, sind in der Klasse nur wenige Pigmente vertreten, die Beutung hatten bzw. haben.

Tab. 11: Bisacetessigsäurearylid-Pigment PY 16 [nach Herbst/Hunger (1995), S. 270].



C.I. Name	Formel Nr.	Kupplungskomponente	Farbton	Patent-Jahr	früher Handelsname
PY 16	20040	4,4'-Bisacetoacetylaminodiphenyl-Derivate	mittleres Gelb	1921*	P*ermanentgelb NGG**

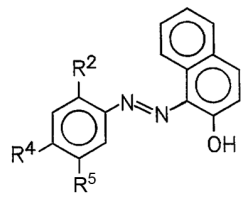
*Vgl. Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Vol. 4, S. 4140.

2.3.1.3. ß-Naphthol-Pigmente

Die Pigmente der ß-Naphthol-Klasse[21] werden durch Kupplung diazotierter Amine oder MNPT (*m*-Nitro-*p*-Toluidine) mit ß-Naphthol hergestellt und decken einen Farbtonbereich von gelbstichig-orange bis blaustichig rot ab. Zu der Pigmentklasse gehören einige der ältesten[22] synthetischen organischen Pigmente, wie bspw. das 1885 patentierte und 1889 eingeführte Pararot (PR 1, 12070) sowie das 1904 entdeckte Toluidinrot (PR 3, 12120). Orangefarbige ß-Naphthol-Pigmente sind das 1895 patentierte Ortho-Nitranilinorange (PO 2, 12060), ein Stellungsisomer des PR 1 und Dinitroanilinorange (PO 5, 12075).[23]

20 Herbst/Hunger (1995), S. 273.
21 Herbst/Hunger (1995), S. 280-289.
22 Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 281: Zunächst als Entwicklungsfarbstoffe für textile Färbungen angewandt, folgte bald die Kupplung in Gegenwart eines anorganischen Trägermaterials bei der Farblackfabrikation, bis erkannt wurde, dass die Substrate keinen Einfluss auf die Echtheiten der Farbmittel haben und reine Verbindungen produziert wurden.
23 Herbst/Hunger (1995), S. 280-283.

Tab. 12: Ausgewählte ß-Naphthol-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 285].



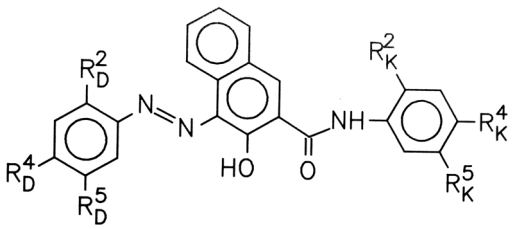
C.I. Name	Formel Nr.	R^2	R^4	Farbton	Patentjahr/ Markteinführung**	Trivialname***	früher Handelname****
PO 2	12060	NO_2	H	orange	1895	Orthonitranilinorange	-
PO 3	12150	CH_3	NO_2 (R^5)	rötlich-orange	1904	-	-
PO 5	12075	NO_2	NO_2	rötlich-orange	1907	Dinitranilinorange	*Permanentrot GG*
PR 1	12070	H	NO_2	bräunlich-rot	1885/1889	Pararot/Paratoner	*Pigmentrot B*
PR 3	12120	NO_2	CH_3	gelblich bis bläulich-rot*	1904/1905	Toluidinrot	*Hansarot B*
PR 4	12085	Cl	NO_2	gelblich-rot	1907	chloriertes Pararot	*Permanentrot R*
PR 6	12090	NO_2	Cl	gelblich-rot	1906	Parachlorrot	*Hansarot GG*
-	12080	NO_2	Cl (R^5)	orange	1906	-	*Tuscalinorange GN*

* Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 287-288: Der Farbton von PR 3 variiert je nach Teilchengröße: feinteiligere Pigmente sind gelblicher; grobteiligere eher blaustichig.
** Vgl. De Keijzer (1999), S. 369-370.
*** Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 280-289.
**** Vgl. Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Vol. 4, S. 4030-4031.

2.3.1.4. Naphthol AS-Pigmente

Monoazopigmenten der Naphthol AS-Klasse ist gemein, dass als Kupplungskomponenten 2-Hydroxy-3-naphthoesäurearylide verwendet werden.[24] Das Spektrum der Farbtöne entspricht etwa dem der ß-Naphthol-Pigmente, reicht aber bis in den extrem blaustichigen Rotbereich hinein (PB 25, 21180; rotstichiges Marineblau). In der Pigmentklasse unterscheidet man zwei Gruppen: Verbindungen mit einfachen Substituenten in der Disazokomponente und Pigmente mit Sulfonamid- und Carbonamidgruppen, die eine verbesserte Lösemittel- und Migrationsechtheit aufweisen. Die Anzahl der marktrelevanten Naphthol AS-Pigmente ist verhältnismäßig groß; Herbst/Hunger (1995) listen über 50 verschiedene Typen auf. [25]

Tab. 13: Ausgewählte Naphthol AS-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 297].



C.I. Name	Formel Nr.	R_D^2	R_D^4	R_D^5	R_K^2	R_K^4	R_K^5	Farbton	Patent-Jahr	früher Handelsname*
Gruppe 1 (einfache Substituenten)										
PR 2	12310	Cl	H	Cl	H	H	H	rot	1911	*Permanentrot FRR*
PR 7	12420	CH_3	Cl	H	CH_3	Cl	H	blaustichig-rot	1921	*Permanentrot F4RH*

24 Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 290: AS = ‚Amid einer Säure'; Bezeichnung für das 2-Hxdroxy-3-naphthoesäureanilid.
25 Herbst/Hunger (1995), S. 290-324.

PR 8	12335	CH_3	H	NO_2	H	Cl	H	blaustichig-rot	1911	*Permanentrot F4R*
PR 9	12460	Cl	H	Cl	OCH_3	H	H	gelbstichig-rot	1922	*Permanentrot FRLL*
PR 10	12440	Cl	H	Cl	H	CH_3	H	gelbstichig-rot	1921	*Permanentrot FRL*
PR 21	12300	Cl	H	H	H	H	H	gelbstichig-rot	1911	*Permanentrot FR*
Gruppe 2 (Carbonamid-, Sulfonamidgruppen)										
PR 5	12490	OCH_3	H	$SO_2N(C_2H_5)_2$	OCH_3	OCH_3	Cl	carmin	1931	*Permanentcarmin FB*
PR 31	12360	OCH_3	H	$CONHC_6H_5$	H	H	NO_2	blaustichig-rot	1933	*Vulcanechtbordo BF*
PR 32	12320	OCH_3	H	$CONHC_6H_5$	H	H	H	rot	1933	*Vulcanechtrubin RF*

* Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 290-291: Obwohl die ersten Naphthol AS-Pigmente von *Griesheim-Elektron* als *Grela-Rots* auf den Markt gebracht wurden, konnten sich diese zunächst nicht gegen die günstigen ß-Naphthol-Pigmente durchsetzten. Erst in den 1920er/1930er Jahren wurden die Naphthol AS-Pigmente von der *I.G.* forciert (die *Permanent*-Handelsnamen sind aus dieser Zeit). Vgl. auch Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Vol. 4, S. 4035-4039.

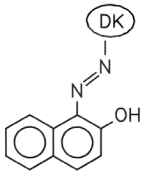
2.3.1.5. Verlackte Azopigmente

Unter roten verlackten Azopigmenten versteht man Farbmittel, die Sulfonsäure- bzw. Carbonsäuregruppen aufweisen und mit Erdalkalimetallen oder Mangan unlösliche Salze bzw. Pigmente bilden. Die Klasse umfasst vier verschiedene Gruppen: Verlackte ß-Naphthol-, BONS-, Naphthol-AS- und Naphthalinsulfonsäure-Pigmente. Die Farbtöne reichen von gelbstichigem bis blaustichigem Rot.[26]

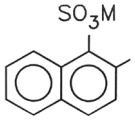
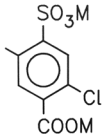
A: Verlackte ß-Naphthol-Pigmente

Verlackte ß-Naphthol-Pigmente sind schon sehr lange am Markt (z.B. *Litholrot* PR 49, 15630; 1899). Sie sind durch ihren Salzcharakter im Vergleich zu den ß-Naphthol-Pigmenten migrations- und lösungsmittelbeständiger, allerdings meist weniger lichtecht.[27]

Tab. 14: Ausgewählte verlackte ß-Naphthol Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 327].



DK = Rest der Diazokomponente

C.I. Name	Formel Nr.	Rest der Disazokomponente	M/2	Farbton	Patentjahr/ Markteinführung*	früher Handelsname bzw. Trivialname**
PR 49	15630		2Na*	gelbstichig-rot	1899/1900	*Litholrot*
PR 49:1	15630:1		Ba	gelbstichig-rot		
PR 49:2	15630:2		Ca	blaustichig-rot		
PR 53	15585		2Na*	scharlachrot	1902/1903	*Lackrot C*
PR 53:1	15585:1		Ba	scharlachrot		

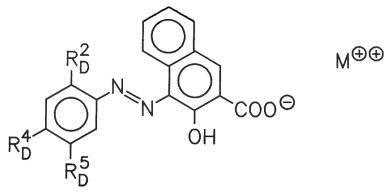
* Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 325-326: Die meist wasserlöslichen Na-Salze werden durch so genannte ‚Umverlackung' als unlösliche Erdalkali oder Mangansalze ausgefällt.
** Vgl. De Keijzer (1999), S. 370.

26 Herbst/Hunger (1995), S. 325-354.
27 Herbst/Hunger (1995), S. 326.

B: Verlackte BONS-Pigmente

Verlackte BONS-Pigmente weisen als gemeinsames Merkmal 2-Hydroxy-3-naphtoesäure (BONS = **B**eta-**O**xy**n**aphthoe**s**äure) als Kupplungskomponente auf. Als Disazokomponente werden sulfonsäuregruppenhältige aromatische Amine eingesetzt; daher besitzen die BONS-Pigmente zwei verlackbare saure Gruppen (Sulfon- und Carbonsäuregruppe).[28]

Tab. 15: Ausgewählte verlackte BONS-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 336].



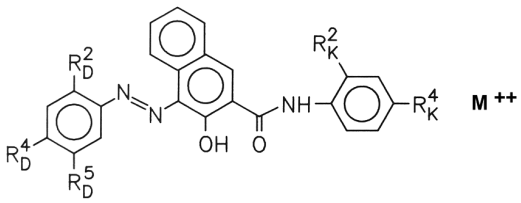
C.I. Name	Formel Nr.	R_D^2	R_D^4	R_D^5	M	Farbton	Patentjahr/ Markteinführung*	früher Handelsname
PR 48:1	15865:1	SO_3^-	CH_3	Cl	Ba	rot	?/ 1928	*Permanentrot 2B*
PR 48:2	15865:2	SO_3^-	CH_3	Cl	Ca	blaustichig-rot		
PR 52:1	15860:1	SO^{3-}	Cl	Cl	Ca	rubinrot	1910	
PR 57:1	15850:1	SO_3^-	CH_3	H	Ca	blaustichig-rot	1903	*Litholrubin BK***
PR 58:2	15825:2	H	Cl	SO_3^-	Ca	blaustichig-rot		*Litholrubin GK*

* Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 334; De Keijzer (1999), S. 371.
** Vgl. Colour Index, 2. Aufl. (1956-1967), S. 3077: *Litholrubin BN* ist ein Farbstoff; *Litholrubin BK* der Calciumlack.

C: Verlackte Naphthol AS-Pigmente

Verlackte Naphthol AS-Pigmente weisen eine oder zwei Sulfonsäuregruppen im Molekül auf und zeigen im Vergleich mit den Pigmenten der Naphthol-AS Klasse wesentlich verbesserte Lösemittel- und Migrationsechtheit. Die Pigmente sind seit den späten 1970ern auf dem Markt und vor allem für Kunststoffpigmentierungen von Bedeutung.[29]

Tab. 16: Ausgewählte verlackte Naphthol AS-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 348].



C.I. Name	Formel Nr.	R_D^2	R_D^4	R_D^5	R_K^2	R_K^4	M	Farbton	Markt-einführung*
PR 151	15892	SO_3^-	H	H	H	SO_3^-	Ba	rot	Ende 1970er/ Anfang 1980er

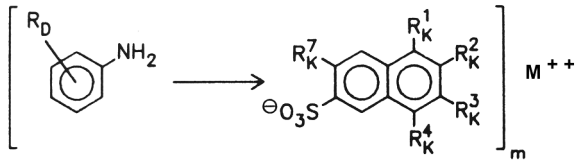
* Vgl. Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998) Vol. 7/ Second Supplement (1982), S. 7272: PR 151 erstmals im CI aufgeführt.

D: Verlackte Naphthalinsulfonsäure-Pigmente

Pigmente aus der Gruppe der verlackten Naphthalinsulfonsäure-Pigmente werden mit einem Naphthalinderivat als Kupplungskomponente hergestellt; diese weist ein oder zwei Sulfonsäuregruppen auf. Vertreter der Pigment-Kategorie waren schon sehr früh bekannt, wie bspw. PR 60 (16105), bzw. Mordant Red 9, welches bereits 1902 patentiert wurde.

28 Herbst/Hunger (1995), S. 334-337.
29 Herbst/Hunger (1995), S. 347-351.

Tab. 17: Ausgewählte verlackte Naphthalinsulfonsäure- Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 352].



C.I. Name	Formel Nr.	R_D	R_K^1	R_K^2	R_K^3	R_K^4	R_K^7	m	M	Farbton	Patent-jahr	früher Handelsname*
PR 60	16105:1	$2COO^-$	Kuppel-position	OH	SO_3^-	H	H	2	3 Ba	blaustichig-rot	1902	*Säurealizarinrot B/ Pigmentscharlach 3B*

* Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 353: Bei einigen Handelsmarken wird der Ba-Lack auf Aluminumoxidhydrat gefällt; teilweise wird Zinkoxid zugesetzt; daraus resultieren relativ komplexe chemische Zusammensetzungen.

2.3.1.6. Benzimidazolon-Pigmente

Bezimidazolon-Pigmente wurden in den 1960ern entwickelt. Dabei wurde versucht, verbesserte Lösemittel- und Migrationsechtheit durch die Einführung unlöslichmachender Substituenten zu erreichen; Benzimidazolon-Gruppierungen erwiesen sich dafür geeignet. Die 5-Aminocarbonylbenzimidazolon-Gruppierung ist Bestandteil aller Pigmenttypen der Klasse, wobei für die gelb-orangefarbenen Pigmente andere Kupplungskomponenten eingesetzt werden, als für die Herstellung der roten und braunen Benzimidazolon-Pigmente. Der Farbtonbereich der Pigmentklasse ist relativ breit: Vom grünstichigen Gelb über Orange und alle wichtigen Rotnuancen bis zum Braun.[30]

Tab. 18: Ausgewählte Benzimidazolon-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 364].

Gelb- und Orangepigmente					Rot- und Braunpigmente		
C.I. Name	**Formel Nr.**	**R_D^2**	**R_D^3**	**R_D^4**	**R_D^5**	**Farbton**	**Markteinführung***
PY 120	11783	H	$COOCH_3$	H	$COOCH_3$	gelb	1969
PO 36	11780	NO_2	H	Cl	H	orange	1964
PR 185	12516	OCH_3	---	SO_2NHCH_3	CH_3	car+min	1967

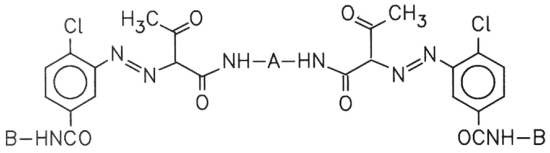
*Vgl. De Keijzer (1999), S. 372-374: Erste Patente für Benzimidazolon-Pigmente wurden 1960 in den USA angemeldet.

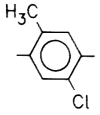
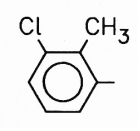
2.3.1.7. Disazokondensations-Pigmente

Die Verbesserung von Lösemittel- und Migrationsechtheiten kann neben dem Verlacken und der Einführung unlöslich machender Substituenten auch durch eine Vergrößerung des Pigmentmoleküls erreicht werden. Disazokondensationspigmente sind aus zwei Monoazopigmenten aufgebaut, die über eine aromatische Diaminocarbonamid-Brücke verbunden sind und sie weisen dadurch ein relativ hohes Molekulargewicht auf. Die den gelben und roten Farbbereich abdeckenden Pigmente wurden in den 1950er Jahren entwickelt.[31]

30 Herbst/Hunger (1995), S. 355-380.
31 Herbst/Hunger (1995), S. 380-398.

Tab. 19: Beispiel eines Disazokondensations-Pigments PY 93, 29710 [nach Herbst/Hunger (1995), S. 387].



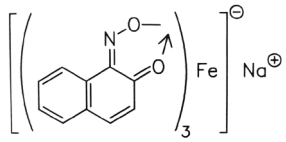
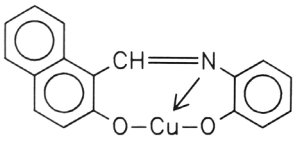
C.I. Name	Formel Nr.	A	B	Farbton	Patentjahr/ Markteinführung*
PY 93	20710			gelb	1950er/1992*

*Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 380: Die ersten roten Disazokondensationspigmente wurden in den frühen 1950er Jahren entwickelt.
**Vgl. Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Vol. 9 (1992), S. 9131: PY 93 erstmals im CI aufgeführt.

2.3.1.8. Metallkomplex-Pigmente

In die Gruppe der Metallkomplex-Pigmente werden Azo- und Azomethin-Metallkomplexe eingeordnet; andere Nichtazo-Metallkomplexpigmente, wie bspw. Phthalocyanin-Pigmente oder auch der Aluminium-Calcium-Komplex von Alizarin gehören nicht in die Gruppe und werden als polycyclische Pigmente anders klassifiziert.
Das älteste Pigment der Metallkomplex-Pigmentgruppe ist die Eisenkomplexverbindung des PG 8, das als *Pigmentgrün B* 1921 auf den Markt kam, heute aber wenig Bedeutung hat.[32] Nach PG 10, 12775 (Nickelkomplex, Markteinführung 1947) wurde erst in den 1970er Jahren begonnen, verbesserte Pigmente zu entwickeln; heute relevante Verbindungen sind vor allem Kupfer- oder Nickelkomplexe, gegebenenfalls auch Kobaltkomplexe. Die Pigmente decken ein Farbenspektrum vom grünstichigen bis rotstichigen Gelb bzw. gelbstichigen Orange ab.

Tab. 20: Ausgewählte Metallkomplex-Pigmente (PG 8, 10006; PY 129, 48042); nach Herbst/Hunger (1995), S. 405.

C.I. Name	Formel Nr.		Markteinführung
PG 8	10006	Azo-Metallkomplex 	1921*
PY 129	48042	Azomethin-Metallkomplex 	1992**

* Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 399: Der Komplex wurde schon 1885 von O. Hoffmann beschrieben, aber nicht als Patent eingereicht. 1921 wurde das Pigment dann von *BASF* auf den Markt gebracht.
** Vgl. Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Vol. 9 (1992), S. 9137: PY 129 erstmals im CI aufgeführt.

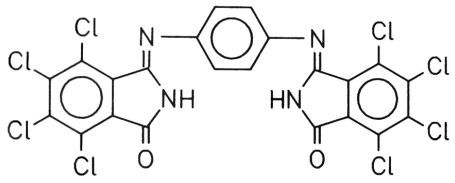
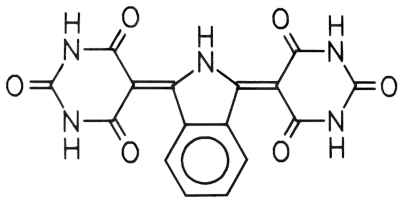
2.3.1.9. Isoindolinon- und Isoindolin-Pigmente

In der Pigmentgruppe der Isoindolinon- und Isoindolin-Pigmente werden Verbindungen des Azomethin-Typs oder Methin-Typs unterschieden; gemeinsames Strukturmerkmal ist der Isoindolin-Ring. Bei

32 Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 431: PG 8 gilt eigentlich als eines der ersten ‚reinen Nicht-Azopigmente', wird aber von den Autoren unter Azopigmenten/Untergruppe Metallkomplex-Pigmente beschrieben.

Azomethin-Typen (Tetrachlorisoindolinon-Pigmente; Tab. 21, PY 110) sind die Substituenten über eine Nitrogen-Bindung (N-), bei den Methin-Typen (Isoindolin-Pigmente, Tab. 21/ PY 139) über eine Carbon-Bindung (C=) mit dem Isoindolin-Ring verbunden. Verbindungen der Isoindolinon-Pigmentklasse wurden bereits 1946 bzw. 1952/53 patentiert, kamen aber erstmals 1965 auf den Markt, nachdem *Ciba-Geigy* entscheidende Verbesserungen der Eigenschaften durch Verwendung von Tetrachlorphthalimid statt Phthalimid gelangen. Isoindolin-Verbindungen wurden in den 1950ern patentiert, deren Bedeutung als Pigmente aber erst in den 1970ern erkannt. Die Pigment-Gruppe deckt den Farbtonbereich von gelben und orangen bis roten und braunen Nuancen ab.[33]

Tab. 21: Ausgewählte Isoindolinon- und Isoindolin-Pigmente (PY 110, 56280; PY 139, 56298); nach Herbst/Hunger (1995), S. 422-423.

C.I. Name	**Formel Nr.**		**Patentjahr/ Markteinführung**
PY 110	56280	 Tetrachlorisoindolinon-Pigment (Azomethin-Typ)	Ende der 1950er/ 1965*
PY 139	56298	 Isoindolin-Pigment (Methin-Typ)	1954/ 1973 (von *BASF* eingeführt)**

* Vgl. Herbst/Hunger (1995), S.413-414; Lewis (1988), S. 715: *ICI* ließ 1946 erstmals Isoindolinon-Farbstoffe patentieren, weitere folgten 1952-1953; *Giba-Geigy* konnte dann Ende der 1950er verbesserte Pigmente patentieren lassen, die Mitte der 1960er Jahre als *Irgazin*® und *Chromophtal*® eingeführt wurden. (J. van der Crone: *„Tetrachloroisoindolinone-Based Pigments“*. In: Lewis (1988), S. 713-720).
**Vgl. Lewis (1988), S. 704: *BASF*-Handelsmarken: *Paliotol®, Palioten®, Paliotan®, Sicoecht®; Ciba-Geigy:* Irgazin®, *Bayer: Fanchon®*; (J. van der Crone,*“Isoindoline-Based Pigments“*. In: Lewis ed. (1988), S. 703-711).

2.3.2. Polycyclische Pigmente

Unter dem Überbegriff ‚polycyclische Pigmente’ werden in der Literatur solche Pigmente zusammengefasst, die nicht zu den Azopigmenten gehören. Während letztere als gemeinsames Strukturmerkmal die Azogruppe aufweisen, haben polycyclische Pigmente sehr unterschiedliche chemische Konstitutionen und sind in dem Sinn keine einheitliche Pigmentklasse. Die meisten polycyclischen Pigmente weisen anellierte aromatische bzw. heteroaromatische Ringsysteme auf und werden nach Grundkörpern oder Anzahl der Ringe unterschieden.[34]

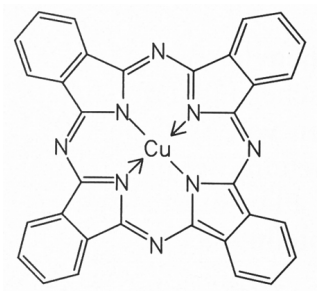
2.3.2.1. Phthalocyanin-Pigmente

Die Phthalocyanin-Pigmente sind historisch die ersten Verbindungen, die als Pigmente eingeführt und nicht aus Farbstoffen entwickelt wurden.
Kupferphthalocyaninblau kam 1935 auf den Markt; das durch Polychlorierung hergestellte Kupferphthalocyaningrün folgte 1938. Erst später wurden Phthalocyanine entwickelt, die als Farbstoffe eingesetzt werden konnten. Die Pigmente der Phthalocyanin-Klasse gehören chemisch zu den makrocyclischen Heterosystemen der Aza-[18]-Annulenreihe, deren planare Moleküle aufgrund

33 Herbst/Hunger (1995), S. 413-429.
34 Herbst/Hunger (1995), S. 431.

der durchkonjugierten Bindungen hohe Stabilität aufweisen. Die Verbindungen decken den blauen und grünen Farbtonbereich ab. Obwohl auch zahlreiche andere Metallkomplex-Verbindungen synthetisiert wurden, sind vor allem die Kupfer-Komplexe von Bedeutung. Kupferphthalocyaninblau kann in verschiedenen Kristallphasen (Modifikationen) vorliegen, die sich teilweise in Farbnuance und Anwendungseigenschaften unterscheiden; durch die polymorphen Eigenschaften kann es zur Phasenumwandlungen kommen, die durch verschiedene Stabilisierungsverfahren verhindert werden können.
Bei grünen Phthalocyaninen hängt der Farbton vom Grad der Halogenierung ab; Chlorierung führt vom grünlichen Blau bis zum blaustichigen Grün, Bromierung zum gelbstichigen Grün.[35]

Tab. 22: Ausgewählte Phthalocyanin-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 432 u. 450].

C.I. Name	Formel Nr.			Farbton	Patentjahr/ Markteinführung*
PB 15	74160		α-Modifikation; nicht stabilisiert gegen Phasen-wechsel	rotstichig-blau	1929/1935 (*ICI*; *Heliogen Blue G*)
PG 7	74260	14-15 Cl-Atome im Molekül		blaustichig-grün	1935/1938
PG 36	74265	4-9 Br; 8-2 Cl-Atome im Molekül		gelbstichig-grün	1957/1959, 1960**

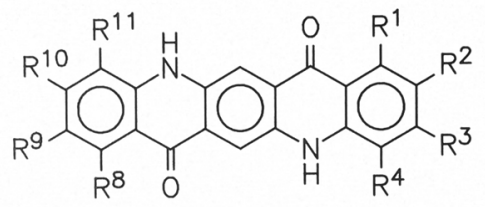
* Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 433; Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), S. 3570-3572.
**De Keijzer (1989), S. 16: 1959 auf dem amerikanischen Markt; 1960 in Europa.

2.3.2.2. Chinacridon-Pigmente

Die Pigmente der Chinacridon-Klasse[36] sind polycyclische Verbindungen mit 5 Ringen, die angular oder linear angeordnet sein können. In dem Ringsystem sind ein zentraler und zwei periphere aromatische Ringe durch jeweils einen 4-Pyridonring verbunden.[37] Die linearen Trans-Chinacridone sind die einzigen Verbindungen, die marktrelevant sind; sie können in verschiedenen Kristallmodifikationen vorliegen, allerdings sind nur die *ß*- und *γ*-Phasen von Bedeutung. Neben den unsubstituierten und substituierten Chinacridonen haben auch Mischphasenpigmente unsubstituierter Chinacridone mit Chinacridonchinon als Pigmente Bedeutung.[38]
Die Chinacridonpigmente sind noch eine relativ junge Pigmentklasse; die ersten Verbindungen kamen 1958 auf den Markt. Die hochechten Pigmente decken einen Farbtonbereich vom gelbstichigen Rot bis zu violetten Nuancen. Bedeutung haben auch die Goldtöne der Chinacridon-Chinacridonchinon-Mischphasen Pigmente.[39]

35 Herbst/Hunger (1995), S. 432-461.
36 Vgl. dazu auch Lomax (2005), S. 19-29: Die Publikation geht auf die Geschichte, Eigenschaften und Verwendung der Phthalocyanin- und Chinacridon-Pigmente unter Berücksichtigung ihrer Verwendung in Künstlerfarben und Malmaterialien ein.
37 Herbst/Hunger (1995), S. 462.
38 Herbst/Hunger (1995), S. 8.
39 Herbst/Hunger (1995), S. 462-473.

Tab. 23: Ausgewählte Chinacridon- und Chinacridonchinon Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 472].



C.I. Name	Formel Nr.	R^2	R^3	R^4	R^9	R^{10}	R^{11}	Farbton	Patentjahr/ Markteinführung	früher Handelsname
unsubstituiertes Chinacridon:										
PV 19	73900	H	H	H	H	H	H	rotviolett - blaustichig-rot; 5 verschiedene Modifikationen	1935, 1955/ 1958*	*Monastral Red B* und *Y; Monastral Violet R***
disubstituierts Chinacridon:										
PR 122	73915	CH_3	H	H	CH_3	H	H	4 Modifikationen; blaustichig-rot	Ende 1960er***	
Chinacridonchinone:										
PO 49	Mischphasen	Chinacridon (unsubstituiert) + Chinacridonchinon						goldgelb		

*Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 462: 1935 erstmals synthetisiert; 1955 technische Umsetzung (*DuPont*).
**Vgl. De Keijzer (1990), S. 222; Colour Index (1971), S. 4434; Ehrich, F. F., *„Quinacridone Pigments“*. In: Lewis (1988), S. 602: alle PV 19; verschiedene Modifikationen; Red B und Y (rot-violett) = β-Modifikation; Violet R (blaustichig-rot) = γ-Modifikation.
*** Vgl. Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Vol. 6 (1975), S. 6404: Konstitution bzw. Struktur 1970 veröffentlicht.

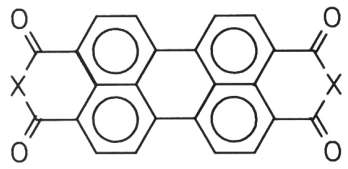
2.3.2.3. Perylen- und Perinon-Pigmente

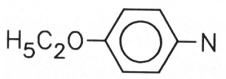
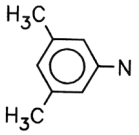
Die Perylen- und Perion-Pigmente zählen zu den Klassen, die aus Küpenfarbstoffen entwickelt wurden. Die Verbindungen sind substituierte Perylen-3, 4, 9, 10-tetracarbonsäure-Bisimide (Perylen) oder leiten sich von der Naphthalin-1, 4, 5, 8-tetracarbonsäure ab (Perinon). Bis in die 1950er Jahre wurden die Verbindungen der Klasse nur als Küpenfarbstoffe eingesetzt (Perylene ab 1913; Perinone ab 1924); seit Mitte der 1950er Jahre bekam die Verbindungsklasse dann für die Pigmententwicklung maßgebliche Bedeutung.[40]

Die Perylen-Farbtonpalette ist umfangreich und reicht von roten, bordeauxroten, violetten bis zu braunen und schwarzen Farbtönen. Von den orange bis bordeauxfarbigen Perinon-Pigmenten sind nur wenige Verbindungen von Bedeutung (PO 43, 71105; PR 194, 71100).[41]

40 Herbst/Hunger (1995), S. 482-484; Vgl. auch: Graser, F., *„Perylenes“*, S. 653-662. In: Lewis (1988).
41 Herbst/Hunger (1995), S. 485-494.

Tab. 24: Ausgewählte Perylen-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 486].



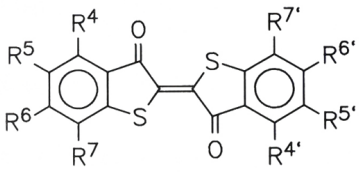
C.I. Name	Formel Nr.	X	Farbton	Patentjahr/ Markteinführung*
PR 123	71145		scharlach bis rot	1948/1952
PR 149	71137		rot	1956/1957
PR 179	71130	H_3C-N	rot bis braun	1959 (*BASF*)

*Vgl. Graser, F., *„Perylenes“*. In: Lewis (1988), S. 653-662.

2.3.2.4. Thioindigo-Pigmente

Auch Thioindigo-Pigmente gehören zu den aus Küpenfarbstoffen entwickelten Pigmenten und gehen auf Indigo als ältesten bekannten Küpenfarbstoff zurück. Die Verbindungen der Klasse sind Chlor oder bzw. und Methylgruppen substituierte Thioindigo-Derivate, die schon in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts entwickelt wurden. Technische Relevanz bekamen einige Thioindigo-Pigmente aber vor allem ab den 1950er Jahren, nachdem durch Nachbehandlung verbesserte Eigenschaften erreicht werden konnten. Die Farbtöne der Pigmente reichen von rot-violett bis zu braunen Nuancen; Art und Position der Substituenten wirken sich maßgeblich auf den Farbton aus.[42]

Tab. 25: Thioindigo-Pigment PR 88, 73312 [nach Herbst/Hunger (1995), S. 500].



C.I. Name	Formel Nr.	R^4	R^5	R^6	R^7	Farbton	Patentjahr/ Markteinführung
PR 88	73312	Cl	H	H	Cl	rot-violett	1907*/1950er Jahre*

*Vgl. Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), S. 4604.

42 Herbst/Hunger (1995), S. 500.

2.3.2.5. Mit Anthrachinon verwandte bzw. davon abgeleitete Pigmente

Als Gruppe so genannter Antrachinon-Pigmente werden verschiedene Verbindungen kondensierter Ringsysteme zusammengefasst, die sich alle vom Anthrachinon ableiten oder zumindest mit diesem verwandt sind. Die meisten Substanzklassen waren schon seit Beginn des 20. Jahrhunderts als Küpenfarbstoffe in Verwendung. Herbst/Hunger (1995) unterteilen diese Gruppe verschiedener polycyclischer Pigmente in Aminoanthrachinon-, Hydroxyanthrachinon- sowie heterocyclische und polycarbocyclische Anthrachinon-Pigmente.[43]

A: Aminoanthrachinon-Pigmente
Die rotstichig-gelben bis blaustichig-roten Verbindungen der Gruppe stammen von 1-Aminoanthrachinon ab. Zu der Pigmentklasse gehören die erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts entwickelten Anthrachinon-Azopigmente mit 1-Aminoanthrachinon als Disazokomponente. Andere Aminoanthrachinon-Pigmente sind teilweise solche mit freien Aminogruppen oder Verbindungen, deren primäre Aminogruppe durch bspw. einen Heteroaryl-Rest substituiert ist. Einige Pigmente dieser Gruppe sind schon sehr lange bekannt, wie z.B. PR 89 (60745).[44]

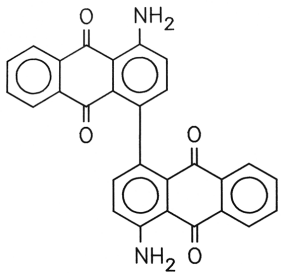
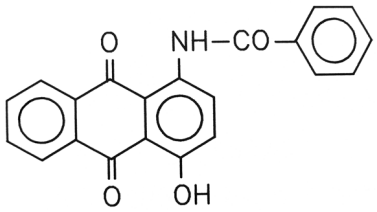
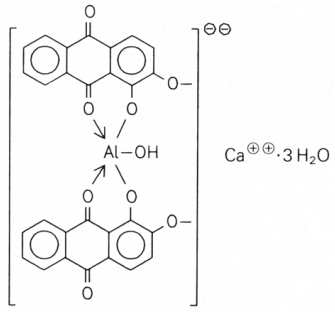
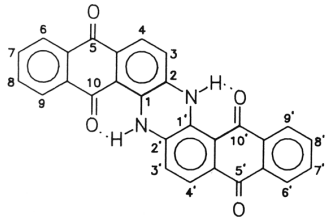
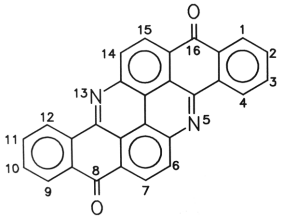
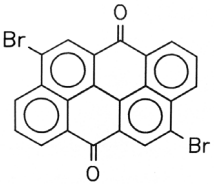
B: Hydroxyanthrachinon-Pigmente
Die blaustichig-roten bis marronfarbenen Pigmente der Hydroxyanthrachinon-Gruppe können in Metallsalze von Hydroxyanthrachinonen und Hydroxyanthrachinonsulfonsäure unterteilt werden. Die bekannteste Verbindung dieser Klasse ist Alizarin-‚Lack', ein Komplexsalz des 1,2 Hydroxyanthrachinons, das heute als Calciumlack als PR 83:1 (58000:1) im Handel ist und nicht mehr wie in früherer Zeit an Aluminiumoxydhydrat adsorbiert vorliegt. Das Pigment hat allerdings kaum noch wirtschaftliche Bedeutung.[45]

C: Heterocyclische Antrachinon-Pigmente
In der Kategorie der heterocyclischen Antrachinon-Pigmente werden Anthrapyrimidin-Pigmente sowie Indanthron- und Flavanthron-Pigmente systematisiert. Der Farbtonbereich der Verbindungen deckt den gelben und blauen Bereich ab. Von den Anthrapyrimidin-Pigmenten hat das 1935 patentierte Vat Yellow 20 (68420) als PY 108 (ebenfalls 68420) Bedeutung. Verbindungen der Indanthron- und Flavanthrongruppe waren als *Indanthren*-Pigmente schon in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wichtige Farbmittel mit hoher Stabilität.[46]

D: Polycarbocyclische Anthrachinon-Pigmente
Die polycarbocyclischen Anthrachinon-Pigmente sind Verbindungen, die chemisch zu den höher kondensierten carbocyclischen Chinonen gehören. In der Gruppe wird zwischen Pyranthron-, Anthanthron- und Isoviolanthron-Pigmenten unterschieden. Die orange bis roten Pyranthron-Pigmente sind halogenierte Derivate des mit Flavanthron verwandten Pyranthron Grundgerüsts. Die einzelnen Verbindungen unterscheiden sich durch Typ und Anzahl der Halogenatome (meist zwei bis vier pro Molekül). Anthanthron-Pigmente sind halogenierte Abkömmlinge des Anthanthrons; die Farbtöne liegen im rötlichen bis gelbstichigen Orangebereich. Auch die rotstichig-violetten Isoviolanthron-Pigmente sind halogenierte Derivate des Grundgerüsts der namensgebenden Verbindung. Obwohl das Isoviolanthron schon lange als blauer Küpenfarbstoff verwendet wurde (1907 patentiert), sind als Pigmente nur die erwähnten Halogenabkömmlinge von Bedeutung.[47]

43 Herbst/Hunger (1995), S. 503.
44 Herbst/Hunger (1995), S. 503-511.
45 Herbst/Hunger (1995), S. 511-513.
46 Herbst/Hunger (1995), S. 515-521.
47 Herbst/Hunger (1995), S. 521-531.

Tab. 26: Anthrachinon-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 503-530].

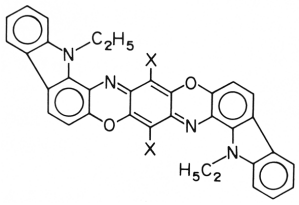
Pigment-Klasse	**Einzelne Pigmente (Beispiele)**	
Aminoanthrachinon-Pigmente*	 PR 177, 65300 (Patent 1909; Markteinführung 1960er)	 PR 89, 60745 (Patent/ Markt 1909; *Helioechtrosa RL*)
Pigment-Klasse	**Einzelne Pigmente (Beispiele)**	
Hydroxyanthrachinon-Pigmente**	 Al-Ca-Komplex des 1,2 -Hydroxyanthrachinon PR 83, 58000 (Alizarin Patent: 1868)	
Heterocyclische Anthrachinon-Pigmente***	 PB 60, 69800 (Vat Blue 4); Patent 1901 (*Indanthrenblau RS*)	 PY 24, 70600 (Vat Yellow 1); Patent 1901 (*Indanthrengelb G*)
Polycarbocyclische Anthrachinon-Pigmente******	 PR 168, 59300 (Patent 1913/ als Küpenfarbstoff)	

* Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 506-507.
** Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 511.
*** Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 515-517.
**** Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 527.

2.3.2.6. Dioxazin-Pigmente

Die Pigmentklasse der Dioxazin-Pigmente leitet sich vom Triphendioxazin ab; schon 1928 wurden einige Direktfarbstoffe mit dieser Grundstruktur patentiert, aber erst 1953 ein Pigment dieser Klasse synthetisiert, das entsprechende Echtheiten und Farbstärke ausweist (PV 23, 51319, auch als Carbazolviolett bezeichnet). Das blaustichig, violette PV 23 ist das wichtigste Pigment der Klasse; es kann in verschiedenen Kristallmodifiaktionen vorliegen. Außer dieser Verbindung hat nur noch PV 37, 51345 Marktrelevanz.

Tab. 27: Dioxazin-Pigment PV 23, 51319 [nach Herbst/Hunger (1995), S. 531-538].

C.I. Name	Formel Nr.		Farbton	Patentjahr/ Markteinführung
PV 23	51319		blaustichig-rotes Violett	1928 (1935)/ 1952, 1953*
*Vgl. De Keijzer (1990), S. 222; Herbst/Hunger (1995), S. 531-532: *Hoechst* konnte schon 1928 einige Direktfarbstoffe (*Siriuslichtblau*-Marken) patentieren lassen, die vom Triphendioxazin abgeleitet waren. 1935 werden die Oxazine als Farbstoffe und Pigmente in einem U.S.-Patent erwähnt. Erst 1952 kann *Hoechst* ein Pigment (PV 23) patentieren lassen, das schließlich 1953 als *Permanentviolett RL* auf den Markt kommt.				

2.3.2.7. Triarylcarbonium-Pigmente

Triarylcarbonium-Pigmente sind Salze basischer Farbstoffe, die als gemeinsames Strukturmerkmal die Triarylcarbonium-Gruppe aufweisen. Pigmente aus basischen bzw. kationischen Farbstoffen wurden historisch gesehen schon sehr früh hergestellt; allerdings waren die durch Fällung mit Tannin/ Brechweinstein auf ein mineralisches Substrat (Al-, Ba- oder Ca-Sulfat) hergestellten Lacke nur wenig lichtecht.[48] Bessere Beständigkeit wird durch Bildung innerer Salze von Sulfonsäuren oder Komplexierung der Farbstoffe mit komplexen anorganischen Säuren erreicht. In der englischen Fachliteratur wird deshalb bei den Triarylcarbonium-Pigmenten auch zwischen *fugitive*- und *permanent basic dye-based pigments* unterschieden.[49] Während die oben erwähnten unbeständigen Lacke heute keine Bedeutung mehr haben, werden die technisch wichtigen Verbindungen der permanenten Triarylcarbonium-Pigmente in zwei Gruppen unterschieden: Alkaliblau-Typen (innere Salze von Sulfonsäuren) und Farbstoff-Salze mit komplexen anorganischen Anionen.

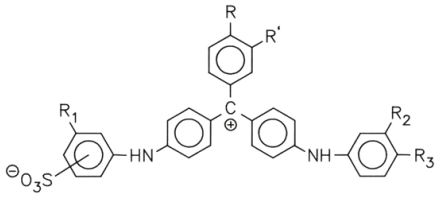
Pigmente des Alkaliblau-Typs sind Derivate des Triaminophenylmethans und leiten sich vom phenyliertem Rosanilin ab. Der Pigment-Typ ist schon seit 1862 bekannt. Die Alikaliblautyp-Pigmente des Handels sind reaktionstechnisch bedingt immer Gemische; dabei wird immer die *Colour Index*-Nummer der Hauptkomponente angegeben. [50]

Die durch Fällung mit Heteropolysäuren synthetisierten Triarylcarbonium-Pigmente mit komplexen Anionen wurden 1913 patentiert. Die Art der Farbstoff-Kationen unterscheidet man in zwei Typen: Triphenyl- bzw. Diphenylnaphthylderivate und Phenylxanthenderivate. Als Heteropolysäuren kommen Phosphorwolfram- oder Phosphormolybdänsäure bzw. Phosphorwolframmolybdänsäure, gegebenenfalls auch Kupfer-1-hexacyanoeisen-2-säure sowie Siliciummolybdänsäure zum Einsatz. Strukturell sind die Farbstoff-Kationen mit den komplexen anorganischen Säureanionen salzartig verbunden, z.B. $(Farbstoffrest)_3\ [P(Mo_3O_{10})_4]$ oder $(Farbstoffrest)_3\ [P(Mo_3O_{10})_3\,(W_3O_{10})]$.[51]

48 Herbst/Hunger (1995), S. 239.
49 Vgl. Lewis, P. A., *„Permanent Basic Dye-Based Pigments“*. In: Lewis (1988), S. 579-586; Kapoor, S. D., *„Fugitive Basic Dye-Based Pigments“*. In: Lewis (1988), S. 573-578.
50 Herbst/Hunger (1995), S. 540-541.
51 Herbst/Hunger (1995), S. 548-550.

Tab. 28: Triarylcarbonium-Pigmente des Alkaliblau-Typs [nach Herbst/Hunger (1995), S. 545].

Triarylcarbonium: Alkaliblau-Typen

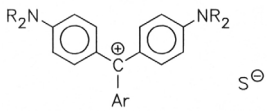


C.I. Name	Formel Nr.	R	R‘	R1	R2	R3	Farbton	Patentjahr/ Markteinführung
PB 18*	42770:1	C_6H_5NH	H	H	H	H	rotstichig blau	C.I. Acid Blue 48 (1862 entdeckt; *Reflexblau B*)**
PB 19	42750:1	NH_2	CH_2	H	H	H		C.I. Acid Blue 110 (1862 entdeckt)***

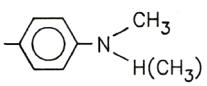
*Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 545: PB 18 ist chemisch identisch mit PB 61, 42765:1; die CI-Formel für PB 18 enthält fälschlicherweise für R2/ R3 noch eine SO_3H-Gruppe [Vgl. auch Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), S. 4402].
** Vgl. Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Vol. 4, S. 4402.

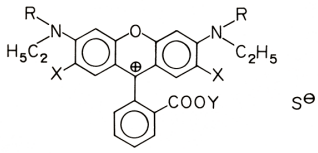
Tab. 29: Triarylcarbonium-Farbstoffsalze mit komplexen Anionen [nach Herbst/Hunger (1995), S. 557-558].

Farbstoffsalze mit komplexen anorganischen Anionen (Heteropolysäuren):



Farbstoff-Kationen:
Triphenyl- bzw. Diphenylnaphthylderivate

C.I. Name	Formel Nr.		Ar	R	Farbstoff	Farbton	Patentjahr/ Markteinführung**
PV 3	42535:2	PTM* PM		CH_3	Methylviolett (Basic Violet 1)	blaustichig violett	1861/1866 (Farbstoff); Pigment: *Fanal Violett RM* (*I.G.*); 1920er
PB 1	42595:2	PTM PM		C_2H_3	Victoria-reinblau B (Basic Blue 7)	rotstichig blau	1893 (Farbstoff); Pigment 1920er
PG 1	42040:1	PTM PM		C_2H_5	Diamantgrün G (Basic Green 1)	grün	1879 (Farbstoff); Pigment 1920er



Farbstoff-Kationen:
Phenylxanthenderivate

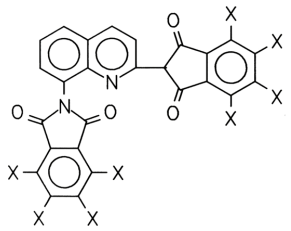
C.I. Name	Formel Nr.	S-	R	X	Y	Farbstoff	Farbton	Patentjahr/ Markteinführung***
PR 81	45160:1	PTM	H	CH_3	C_2H_5	Rhodamin 6G (Basic Red 1)	blaustichig rot	1892 (Farbstoff)
PV 1	45170:1	PTM	C_2H_5	H	C_2H_5	Rhodamin B (Basic Violet 10)	blaustichig rot/violett	1887/88 (Farbstoff)

* PM = Phosphormolybdänsäure; PTM = Phosphorwolframmolybdänsäure.
** Vgl. Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Vol. 4, S. 4382-4394.
*** Vgl. Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Vol. 4, S. 4420.

2.3.2.8. Chinophthalon-Pigmente

Verbindungen aus der Gruppe der Chinophthalon-Pigmente sind weder Azopigmenten noch polycyclischen Pigmenten zuzuordnen. Der Grundkörper der Pigmentklasse, das Chinophthalon, wird durch Reaktion von Chinaldin mit Phthalsäureanhydrid hergestellt. Diese Reaktion ist schon seit 1882 bekannt, allerdings wurden vor allem Farbmittel hergestellt, die als kationische oder Dispersionsfarbstoffe Bedeutung erlangten. Eine Verbesserung der Lösungsmittel- und Migrationsechtheit konnte erst in jüngerer Zeit durch Molekülvergrößerung erreicht werden. Dabei werden Farbtöne von gelben und roten Nuancen bis Braun erreicht. Stabile grünstichig-gelbe Pigmente können beispielsweise durch die Reaktion von 8-Aminochinaldin mit einem Tetrahalogenphthalsäureanhydrid synthetisiert werden. Das Chinophthalonmolekül wird dadurch verdoppelt und halogensubstituiert; PY 138 weist bspw. acht Chloratome im Molekül auf; dabei hat diese Chlorsubstitution (bzw. Halogensubstitution) am Phthalimidring vor allem entscheidenden Einfluss auf die Verbesserung der Lichtechtheit.[52]

Tab. 30: Chinophthalon-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 568].

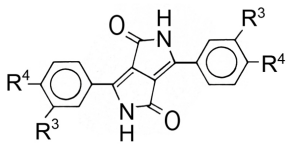
C.I. Name	Formel Nr.		X	Farbton	Patentjahr/ Markteinführung
PY 138	56300	 [X = Cl, Br]	Cl	grünstichig-gelb	1968 *BASF*-Patent; 1982 Struktur publiziert;* 1992 im Colour Index aufgeführt**

*Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 568/586.
**Vgl. Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Vol. 9 (1992), S. 9142.

2.3.2.9. Diketo-pyrrolo-pyrrol-Pigmente

Die Pigmentklasse der Diketo-pyrrolo-pyrrol-Pigmente (DPP) ist eine der jüngsten Pigmentklassen. Erste Pigmente der von *Ciba-Geigy* entwickelten neuen heterocyclischen Klasse kamen erst in den 1980ern auf den Markt. Gemeinsames Strukturmerkmal der hochechten Verbindungen ist ein symmetrisches Chromophor: das 1,4-Diketo-pyrrolo-(3,4c)-pyrrol-System; die Pigmente decken den Farbtonbereich von rotstichig-gelben bis blaustichig-violetten Nuancen ab. Neben den reinen DPP-Typen werden auch DPP-Chinacridon-Mischphasen-Pigmente angeboten, wie bspw. eine Mischphase von PR 254 und PV 19, die einen bläulicheren Ton als PR 254 aufweist.[53]

Tab. 31: Diketo-pyrrolo-pyrrol-Pigmente [nach Herbst/Hunger (2004), S. 490].



C.I. Name	Formel Nr.	R3	R4	Farbton	Patentjahr/ Markteinführung
PR 245	56110	H	Cl	mittleres bis blaustichiges Rot	1983 Patent/ *Ciba-Geigy*;* 1992 im Colour Index aufgeführt**
PR 255	561050	H	H	gelbliches Rot	

*Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 571/ 586.
**Vgl. Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Vol. 9 (1992), S. 9141.

52 Herbst/Hunger (1995), S. 567-570.
53 Herbst/Hunger (1995), S. 570-574.

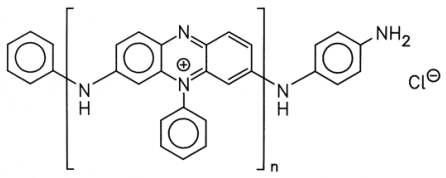
2.3.3. Andere Pigmente (nicht zu den Azo- oder Polycyclischen Pigmentklassen zählende Farbmittel)

Pigmentklassen oder auch einzelne Pigmente, mit bekannter oder unter Umständen noch unbekannter Struktur, die sich weder in die Gruppe der Azopigmente noch bei polycyclischen Pigmenten einordnen lassen, werden in der Literatur gesondert behandelt.[54] Im Folgenden wird aus dieser Gruppe nur das Anilinschwarz vorgestellt.

2.3.3.1. Anilinschwarz

Anilinschwarz [PBk 1, 50440 bzw. C.I. Oxidation Base 1 (black)] ist das vermutlich älteste synthetische organische Pigment; schon Perkin hatte das Farbmittel hergestellt und gewann daraus das Anilinviolett. Im *Colour Index* (1971) ist Lightfoot als Entdecker angegeben,[55] der 1863 den Färbeprozess ausarbeitete. Anilinschwarz gehört chemisch zu den Azinen und deckt den neutralen Schwarztonbereich ab.

Tab. 32: Anilinschwarz PBk 1, 50440 [nach Herbst/Hunger (1995), S. 583].

C.I. Name	**Formel Nr.**		**Farbton**	**Patentjahr**
PBk 1	50440	 n: ~ 3	neutraler, tiefer Schwarzton	1863*
*Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 583; Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Vol. 4, S. 445.				

54 Herbst/Hunger (1995), S. 567-586.
55 Vgl. Colour Index 3. Aufl. (1971-1998), Vol. 4, S. 4457.

3. Struktur und Eigenschaften von synthetischen organischen Pigmenten

Die Applikationseigenschaften synthetischer organischer Pigmente werden einerseits durch den chemischen Aufbau, andererseits aber auch durch die Kristallbeschaffenheit bzw. den physikalischen Zustand bestimmt.[1]
Die wichtigsten Pigmenteigenschaften sind bereits durch die chemische Konstitution festgelegt; diese beeinflusst auch den Kristallbau, jedoch kann dieselbe chemische Konstitution zu unterschiedlichen Kristallmodifikationen führen.[2] Für die Beurteilung der Applikationseigenschaften synthetischer organischer Pigmente ist es daher erforderlich, sowohl deren chemischen Zusammensetzung als auch die festkörperphysikalischen Eigenschaften zu kennen.[3]
Die folgenden Kapitel beschränken sich auf einige wesentliche Aspekte, die im Rahmen dieser Arbeit zur Charakterisierung der synthetischen organischen Pigmente für notwendig erachtet werden. Weiterführend sei auf die umfangreiche Fachliteratur verwiesen.[4]

3.1. Konstitution und Farbe

Die farbige Erscheinung von Molekülen ist ein Phänomen, das durch Elektronenanregung hervorgerufen wird. Durch Absorption von Strahlung bzw. Energie im sichtbaren (VIS) und ultravioletten (UV) Bereich, werden Elektronen von Grundzustand in den angeregten Zustand angehoben. Die aus der Farbe des absorbierten Lichts resultierende Komplementärfarbe erscheint als Eigenfarbe des Moleküls.[5]
Bei vielen Molekülen kann man die Lichtabsorption auf die Elektronenanregung einer kleinen Gruppe von Atomen zurückführen, die Valenzelektronen mit relativ niedrigen Anregungsenergien besitzen und als *Chromophore* bezeichnet werden (griechisch: *chroma* = Farbe, *phoros* = tragend). Diese chromophoren Gruppen sind im Allgemeinen molekulare Struktureinheiten, die relativ leicht anzuregende π-Elektronen, wie sie z.B. in konjugierten Doppelbindungen auftreten, enthalten.[6] Verbindungen, die nur eine ungesättigte Bindung besitzen, erscheinen noch farblos; erst wenn durch Konjugation weitere π-Systeme[7] in Wechselbeziehungen zu den Einzelverbindungen treten können, verschieben sich die Absorptionsbanden in den sichtbaren Bereich.[8]
Als Vorraussetzung für Absorption im visuellen Spektralbereich gilt, dass *„[…] die Energiedifferenzen zwischen dem höchsten besetzten π- und dem niedrigsten unbesetzten (antibindenden) π*-Niveau nicht zu groß sein (dürfen). ‚Farbigkeit' tritt daher bei einem Molekül nur dann auf, wenn sich die π-Elektronen des Chromophors mit anderen π-Elektronen (z.B. eines aromatischen Ringes) zu einem delokalisierten π-System überlagern. […] Tritt nun ein nichtbindendes Elektronenpaar (z.B. einer Hydroxyl- oder Aminogruppe) mit den π-Elektronen in Wechselwirkung (π-Donor), so kann die Delokalisation der π-Elektronen verstärkt werden […], so dass die Energiedifferenzen zwischen Grundzustand und angeregten Zuständen noch kleiner werden und die Anregung durch längerwelliges Licht möglich wird. Die Absorptionsbanden verschieben sich in solchen Fällen in das Gebiet der längeren Wellen, und man spricht von einem „bathochromen" (farbvertiefenden) Effekt der betreffenden Gruppe (des sogenannten Auxochroms). Die Wirkung solcher +M-Gruppen wird beträchtlich verstärkt, wenn auf der anderen Seite des π-Systems ein π-Acceptor (ein ‚Antiauxochrom') vorhanden ist, weil dann die π-Elektronen noch*

1 Herbst/Hunger (1995), S. 11-12: Im Gegensatz zu dazu spielt bei Farbstoffen ausschließlich die chemische Konstitution eine Rolle, da diese in gelöster Form angewendet werden.
2 Herbst/Hunger (1995), S. 43: Einige synthetische organische Pigmente sind polymorph. Sie können bei der Auskristallisation die Moleküle auf verschiedene Art aneinanderlagern; von Cu- Phthalocyaninblau sind fünf Modifikationen bekannt (α, β, γ, δ, ε).
3 Herbst/Hunger (1995), S. 12.
4 Herbst/Hunger (1995), S. 11-46; Lewis Vol. 3 (1973), Lenoir (1971), S. 314-341, Zollinger (2003), Kap. 2.: „Color of Organic Compounds", S. 15-65, Nassau (2001), Kap. 6: Color in Organic Moleculs", S. 113-142.
5 Herbst/Hunger (1995), S. 12.
6 Bei anorganischen Pigmenten wird die Absorption von Licht durch folgende Prozesse erklärt: Ligandenfeldübergänge, Charge-Transfer-Prozesse (Übergänge von Elektronendichte der Liganden in die d-Orbitale des Zentralatoms oder umgekehrt), Nichtstöcheometrie, Halbleitereigenschaften mit Übergängen vom Valenz- ins Leitfähigkeitsband (bei CdS(Se)-Mischkristallen) oder Metalliceffekte infolge der Lichtstreuung am Kristallgitter vom Pigmentteilchen. Vgl. http//www.chem.tu-freiberg.de/~boehme/lehre/pigmente/pigmente.pdf (access 25.09.2008). Vgl. auch Nassau (2001), Kap. 5, 7 und 8.
7 Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 13: Im Wesentlichen sind Übergange von bindenden in angeregte nichtbindende Zustände (π – π* -Übergänge) für die intensive Absorption verantwortlich. Übergange eines p-Elektrons eines einsamen Elektronenpaares von einem nichtbindenden (n) in ein antibindendes π*-Orbital (n- π* -Übergänge) sind von der Intensität her geringer und für Farbmittel daher nicht von Bedeutung.
8 Römpp-Chemie-Lexikon (1992), S. 727.

viel stärker delokalisiert werden und π –> π -Übergänge noch leichter möglich sind.*“[9]
In Bezug auf die Zusammenhänge von chemischer Konstitution und Farbton kann grundsätzlich wieder zwischen Azopigmenten und der Gruppe der polycyclischen Pigmente unterschieden werden. Bei den Azopigmenten fungiert die Azogruppe (-N=N-) als Chromophor; über diese sind Elektronendonoren und -acceptoren miteinander in einem konjugierten System verbunden. Der Farbton von Azopigmenten wird vor allem von der Kupplungskomponente bestimmt, da als Diazokomponenten meist substituierte Aniline verwendet werden.[10] Daneben können die physikalischen Eigenschaften eines Pigments wie Kristallinität, Teilchengröße und Modifikation etc. einen erheblichen Einfluss auf den Farbton haben und erschweren Aussagen über den Substituenteneinfluss.[11] Bei verlackten roten Azopigmenten, die Sulfonsäuregruppen (-SO_3H) enthalten, beeinflussen die Metall-Ionen meist den Farbton vom gelbstichig zum blaustichigen Rot in der Reihenfolge: Na, Ba, Sr, Ca, Mn (entspricht aber nicht der Reihung im *Color Index*, dort wird Ca vor Sr gereiht).[12]
Auch bei polycyclischen Pigmenten kann davon ausgegangen werden, dass die Substituenten den Farbton ähnlich beeinflussen wie die Disazokomponenten bei den Azopigmenten. Doch durch die komplizierten Moleküle sind die Zusammenhänge zwischen Konstitution und Farbton quantentheoretisch schwierig zu erfassen; Wechselwirkungen im Kristallgitter und inter- bzw. intramolekulare Einflüsse der Wasserstoffbrückenbindungen tragen zur Komplexität bei. Verallgemeinernd kann bei polycyclischen Systemen mit chromophoren Gruppen davon ausgegangen werden, dass bei zunehmender Anzahl konjugierter π-Elektronen eine Farbvertiefung eintritt. Auch hier haben die Kristalleigenschaften entscheidenden Einfluss auf die Farbnuance.[13]

3.2. Einfluss von Kristallmodifikationen und physikalischen Parametern auf Applikationseigenschaften

Neben der chemischen Konstitution ist auch die Kristallmodifikation ausschlaggebend für die Anwendungseigenschaften organischer Pigmente. Chemisch identische Verbindungen können in unterschiedlichen Kristallstrukturen vorliegen, was auch als Polymorphie bezeichnet wird. Dabei liegen die einzelnen ‚Pigment‘-Moleküle im Kristallgitter-Verband unterschiedlich angeordnet vor. Obwohl es nicht möglich ist, gezielt verschiedene Kristallmodifikationen zu synthetisieren, können durch Nachbehandlungen oder Verfahrensmodifikationen gegebenenfalls unterschiedliche Kristallphasen gefunden werden. Regeln für den Zusammenhang zwischen Farbton und Kristallstruktur konnten bisher nicht aufgestellt werden, da zu wenige Strukturaufklärungen von organischen Pigmenten vorliegen. Die Ursachen dafür liegen vor allem in der Schwierigkeit, Pigmenteinkristalle zu züchten, da die hochbeständigen Pigmente in allen zur Kristallzüchtung geeigneten Lösungsmitteln unlöslich sind.[14]
Neben der Kristallmodifikation spielen vor allem noch spezifische Oberfläche und Teilchengrößenverteilung, Kristallinität, Korngrößenverteilung und Oberflächenbeschaffenheit als weitere physikalische Parameter eine Rolle für die Anwendungseigenschaften von synthetischen organischen Pigmenten.
Besonders die Korngrößenverteilung hat einen wesentlichen Einfluss auf das anwendungstechnische Verhalten. Hier muss aber beachtet werden, dass die Korngrößenverteilung im Pulverpigment nicht mit der im Anwendungsmedium identisch ist. Unter anderem werden auch deshalb die coloristischen Eigenschaften von Pigmenten (beziehen sich auf die farbgebende Wirkung), nicht im Anlieferungszustand der Pulverform bewertet, sondern immer erst nach Anwendung. Im Zusammenhang mit der Korngrößenverteilung ist es wichtig, einige durch Normung festgelegte Begriffe zu erläutern. Bei der morphologischen Charakterisierung von Pigmenten wird zwischen Einzel- und

9 Christen/Vögele (1992), S.185-186, Vgl. auch Nassau (2001), Kap. 6: „Color in Organic Moleculs“, S. 113-142; Skoog/Leary (1996), S. 164-173.
10 Herbst/Hunger (1995), S. 13: Diazokomponenten wie Acetessigsäurearylide und heterocyclische Kupplungskomponenten absorbieren den kurzwelligen Spektralbereich des Lichts und ergeben daher gelbe Farbtöne; 1-Arylpyrazolon-5-Derivate als Kupplungskomponenten machen davon eine Ausnahme und ergeben eher rotstichig-orange Farbtöne.
11 Herbst/Hunger (1995), S. 14.
12 Ebenda.
13 Herbst/Hunger (1995), S. 14-15.
14 Herbst/Hunger (1995), S. 16.

Primärteilchen, Aggregaten und Agglomeraten unterschieden.[15] Zwar liegen alle Pigmente in einer breiten Teilchengrößenverteilung vor, jedoch sind bei handelsüblichen organischen Pigmenten schon die größten Teilchen kleiner als 0,5 µm und oft sogar kleiner als 0,3-0,5 µm. Je kleiner die Teilchen sind, umso mehr lagern sie sich – aus energetischen Gründen – zu Kristallverbänden zusammen. Primärteilchen, das sind die feinteiligen Pigmentkristalle aus der Herstellung, werden noch in verschiedene Formen unterteilt. Das sind einerseits die flächig verwachsenen Aggregate, die durch Dispergieren nicht mehr getrennt werden; und andererseits die Agglomerate, Zusammenlagerungen von Einzelteilchen, die während des Dispergierprozesses zu trennen sind. Erneute Zusammenlagerungen von solchen dispergierten Teilchen werden verschieden bezeichnet, am wichtigsten sind aber die Flockulate, die im Inneren einen Hohlraum aufweisen. Dieser ist dann mit Anteilen des umgebenden Bindemittels gefüllt.[16] Zusammenfassend ist anzumerken, dass bei der Verarbeitung von synthetischen organischen Pigmenten die Angabe verschiedener physikalischer Messdaten durch den Hersteller immer wichtiger wird.

3.3. Applikationseigenschaften und anwendungstechnische Begriffe

3.3.1. Coloristische Eigenschaften

Coloristische Eigenschaften beschreiben die Farbwirkung bzw. das optische Verhalten von Pigmenten und werden durch Begriffe wie Farbton, Farbtiefe (Farbkraft), Farbstärke (Ausgiebigkeit) und Deckvermögen bzw. Transparenz näher charakterisiert. Die coloristischen Parameter werden nie im Anlieferungszustand der Pigmente beurteilt, sondern ausschließlich nach der Verarbeitung entsprechend der jeweiligen Anwendung; keinesfalls sind diese Parameter auf andere Verarbeitungsweisen übertragbar. Während früher die Farbwirkung vor allem durch Beurteilung von Coloristen charakterisiert wurde, bedient man sich heute moderner Farbmessverfahren. Diese sind Gegenstand umfangreicher Fachliteratur.[17]

3.3.2. Echtheitseigenschaften: Licht-, Wetter-, Lösungsmittel- und Migrationsechtheiten

Abgesehen von der coloristischen Beurteilung sind die so genannten Echtheitseigenschaften für die Applikation von synthetischen organischen Pigmenten von immenser Bedeutung. Dabei können die Anforderungen an das Farbmittel je nach Einsatzbereich, Bindemittelsystem und Verarbeitungsbedingungen extrem unterschiedlich sein. Entsprechend viele Prüfmethoden und Prüfbestimmungen wurden festgelegt, meistens sind diese heute genormt.[18]
In erster Hinsicht ist die chemische Konstitution für die Echtheitseigenschaften eines Pigments ausschlaggebend, allerdings spielt auch das jeweilige Bindemittel eine maßgebliche Rolle. Dies trifft besonders für Licht- und Wetterbeständigkeit von synthetischen organischen Pigmenten zu. Während der Zusammenhang zwischen chemischem Aufbau der Pigmente und deren Licht- und Wetterbeständigkeit kaum mit allgemeingültigen Regeln festgelegt werden kann, sind bei der Lösungsmittel- und Migrationsechtheit Parallelen zu ziehen. Diese Eigenschaften können im Wesentlichen durch Vergrößerung des Molekulargewichts (bspw. Monoazopigmente/Diarylgelbpigmente), Vermeidung löslichmachender Substituenten, durch Verlackung[19] und Metallkomplexbildung verbessert werden.[20]

15 Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 25, S. 47: Viele Begriffe, die zur morphologischen Charakterisierung von Pigmenten Verwendung finden, sind durch Normen definiert: DIN 53 206 Teil 1: Teilchengrößenanalyse, Grundbegriffe.
16 Herbst/Hunger (1995), S. 24-27.
17 Herbst/Hunger (1995), S. 49-59, Vgl. Kittel Bd. 1 (1998), S. 37-51, Kittel Bd. 5 (2003), S. 277-360.
18 Herbst/Hunger (1995), S. 63-64: Für die Bewertung bspw. textiler Echtheiten wurden die meisten Normen von der deutschen Echtheitskommission (DEK) festgelegt; diese korrelieren mit jenen der Europäischen Echtheits-Convention (ECE). *„Die Normen entsprechen sachlich den Empfehlungen der Internationalen Organization for Standardization (ISO) und werden vom Deutschen Normungsausschuss (DNA) herausgegeben.“*
19 Herbst/Hunger (1995), S. 23: *„Sulfon- und /oder carbonsäuregruppenhaltige Azofarbstoffe werden beim Umsatz mit Metallsalzen („Verlacken“) zu unlöslichen Salzen. Als Metalle werden vor allem Erdalkalimetalle wie Calcium, Barium, Strontium aber auch Mangan verwendet. Der polare (Salz-) Charakter der verlackten Pigmente ist Ursache der guten Lösemittel- und Migrationsechtheit. Auch hier lassen sich mit der Zahl der verlackten Sulfonsäuregruppen diese Echtheiten steigern, z. B. von PR 53:3 zu PR 48:4.“*
20 Herbst/Hunger (1995), S. 20-21.

Viele synthetische organische Pigmente sind nicht ganz beständig gegen organische Lösemittel. Diese Löslichkeit ist in den verschiedenen Lösemitteln sehr unterschiedlich, zum Teil stark temperaturabhängig und kann zu Problemen bei der Verarbeitung der betreffenden Pigmente durch Ausblühen und Ausbluten führen.[21]

Migration von synthetischen organischen Pigmenten kann als ***Ausblühen oder Ausbluten*** auftreten. Während man unter Ausblühen die Bildung eines Pigmentbelags auf der Farbfilmoberfläche versteht, der durch die Wanderung von Pigmentkristallen an die Oberfläche hervorgerufen wird (meist gibt es eine Grenzkonzentration, ober- oder unterhalb derer der Prozess in einem definierten Medium ausgelöst wird, diese ist wiederum temperaturabhängig), wird unter Ausbluten der Übergang von Pigmenten aus dem Anwendungsmedium bzw. Bindemittel in ein anderes Medium verstanden, das sich im Kontakt mit dem pigmentierten bzw. gefärbten Material befindet.[22] Offenbar besteht ein Zusammenhang zwischen chemischer Konstitution der Pigmente und deren Tendenz zum Ausblühen bzw. Ausbluten, so dass solche Migrationsprozesse eher bzw. rascher bei niedermolekularen Pigmenten auftreten.[23] Die Bestimmung von Ausblühverhalten und Ausblutverhalten ist auf dem Gebiet der Kunststoffeinfärbungen, aber auch für Lack- und Druckfarben sehr wichtig und wird durch etliche Normen und Prüfvorschriften festgelegt. Bei Lacksystemen wird die Ausblutechtheit oft als Überlackierechtheit bezeichnet.[24]

Für die Licht- und Wetterechtheit synthetischer organischer Pigmente spielt das jeweilige Applikationsmedium bzw. Bindemittel meist eine ausschlaggebende Rolle. Das lässt sich damit begründen, „*dass optisch angeregte Pigmentmoleküle mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit mit den Molekülen verschiedener Medien reagieren*."[25] Gewisse Substituenten im Molekül beeinflussen offenbar die Licht- und Wetterbeständigkeit. So konnte für Azopigmente festgestellt werden, dass „*Elektronenacceptoren in der Disazokomponente […] (z. B. Halogenatome, Nitro-, Carboalkoxygruppen), möglichste in Verbindung mit Elektronendonoren (Methoxy-, Methylgruppen) im Phenylrest der Kupplungskomponente, die Licht- und Wetterechtheit*" gegenüber den „*entsprechend unsubstituierten oder anders substituierte(n) Pigmente(n)*" erhöhen.[26] Außerdem kann bei Azopigmenten durch die Einführung von Carbonamidgruppen eine bessere Lichtechtheit erreicht werden; dies ist aber unabhängig von der durch dieselbe Gruppe erzielten besseren Migrationsechtheit. Bei polycyclischen Pigmenten nimmt die Licht- und Wetterechtheit z.B. bei Chinacridonpigmenten mit der Position der Substituenten an 2,9 → 3,10 → 4,11 ab.[27]

Im Applikationsmedium wird die Lichtechtheit von Pigmenten ganz wesentlich von folgenden Faktoren beeinflusst: dem Bindemittel, dem Substrat, der Pigmentvolumenkonzentration, der Schichtdicke und anderen Zusätzen.[28] Ungenügende Hitzebeständigkeit kann bei synthetischen organischen Pigmenten, die unter Umständen (kurzzeitigen) Verarbeitungstemperaturen bis zu 320° ausgesetzt sein können, zu Veränderungen der coloristischen Eigenschaften oder Echtheitseigenschaften führen. Auch die Hitzebeständigkeit wird stark vom Bindemittel, aber auch der Pigmentkonzentration beeinflusst. Für die Farbveränderungen werden in der Literatur folgende mögliche Ursachen aufgelistet: thermische Zersetzung des Pigments, chemische Reaktion mit dem Bindemittel, Lösen im Anwendungsmedium oder physikalische Veränderungen des Pigmentkristalls und der Teilchengröße. [29]

3.3.3. Aspekte bei der Verarbeitung von synthetischen organischen Pigmenten

Für die Verarbeitung von synthetischen organischen Pigmenten ist das Dispergierverhalten der Farbmittel eine entscheidende Eigenschaft. Das trockene Pigmentpulver bildet Agglomerate, die

21 Herbst/Hunger (1995), S. 58-59.
22 Herbst/Hunger (1995), S. 64-73.
23 Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 69: Niedermolekulare Monoazopigmente (PY 1) führen zu rascher Migration; andererseits erwähnen die Autoren, dass vom Verhalten eines Pigments nicht auf das eines chemisch ähnlichen geschlossen werden darf.
24 Herbst/Hunger (1995), S. 70-73.
25 Herbst/Hunger (1995), S. 20.
26 Herbst/Hunger (1995), S. 21: Außerdem ist die Position der Substituenten am aromatischen Ring der Disazokomponente ausschlaggebend (günstig: meta → para → ortho), weil damit wohl die Möglichkeit zur Bildung intra- oder intermolekularer Wasserstoffbrückenbindungen steigt.
27 Herbst/Hunger (1995), S. 21: Wahrscheinlich Störung der Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen durch die räumliche Annäherung der Substituenten an die NH-Gruppierung.
28 Herbst/Hunger (1995), S. 96-103.
29 Herbst/Hunger (1995), S. 103-109.

beim Dispergieren zerteilt werden müssen. Außerdem muss das Pigmentpulver benetzt, gleichmäßig verteilt und die Dispersion stabilisiert werden. Das Dispergierverhalten ist von verschiedenen Faktoren abhängig, die Gegenstand zahlreicher Publikationen sind, hier aber nicht ausgeführt werden können. Da die Anwendungseigenschaften eines Pigments großenteils von seiner Dispergierbarkeit abhängen, spielen die in dem Zusammenhang wichtigen Faktoren bereits bei der Pigmententwicklung und Herstellung eine wichtige Rolle.[30]

Teilweise werden schwer zu dispergierende organische Pigmente auch in Flushpasten gehandelt, die etwa 15-20% Pigmentanteil enthalten. In diesen Pasten liegt das Pigment bereits in einem öligen Bindemittel wie bspw. Alkydharz vor. Da beim so genannten ‚Flushen' der wässrige Pigmentteig nicht wie üblich getrocknet, sondern das Wasser durch die zugesetzte Substanz verdrängt wird, kann bei der Pigmentherstellung auf den Trocknungs- und Mahlprozess verzichtet werden, der vor allem zur Agglomeratbildung führt.[31]

Die Verarbeitung von synthetischen organischen Pigmenten kann unter Umständen mit einigen Problemen verbunden sein. Dazu gehören der Plate-out Effekt, der zu Pigmentablagerungen an Verarbeitungsmaschinen führt, und das Kreiden. Letzteres kann einerseits durch den Abbau von Bindemittelfilmen hervorgerufen sein, andererseits wird auch die Überpigmentierung von Kunststoffeinfärbungen als Kreiden bezeichnet. Der *Plate-out* Effekt und das Kreiden durch Überpigmentierung können nicht klar voneinander abgegrenzt werden. Im Wesentlichen werden bei diesen Prozessen Pigmentteilchen an die Oberfläche transportiert bzw. ‚geschwitzt'; beide Effekte treten vor allem bei der Verarbeitung von pigmentiertem PVC auf, das als langkettiger Kunststoff nicht in der Lage ist, die Pigmente ausreichend zu umhüllen. Der wiederholte Transport von Farbmittelkomponenten an die Oberfläche ist beim Kreiden im Gegensatz zum Ausblühen nicht zu beobachten [32]

Problematisch kann auch die Wirkung synthetischer organischer Pigmente als Kristallisations-Keimbildner (Nukleierungsmittel) in pigmentierten teilkristallinen Polymeren sein. Diese so genannte Nukleierung führt zu gravierenden Veränderungen in den mechanischen Eigenschaften der betroffenen Materialien und hat dadurch hohes Schadenspotential, so bspw. Verzugserscheinungen an Spritzgussteilen.[33]

30 Herbst/Hunger (1995), S. 76-92.
31 Herbst/Hunger (1995), S. 91.
32 Herbst/Hunger (1995), S. 74-75.
33 Herbst/Hunger (1995), S. 75-76.

4. Analytische Methoden zur Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel bei der Untersuchung von Kunstwerken

Die synthetischen organischen Farbmittel sind eine Materialgruppe, der in der naturwissenschaftlich-analytischen Fachliteratur aus den Bereichen der Archäometrie und Konservierungswissenschaft in den letzten Jahren deutlich wachsendes Interesse zuteil wurde.[1] Obwohl frühe Vertreter synthetischer organischer Pigmente bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts in Künstlerfarben auftreten, wurde dieser Materialgruppe lange wesentlich weniger Aufmerksamkeit gewidmet, als den traditionellen und teilweise historischen anorganischen Pigmenten. Inzwischen werden die sich durch Farbstärke und feine Dispergierbarkeit auszeichnenden synthetischen organischen Pigmente zu hohen Anteilen in den gegenwärtigen Künstlerfarbensortimenten eingesetzt.[2] Dazu kommt, dass die Künstler spätestens in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts zunehmend auch Farben verwenden, die nicht zu den (teuren) Künstlerfarbensortimenten gehören.[3]

Die Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel in komplexen Mischungen ist oft mit Schwierigkeiten verbunden: Im Gegensatz zu den anorganischen Pigmenten weisen sie eine höhere Farbstärke auf und liegen damit im Verhältnis zum Substrat und/oder Füllstoff in nur geringer Konzentration in den Malschichtproben vor; die Probenmenge ist bei der Untersuchung von Kunstwerken dabei meist sehr gering. In (Weiß-)Ausmischungen kann die Quantität des synthetischen organischen Pigmentanteils gegebenenfalls unter der Nachweisgrenze der Methode liegen, da die farbstarken Pigmente schon für gebrauchsfertige Volltonfarben mit Füllstoffen verkollert werden. Noch niedrigere Konzentrationen sind für den Farbstoffgehalt in Farblacken zu erwarten, die bei der Untersuchung von Malschichten des frühen 20. Jahrhunderts auf jeden Fall noch mit zu berücksichtigen sind.[4] Synthetische organische Farbmittel bestehen zudem vorrangig aus Kohlenwasserstoffverbindungen, so dass Methoden der elementspezifischen Analytik, wie bei den anorganischen Pigmenten oft erfolgreich eingesetzt, nicht sinnvoll für die Identifizierung angewendet werden können.

Das folgende Kapitel fasst Literatur über analytische Methoden zur Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel zusammen, wobei der Schwerpunkt auf Publikationen über die Untersuchung von (Künstler-)Farben gelegt wird. Dabei wird auch ausgewählte Literatur des frühen 20. Jahrhunderts berücksichtigt, insbesondere Publikationen zur Identifizierung von Farbstoffen in Farblacken.

4.1. Literaturübersicht zu analytischen Methoden für die Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel

Für den analytischen Nachweis synthetischer organischer Farbmittel eignen sich prinzipiell verschiedene Methoden.[5] Oft können Verfahren angewendet und gegebenenfalls adaptiert werden, die sich schon für die Identifizierung traditioneller Farbmittel bewährt haben. Dabei spielen Methoden der instrumentellen Analytik heute die maßgebliche Rolle. Relativ einfache Nachweisverfahren aus den frühen Jahren der Chemie bzw. der Analytik wurden schon bald nach dem Beginn der Produktion von Farben aus Lacken synthetischer organischer Farbstoffe im ausgehenden 19. Jahrhundert angewendet.

1 De Keijzer (1988, 1998, 1999, 2002); Strauß (1984); Frowein (2004); Wyplosz (2003).

2 Die Evaluierung ausgewählter gegenwärtiger Künstler- bzw. Designerfarbensortimente von Winsor & Newton aus dem *International Catalogue* [Winsor & Newton (2002)], zeigte folgendes Ergebnis: In der Produktgruppe *Artists` oil colour* (beste Künstler-Qualität) sind bei 120 aufgelisteten Tubenfarben in 46 Farbtönen (etwa 38%) synthetische organische Pigmente, teilweise in Mischung mit anorganischen Pigmenten, enthalten. Die *Winton Oil Colour* Tubenfarben (Studien-Qualität) weisen bei 56 Farbtönen 23 synthetische organische Pigmente auf (etwa 41%); *Designers Gouache* in 56 von 90 Farbtönen (etwa 62%) und *Artists` Water Colour* in 37 von 91 Farben (etwa 41%). Ein ähnliches Ergebnis zeigt die Auswertung der Schmincke-Listen [Schmincke (2005)]: In den Künstler-Harz-Ölfarben *Mussini* sind in 42 von 92 Farben synthetische organische Pigmente enthalten (etwa 46%); bei *HKS Designers Gouache* sogar in 48 von 60 Farben (80%). Vgl. dazu auch Frowein (2004).

3 Crook/Learner (2000).

4 Vgl. Wagner (1928), S. 313-329: Der Anteil des verlackten Farbstoffes beträgt gängigerweise nur wenige Prozent im Verhältnis zu den Substraten; dazu kommen noch Füllstoffe.

5 Peters/Freeman (1995); Venkataraman (1977); Vgl. auch Lomax/Learner (2006), S. 118-121.

4.1.1. Klassisch-traditionelle Nachweisverfahren für die Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel

Mikrochemische Testverfahren bieten eine einfache Möglichkeit, synthetische organische Farbmittel durch Löslichkeitsverhalten, Farbreaktionen oder Kristallisation zu identifizieren, lassen aber oftmals nur eine Zuordnung in die übergeordnete Substanzklasse zu. Damit sind diese Testverfahren nicht immer ausreichend spezifisch; ein zusätzlicher Nachteil ist der Verbrauch des Probematerials. Trotzdem finden sich in der Tradition der klassischen Nachweismethoden bis heute Forschungsbeiträge, die sich mit der Anwendung der mikrochemischen Testverfahren für die Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel auseinandersetzten.

Bereits im frühen 20. Jahrhundert veröffentlicht Georg Zerr 1907 ein Buch über die „*Bestimmung von Teerfarbstoffen in Farblacken".*[6] In der umfangreichen Auflistung werden zahlreiche Teerfarblacke[7] und ihr Verhalten gegen verschiedene Reagenzien erfasst und damit erstmals umfassende Fachliteratur für die Bestimmung synthetischer Farbstoffe in Teerfarblacken publiziert. Durch die Veröffentlichung einfacher Analysewege sollte vor allem das branchenschädigende Geschäft mit wenig lichtbeständigen und qualitativ minderwertigen Farblacken eingedämmt bzw. vereitelt werden.[8]

1920 etablierte Green[9] Reduktionsreaktionen, um anhand von Spaltprodukten synthetische Farbstoffe zu identifizieren; die Tabellen enthalten auch Farblacke und organische Pigmente. Die Farbreaktionen halten sogar Einzug in die Nachschlagewerke für die industrielle Praxis; so sind bspw. 1929 im „*Taschenbuch für die Farben- und Lackindustrie sowie für den einschlägigen Handel"*[10] Tabellen mit den Farbreaktionen verschiedener Farblacke aufgeführt. Unter Berücksichtigung zahlreicher neuerer synthetischer organischer Pigmentgruppen publiziert Schweppe[11] dann 1963 unter Anwendung chromatographischer Trennmethoden umfangreiche Studien zu den klassischen Analyseverfahren und bezieht Löslichkeitsverhalten, Farb- bzw. Reduktionsreaktionen ein. Für die forensische Untersuchung von Farbenpartikeln kommen solche mikrochemische Testverfahren und Farbreaktionen zum Nachweis synthetischer organischer Farbmittel schon seit den 1950er Jahren zum Einsatz.[12] De Keijzer[13] greift die mikrochemischen Testverfahren zur Identifizierung von synthetischen organischen Pigmenten in Künstlerfarben Ende der 1980er Jahren wieder auf und beschreibt für ausgewählte Pigmente[14] die Farbreaktion bei der Anwendung von konzentrierter Schwefelsäure (H_2SO_4), Salpetersäure (HNO_3) und Kaliumhydroxid (KOH/Ethanol). Teilweise werden die Reagenzien an Querschliffen angewendet. Der Autor beurteilt diese Tests im Allgemeinen als zuverlässig, da die Farbreaktionen von verschiedenen organischen Pigmenten mit unterschiedlichen Strukturen niemals gleich sind; doch in Weißausmischungen können die Reaktionsfarben der untersuchten Pigmente bei Konzentrationen unter 30% nicht mehr eindeutig interpretiert werden.

Erst in jüngerer Zeit wurden die charakteristischen Farbreaktionen synthetischer organischer Pigmente noch einmal von Kalsbeek[15] systematisch untersucht und in ‚Flow charts' zusammengestellt. Die Studie erfasst mit 91 verschiedenen Pigmenten aller Farbgruppen ein breites Spektrum unterschiedlicher Pigmentklassen. Als Reagenzien kamen, ähnlich wie bei Schweppe und De Keijzer, konzentrierte Schwefelsäure (H_2SO_4), Salpetersäure (HNO_3), eine Mischung aus H_2SO_4/HNO_3 und Kaliumjodat KJO_3 in H_2SO_4 zum Einsatz. Durch die Untersuchung von Künstlerfarbenproben konnte festgestellt werden,

6 Zerr (1907).
7 Allerdings sind die Farbstoffe als farbgebende Komponenten des Lackes nur mit ihren Handelsnamen erfasst. Erst der Vergleich mit den Schulz-Farbstofftabellen ermöglicht ein Nachvollziehen der chemischen Konstitution.
8 Zerr (1907), S. 2: *„[…] die Auffindung eines einfachen eines einfachen Analysenganges zur Bestimmung der Teerfarbstoffe in Farblacken (würde) sehr bald mit allen jenen zweifelhaften Produkten aufräumen, denen es die ganze Industrie zu danken hat, dass heute gewisse Kreise sich berechtigt glauben, von einem ‚Farbenschwindel' sprechen zu dürfen. […] diese wertlosen Produkte (werden) in erster Linie nur aus dem Grunde so ohne weitere Bedenken in den Handel gebracht […], weil die Erzeuger mit der Unmöglichkeit eines sofortigen Charakternachweises dieser Produkte rechnen können [...]."*
9 Green (1920).
10 Wolff et al. (1929).
11 Schweppe (1963).
12 Castle (1982).
13 De Keijzer (1987; 1990).
14 De Keijzer (1990), S. 224: Farbreaktionen von: Cu-Phthalocyaninblau PB 15, Phthalocyaninblau/metallfrei PB 16, Phthalocyaningrün PG 7, Pigment Grün B PG 8, Indanthron-Blau PB 60, Chinacridon-Violett PV 19, Dioxazin-Violett (Carbazolviolett) PV 23, Monoazogelb-Pigment (Hansa-Gelb G) PY1, Nickel-Azo-Gelb PY 10, Dinitranilinorange PO 5, Perinon-Orange PO 43, (Fast Brown HFR) PBr 25.
15 Kalsbeek (2005).

dass das Bindemittel die Ergebnisse in der Regel nicht beeinträchtigt. Abweichungen der Farbreaktionen können gegebenenfalls durch Pigmentmischungen oder Bindemittelprotektion verursacht sein.
Trotz der relativ einfachen Handhabung und der Möglichkeit, die mikrochemischen Testverfahren instrumentell unabhängig auszuführen, sind diese bei der großen Vielfalt heute verfügbarer synthetischer organischer Farbmittel und deren teilweise sehr ähnlichen Farbreaktionen für die Untersuchung realer Malschichtproben als allein angewendetes Verfahren nur bedingt geeignet, zumal die Probe bei den mikrochemischen Testverfahren ‚verbraucht' wird. Da die in der Praxis zur Verfügung stehenden Probemengen oftmals nur sehr klein sind und häufig Pigmentausmischungen enthalten, muss oft unter weniger idealen Voraussetzungen gearbeitet werden, als mit der Beprobung von Tubenfarben zu Forschungszwecken simuliert werden kann.
Um festzustellen, ob eine Probe überhaupt ein synthetisches organisches Farbmittel enthält, sind die mikrochemischen Testverfahren für Vortests aber sehr gut geeignet und wurden für diesen Zweck erfolgreich von Lutzenberger[16] eingesetzt.

4.1.2. Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel mit instrumentellen analytischen Methoden

Obwohl die mikrochemischen Testverfahren für die Identifizierung synthetischer organischer Pigmente und Farbstoffe eine lange Tradition haben und gegebenenfalls auch heute noch Einsatz finden können, spielen instrumentelle analytische Verfahren inzwischen eine größere Rolle.
Dabei sind grundsätzlich verschiedene spektroskopische, chromatographische und massenspektrometrische Methoden für den qualitativen Nachweis synthetischer organischer Farbmittel geeignet. Die Auswahl einer bestimmten Methode wird durch die Fragestellung und die Eigenschaften des Analyten bestimmt. Zusammenfassende Darstellungen zur allgemeinen instrumentellen analytischen Chemie synthetischer Farbmittel finden sich in der Literatur vor allem bei Venkataraman[17] und aktueller bei Freeman.[18] Publikationen, die sich speziell mit der Identifizierung von synthetischen Farbmitteln in Künstlerfarben bzw. an Kunstobjekten auseinandersetzen, werden im folgenden Abschnitt zusammengefasst.
Spektroskopische Methoden, die eine Identifizierung von Substanzen aufgrund spezifischer Absorption, Emission oder Reflexion von elektromagnetischer Strahlung bestimmter Spektralbereiche ermöglichen, werden bereits relativ lange angewendet. Das älteste Verfahren ist die *Spektralphotometrie* im visuellen Bereich.[19] Bereits Ende des 19. Jahrhunderts hatte man festgestellt, dass Absorptionsspektren von Farbstofflösungen charakteristisch für die gelöste Substanz sind.[20] Gezielte Forschungsarbeit zur Identifizierung synthetischer organischer Pigmente in Künstlerfarben stellt Billmeyer[21] in den 1980er Jahren vor. Bei der Untersuchung einer Vielzahl von organischen Pigmenten in Lösung mit *UV/VIS-Spektralphotometrie* können mehr als 400 Referenzspektren aufgezeichnet und in einer Datenbank für einen Vergleich mit den gemessenen Spektren unbekannter Proben zur Verfügung gestellt werden.
Eine bessere Auflösung von UV/VIS-Spektren kann durch die *Differential-Spektralphotometrie*[22] erreicht werden. Talsky und Risić-Šolajić[23] konnten durch Anwendung dieses Verfahrens bei der Untersuchung von 22 synthetischen organischen Pigmenten chemisch sehr ähnliche Farbmittel durch besser aufgelöste Spektren unterscheiden. Mischungen aus mehr als zwei Komponenten wurden zunächst

16 Lutzenberger (2008).
17 Venkataraman (1977).
18 Peters/Freeman (1995).
19 Schon durch Strahlung im Wellenlängenbereich sichtbaren Lichts (380µm-760µm) können Elektronenübergänge angeregt werden. Damit ist es möglich, verbindungsspezifische Absorptionsspektren von Substanzen aufzuzeichnen, die in diesem Wellenlängenbereich absorbieren, also chromophore Gruppen im Molekül aufweisen. In UV/VIS-Spektralphotometern für die Analyse von Lösungen wird das Licht aus der Strahlungsquelle durch einen Monochromator zerlegt, durchläuft eine Meßküvette mit der gelösten Probe und eine Referenzküvette mit dem reinen Lösemittel, im Detektor werden Absorptionsunterschiede festgestellt und anschließend die Messwerte als wellenlängenabhängiges Spektrum dargestellt. Die heute üblichen UV/Vis Spektralphotometer decken meist Bereiche vom UV- bis zum nahen IR-Bereich ab (ca. 180-900 nm) ab. Siehe dazu Skoog/Leary (1996), S. 163-188; Johnston-Feller (2001), S. 5-14.
20 Vgl. Billmeyer et al. (1981), S. 307: Historischer Abriss zur spektralphotometrischen Identifizierung organischer Farbmittel.
21 Billmeyer et al. (1981); Billmeyer et al. (1982).
22 Skoog/Leary (1996), S.179: *„Bei der Differential-Spektralphotometrie erhält man Spektren durch Auftragen der ersten oder einer höheren Ableitung der Extinktion oder des Transmissionsgrades gegen die Wellenlänge als eine Funktion der Wellenlänge."*
23 Talsky/Risić-Šolajić (1987).

dünnschichtchromatographisch getrennt. Loosbroek[24] wendet einen Kalman-Filter-Algorithmus[25] für die quantitative Bestimmung synthetischer organischer Pigmente in Mischungen an; allerdings müssen dazu alle in der Mischung enthaltenen Pigmente und deren Extinktionskoeffizienten bekannt sein. Eine zerstörungsfreie Analysemöglichkeit publizieren Talsky und Risić-Šolajić,[26] die mit *Differential-Remissionsspektroskopie* synthetische organische Farbmittel an der Malschichtoberfläche identifizieren. Einen ähnlichen Ansatz verfolgt Piening,[27] der die Anwendung der *UV/VIS-Spektroskopie* für die Identifizierung von Pigmenten und Farbstoffen an Kunstwerken in situ untersucht. Mit einem mobilen Spektralphotometer konnten umfangreiche Daten gesammelt und die Methode als kostengünstige zerstörungsfreie Routineanalyse zur Bestimmung von anorganischen sowie organischen Pigmenten und Farbstoffen an Kunstwerken eingesetzt werden. Voraussetzung dafür war die Erstellung einer umfangreichen Referenzspektren-Bibliothek, die den rechnerischen Vergleich mit gemessenen Daten ermöglicht und eine Identifizierung des Farbmittels erlaubt. Generell ist eine eindeutige Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel mit *UV/VIS* als allein eingesetzte Methode aber nur begrenzt möglich, da die Spektren nur wenige Absorptionsminima und -maxima aufweisen.[28]

Unter den spektroskopischen Methoden haben sich heute auch verschiedene Techniken der *Infrarotspektroskopie*[29] für die Identifizierung von synthetischen organischen Farbmitteln etabliert.[30] Als verbindungsspezifische Analysemethode eignet sich die *Infrarotspektroskopie* gut für organische Substanzen und zeigt für reine synthetische organische Pigmente sehr gute Ergebnisse.[31] Der Wellenzahlenbereich zwischen etwa 1500 und 700 cm^{-1} (Fingerprintbereich), der durch Wechselwirkungen der Schwingungen im Molekülgerüst bei komplizierten organischen Molekülen charakteristischen Bandenreichtum aufweist, eignet sich sehr gut für die Identifizierung durch Spektrenvergleich. Durch die relativ niedrige Empfindlichkeit und die schwierige Spektren-Auswertung bei komplex zusammengesetzten Materialien stößt die Methode aber an ihre Grenzen. In Spektren von Mischungen überlagern sich die IR-Absorptionsbanden der einzelnen Bestandteile häufig, so dass eine eindeutige Identifizierung ohne zusätzliche Trennverfahren nicht möglich ist. Die dafür notwendige Probenvorbereitung und die Separationsverfahren sind aber bei sehr geringen Probemengen, wie in der Praxis der Kunstanalytik üblich, praktisch oft nicht möglich.

Bei der Analyse von Kunstwerken werden die Möglichkeiten der *Infrarotspektroskopie* für die Identifizierung von Malmaterialien, insbesondere von Bindemitteln, Firnissen aber auch organischen Farblacken[32] bereits seit den 1960er Jahren genutzt. Als Ende der 1970er Jahre mittels der *Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie* (FTIR) besser aufgelöste Spektren erhalten werden konnten als mit den dispersiven Geräten, etablierte sich die Methode auch für die Identifizierung von anorganischen Pigmenten, für die üblicherweise mit elementaranalytischen Verfahren gute Ergebnisse erzielt wurden bzw. werden. Newman[33] publiziert 1980 verschiedene Anwendungen der Infrarotspektroskopie mit dem Schwerpunkt auf der Identifizierung anorganischer Pigmente und bezieht bereits synthetische organische Blaupigmente (Kupfer-Phthalocyaninblau) in die Studie ein. Dabei konnte Phthalocyaninblau (PB 15:1; α-Modifikation) trotz der Überlagerungen durch Bindemittel und Verschnittpigment (Bariumsulfat) anhand des charakteristischen Fingerprintbereichs eindeutig identifiziert und von der β-Modifikation unterschieden werden.[34] Eine Vielzahl von IR-Spektren synthetischer organischer Pigmente publiziert McClure[35] und stellt neben Hummel/Scholl[36] schon damals eine umfangreiche Spektrensammlungen

24 Loesbroek et al. (1984).
25 Vgl. Brereton (2006), S. 163-167: Kalman-Filter sind mathematische Algorithmen, die für die Zustandsschätzung linearer und nichtlinearen Systemen angewendet werden können und häufig in der Regeltechnik zum Einsatz kommen (Prozesskontrolle).
26 Talsky/Risić-Šolajić(1989).
27 Piening (2007).
28 Skoog/Leary (1996), S. 173.
29 Vgl. Kapitel 7.2.
30 Learner (1996, 1998, 2004); Lomax et al. (2007).
31 Thomson (1977).
32 Flieder (1968); Masschelein-Kleiner/Heylen (1968); Nachweis organischer Farbstoffe in roten historischen Farblacken mit IR-Spektroskopie.
33 Newman (1980).
34 Vgl. Newman (1980): Eine Bande bei 723 cm^{-1} lässt darauf schließen, dass es sich um die α-Modifikation des Pigments handelt; bei der β-Modifikation wäre die Bande bei 730 cm^{-1} zu finden.
35 McClure et al. (1968).
36 Hummel/Scholl (1981), 2. Auflage; 1. Auflage (1970).

zur Verfügung, die unter anderem Strauß[37] bei der Klassifizierung von Pigmenten aus der Sammlung des *Doerner Instituts* verwendet. Suzuki[38] wendet FTIR für die Identifizierung synthetischer organischer Pigmente in Fahrzeuglacken an und behandelt verschiedene Pigmentklassen. Learner[39] publiziert die Möglichkeiten der FTIR für die Untersuchungen von Malschichtproben von Gemälden des 20. Jahrhunderts. Johnson und Learner[40] untersuchen Möglichkeiten, Pigmente mit Lösungsmitteln oder verdünnten anorganischen Säuren vom Bindemittel bzw. Füllstoff abzutrennen und können dadurch die FTIR-Spektrenqualität der synthetischen organischen Pigmente deutlich verbessern.
Komplementär zur Infrarotspektroskopie kann für die Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel auch die der IR-Spektroskopie verwandte *Raman-Spektroskopie* eingesetzt werden.[41] Gerade bei der Untersuchung von komplexen Malschichtproben liegt der Vorteil gegenüber der Infrarotspektroskopie darin, dass viele Bindemittel im Vergleich zu den meisten Farbmitteln nur schwache Raman-Streuung aufweisen und es dadurch nicht zu den Interferenzproblemen wie bei Infrarotspektren komplexer Mischungen kommt.
Bei der Analyse von kunst- und kulturgeschichtlichen Objekten findet die *Raman-Spektroskopie* seit den 1980er Jahren Anwendung.[42] Guineau[43] kombiniert zur Untersuchung verschiedener organischer Pigmente und Farbstoffe *Raman-Spektroskopie* mit *Spektralphotometrie* und *Fluorimetrie*. Binant[44] untersucht mit *Raman-Spektroskopie* Chinacridon-Pigment-Mischungen in Fahrzeuglacken und kann durch den Einsatz unterschiedlicher Laser-Wellenlängen die verschiedenen Pigmente in der Mischung nachweisen. Vandenbeele[45] wendet die *Raman-Spektroskopie* für die Identifizierung von Azopigmenten an und erstellt eine Datenbank mit Raman-Spektren synthetischer organischer Pigmente. Die Spektren können erfolgreich bei der Identifizierung von Pigmenten bei der Untersuchung moderner Gemälde eingesetzt werden. Um Spektren unbekannter Proben anhand von Ähnlichkeiten mit einem Referenzspektrum identifizieren zu können, entwickelt Vandenbeele in einer weiterführenden Arbeit einen Such-Algorithmus.[46] Dabei wird mit vereinfachten Spektrendaten gearbeitet, die eine vergleichende Suche durch die Verwendung der Euklidischen Distanz als Ähnlichkeitsmaß ermöglichen.
Mehrere Autoren setzen *Raman-Spektroskopie* für die Untersuchung von Lithographie-Druckfarben ein und können synthetische organische Farbmittel nachweisen. Davney[47] identifiziert PY 1 (Plakat aus dem Jahr 1948); Wise und Wise[48] weisen *Litholrot* (PR 49:1) nach (Plakat aus dem Jahr 1929). Centano[49] identifiziert mit *Raman-Spektroskopie* in situ verschiedene synthetische organische Pigmente und Farbstoffe in Lithographie-Druckfarben auf Plakaten aus der Periode zwischen 1890 bis 1920. Dabei konnten in den roten Druckfarben drei verschiedene synthetische organische Farbmittel identifiziert werden: Acid Red 73 in Kombination mit Zinnober (Plakat von 1893); PR 49:1 (verlacktes ß-Naphtholpigment) mit rotem Bleioxid und Bariumsulfat (Plakat von 1908); PR 49:1 mit Zinnober (Plakat von 1907) und PR 60 (verlacktes Naphthalinsulfonsäure-Pigment bzw. Mordant Red 9) mit Bariumsulfat (Plakat von 1919). In einer gelben Druckfarbe wurde PY 1 (Monoazogelbpigment) nachgewiesen (Plakat von 1918).[50] Ropret[51] publiziert eine Studie zu Identifizierungsmöglichkeiten gelber synthetischer organischer Pigmente aus verschiedenen Pigmentklassen mit *Raman-Spektroskopie*; die Referenzspektren können für den Nachweis synthetischer organischer Pigmente an Gemälden des 20. Jahrhunderts angewendet werden.

37 Strauß (1984).
38 Suzuki (1997, 1998, 1999-a, 1999-b).
39 Learner (1996; 2004).
40 Johnson/Learner (2005).
41 Skoog/Leary (1996), S. 321-334: Als Raman-Effekt bezeichnet man einen unelastischen Stoß-Vorgang, bei dem Moleküle durch energiereiche Laserstrahlung auf virtuelle Niveaus angeregt werden und anschließend auf Niveaus verfallen, die im Verhältnis zu dem ursprünglichen Niveau energieärmer oder energiereicher sind. Die Streufrequenzen treten als Stokes- und Anti-Stokes-Linien auf. Der Raman-Effekt ist nur ein sehr schwaches Signal, dass gegebenenfalls durch Fluoreszenz überlagert werden kann.
42 Smith/Clark (2001), S. 92: Raman-Spektroskopie in den Konservierungswissenschaften.
43 Guineau (1987).
44 Binant/Lautie (1989).
45 Vandenbeele (2000) .
46 Vendenbeele (2001).
47 Davney et al. (1994).
48 Wise/Wise (2004).
49 Centeno et al. (2006).
50 Centeno et al. (2006), S. 1113.
51 Ropret et al. (2008).

Angesichts der oft sehr geringen Probenmengen bei der Untersuchung von Kunstwerken zeigt insbesondere *Raman-Mikroskopie* ein hohes Potential für den Nachweis synthetischer organischer Farbmittel. Schulte et al.[52] untersuchen mit *Raman-Mikroskopie* 23 verschiedene synthetische organische Pigmente, die in Künstlerfarben verwendet werden; wichtig ist dabei, für die Untersuchung komplexer Mischungen wie in Malschichtproben andere Anregungs-Laser zu wählen, als für die Analyse reiner Pigmente, um Artefakte durch Fluoreszenz oder Erwärmung zu vermeiden. Teilweise setzen die Autoren zusätzlich chromatographische Trennungsmethoden ein, da sich die Pigmente innerhalb einiger Pigmentklassen (z.B. Naphthol AS) nicht immer ausreichend anhand ihrer Raman-Spektren differenzieren lassen.

Chromatographische Methoden[53] eignen sich in erster Hinsicht zur Trennung von Materialmischungen, können aber auch zur Identifizierung von Substanzen durch den Vergleich mit entsprechenden Referenzproben herangezogen werden. Schweppe[54] trennt Pigmentmischungen chromatographisch, bevor die Farbmittel mit mikrochemischen Testverfahren identifiziert werden können. Milovanovic[55] stellt 1982 eine Arbeit zur *Dünnschichtchromatographi*e (HPLC) an Reinpigmenten und Künstlertubenöl- bzw. Acrylfarben vor. In den Tubenfarben können allein 16 verschiedene synthetische organische Pigmente identifiziert werden. Die Methode ermöglicht eine vollständige Trennung der Pigmentmischungen sowie die Identifizierung der Einzelbestandteile durch Referenzproben. Bindemittel beeinflussen die dünnschichtchromatographische Trennung der Pigmente nicht negativ. Strauß[56] bearbeitet 1984 über 100 synthetische organische Reinpigmente aus der Sammlung des *Doerner Instituts*. Die Proben werden mittels *Dünnschichtchromatographie* (*High Performance Thin-Layer Chromatography;* HPTLC) und *Infrarotspektroskopie* analysiert. Anhand der erstellten Referenzen kann die Zusammensetzung von 32 verschiedenen Künstlertubenfarben bestimmt werden, wobei ca. 20 verschiedene Pigmente identifiziert werden. Für die Identifizierung der Pigmente mit *Infrarotspektroskopie* werden Spektrensammlungen[57] hinzugezogen.

Halpine[58] setzt *Hochleistungsflüssigkeitschromatographie* (*High Performance Liquid Chromatography*; HPLC) mit einem *Fotodiodenarray-Detektor* (PDA) für die Analyse von Farbstoffen und Farblackproben ein; die gleiche Methode wendet Bommel[59] zur Untersuchung von roten Farblacken auf Van Gogh-Gemälden an. Um auch Farbstoffextrakte messen zu können, deren Konzentration unterhalb der Erfassungsgrenze des PDA-Detektors liegen, koppelt Bommel die HPLC-PDA mit einem Fluoreszenz-Detektor und kann damit mehr bzw. andere Farbstoffkomponenten nachweisen, als nur mit dem PDA-Dektor.

Auch *Gaschromatographie (GC)* ist zur Trennung und Identifizierung von synthetischen organischen Farbmitteln in organischen Substanzgemischen geeignet. Sonoda[60] publiziert Ergebnisse von *Pyrolyse-Gaschromatographie* (PyGC) zur Identifizierung von synthetischen organischen Pigmenten. In einer anderen Arbeit untersucht Sonoda[61] den Zerfallsmechanismus von Azopigmenten mit *PyGC-Massenspektrometrie* (PyGC-MS). Die Analysen werden zunächst mit reinen Pulverpigmenten durchgeführt. Bei Proben aus Acryl- und Alkydharzkünstlerfarben stammten zwar die meisten Peaks von Bindemittel-Fragmenten; die Azokomponenten konnten dennoch identifiziert werden. Limitiert wird die Analysemethode durch die Tatsache, dass thermisch und chemisch stabile organische Pigmente, große oder polare Moleküle sowie auch anorganische Bestandteile mit PyGC nicht detektiert werden können. Für anorganische Komponenten wird von der Autorin die Kombination mit *Röntgendiffraktometrie* (XRD) vorgeschlagen.

Für die Identifizierung synthetischer organischer Pigmente haben ***massenspektrometrische***

52 Schulte et al. (2008); Vgl. auch Lutzenberger (2009).
53 Mit chromatographischen Methode können komplexe Mischungen getrennt werden; das Verfahren beruht auf verschieden starker Absorption von gelösten Substanzen an festen Stoffen (mobile und stationäre Phase bei der Dünnschichtchromatographie). Vgl. auch Skoog/Leary (1996), S. 623-649.
54 Schweppe (1963).
55 Milovanović/Ristić-Šolajić (1982).
56 Strauß (1984).
57 McClure (1968); Hummel/Scholl (1981).
58 Halpine (1996).
59 Bommel (2001); Bommel et al. (2005).
60 Sonoda et al. (1993-b).
61 Sonoda (1999).

Methoden[62] ein hohes Potential. Bennett[63] analysiert organische Farbmittel in Multikomponenten-Mischungen mit *Laser-Mikrosonden-Massenspektrometrie* (UV-LDMS). Boon und Learner[64] setzten *temperaturaufgelöste Massenspektrometrie* (direct temperature-resolved, DTMS) und *Laser-Desorption/ Ionisation-Massenspektrometrie* (LDIMS) für die Untersuchung von komplex zusammengesetzten Proben moderner Farben ein; Bindemittel und Pigmente können dabei ohne weitere Probenaufbereitung bzw. Vorbehandlung gemessen werden. Auch Wyplosz[65] wendet LDMS für die Identifizierung organischer Farbmittel an und kann dabei die die analytischen Vorteile der Massenspektrometrie mit der Möglichkeit kombinieren, Farbmittel an Malschichtquerschliffen in situ zu untersuchen. LDI-TOF-MS[66] erwies sich für die Identifizierung von Farbmitteln als wirkungsvolles Tool, während mit MALDI-TOF-MS[67] bessere Ergebnisse beim Nachweis von Additiven in Farbrezepturen erreicht werden konnten. Lomax et al.[68] untersucht 162 synthetische organische Pigmente verschiedener Hersteller mit FTIR sowie mit DTMS und veröffentlicht Tabellen von massenspektrometrischen Daten der charakteristischen Molekül- und Fragment-Ionen. Für Farblacke bzw. salzartige Pigmente (z.B. verlackte ß-Naphthol-Pigmente etc.) eignet sich DTMS nicht.

Röntgendiffraktometrie (XRD) wird vor allem für die Strukturanalyse synthetischer organischer Farbmittel eingesetzt, kann aber auch als komplementäre Technik für die Identifizierung verwendet werden. Pamer[69] untersucht 1978 blaue Acryltubenfarben von 13 Herstellern und kombiniert dabei *Röntgendiffraktometrie (XRD)* mit *Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) und Remissionsspektroskopie.* Zu den untersuchten blauen Pigmenten zählt auch Cu-Phthalocyaninblau (PB 15), das sich in den Tubenfarben aber aufgrund schwacher Beugungslinien nicht immer identifizieren lässt. Da synthetische organische Pigmente grundsätzlich schon eine schwächere Streuung als anorganische Pigmente aufweisen und dazu oft mit Füllstoffen vermischt vorliegen, sind die Diffraktogramme oft von schwacher Intensität. Binant[70] wendet *Röntgendiffraktometrie* in Kombination mit *Differentialthermoanalyse*, *Elektronenmikroskopie* und diffuse *Reflektionsspektroskopie* für die Analyse von roten synthetischen organischen Pigmenten an. Lake und Lomax[71] diskutieren die Möglichkeiten der XRD für Monoazogelbpigmente (bzw. Arylidgelb-Pigmente); die Autorinnen empfehlen, das Pigment zunächst mit organischen Lösemitteln von der Matrix zu trennen und die XRD Analyse dann nur mit dem konzentrierten Farbmittel durchzuführen.

Elementspezifische Methoden der instrumentellen Analytik eignen sich nur eingeschränkt für die Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel. Gegebenenfalls können mit Hilfe solcher Verfahren anorganische Substrate oder Füllstoffe bestimmt werden. Auch die Abwesenheit anorganischer Farbmittel in farbigen Beschichtungsmaterialien kann schon als indirekter Nachweis organischer Farbmittel dienen. Solch ein indirekter Nachweis organischer Farbmittel liegt vor, wenn bei der Untersuchung eines farbigen Beschichtungsmaterials mit elementspezifischen Methoden keine bunten anorganischen Farbmittel durch den Nachweis charakteristischer elementarer Bestandteile identifiziert werden können. Für die zerstörungsfreie Analyse von Kunstwerken ist die *Röntgenfluoreszenzanalyse* (RFA) bereits seit den 1970er Jahren etabliert. Ein wesentlicher Nachteil der RFA liegt darin, dass die so genannten leichten Elemente mit niedriger Ordnungszahl wie Kohlenstoff, Sauerstoff oder Stickstoff nicht bzw. nur unter ganz bestimmten gerätetechnischen Voraussetzungen nachgewiesen werden können. Damit sind die meisten synthetischen organischen Farbmittel (Kohlenwasserstoff-Verbindungen) mit Hilfe der RFA nicht identifizierbar.

Schließlich sei noch angemerkt, dass synthetische organische Farbmittel in Ausmischung mit anorganischen Pigmenten des gleichen Farbtons bei der alleinigen Anwendung elementspezifischer analytischer Methoden leicht ‚übersehen' werden können.

62 Bei der *Massenspektrometrie* wird der Analyt durch Ionisation in Fragmente zerlegt, die unterschiedliche Masse/ Ladungsverhältnisse (m/z) aufweisen. Die Fragmente sind dabei für die Substanzen charakteristisch. - Massenspektrometrie für die Analyse synthetischer organischer Farbmittel fasst Van Breemen (1995) zusammen.
63 Bennett et al. (1990).
64 Boon/Learner (2002); Vgl. auch Learner (2004).
65 Wyplosz (2003).
66 LDI-TOF-MS: Laser Desorption/Ionisation-Time of Flight-Massenspektrometrie.
67 MALDI-TOF-MS: Matrix assisted Laser Desorption/Ionisation-Time of Flight-Massenspektrometrie.
68 Lomax et al. (2007).
69 Pamer (1978), S. 107-118.
70 Binant (1990).
71 Vgl. Lake/Lomax (2007), S. 201; Vgl. Curry et al. (1982).

5. Identifizierung und Klassifizierung der synthetischen organischen Farbmittel aus der technologischen Sammlung des *Instituts für Naturwissenschaften und Technologie in der Kunst* (INTK) an der Akademie der bildenden Künste Wien

Technologische Materialsammlungen spielen als Referenzen in der Forschung und bei der Untersuchung von Kunstwerken mit instrumentell-analytischen Methoden eine immer bedeutendere Rolle.[1] Zugänglich und nutzbar werden die Daten aber erst durch eine systematische Aufarbeitung.
Das *Institut für Naturwissenschaften und Technologie in der Kunst (INTK)* an der *Akademie der bildenden Künste Wien* ist im Besitz einer umfangreichen technologischen Sammlung, die im späten 19. Jahrhundert begründet wurde und neben Bindemitteln und Rohstoffen vor allem Pigmente und Farbstoffe umfasst. Um die Materialien für die Forschung zugänglich zu machen, wurde in den letzten Jahren mit der systematischen Aufarbeitung der Materialgruppen unter materialwissenschaftlich-analytischen Kriterien begonnen. Die Katalogisierung sowie Auswertung der etwa 400 anorganischen Pigmente konnte bereits abgeschlossen werden.[2]
Das folgende Kapitel ist der Aufarbeitung der organischen Farbmittel und hierbei insbesondere den synthetischen organischen Pigmenten der Sammlung gewidmet.

5.1. Die technologische Sammlung am INTK

Die technologische Sammlung am *INTK* umfasst eine große Anzahl unterschiedlicher Materialproben, deren Datierung teilweise bis ins späte 19. Jahrhundert zurückreicht und die sich in dieser Zusammenstellung erst frühestens seit den 1950er Jahren an der Akademie befinden. Farbenchemie und Farbenlehre wurden zuvor lange nur als so genannte ‚Hilfswissenschaften' gelehrt: Seit 1873 zunächst an der Kunstgewerbeschule und ab 1874 dann speziell für Akademie-Studierende in der Handelsakademie.[3] Erst 1950 konnten die vormaligen Hilfsfächer zu einem Extraordinariat angehoben werden und bekamen damit auch eigene Institutsräumlichkeiten.[4]
Das Probenmaterial der Sammlung setzt sich in Bezug auf Herkunft und Alter sehr heterogen zusammen. Verschiedene Sorten von Behältnissen und Gefäßen sowie unterschiedliche Etikettensysteme und verschiedene Nummerierungen deuten darauf hin, dass die Proben der Sammlung aus unterschiedlichen Quellen stammen. Ein Teil des Materials kommt aus der Sammlung des *Technologischen Instituts der Hochschule für Welthandel* (seit 1975 *Wirtschaftsuniversität Wien*).[5] Einige der Proben (bspw. Inv. 1100 und 1110 sowie Inv. 1083, Zinnoberersatz) sind mit einer alten Inventarnummer versehen, die sich aus einem großgeschriebenen lateinischen Buchstaben und einer römischen Ziffer zusammensetzt (Abb. 6). Zum Teil wurde diese Nummer direkt auf das Beschriftungsetikett beschrieben (Inv. 1100, 1110), teilweise sind zusätzliche Etiketten aufgeklebt (Inv. 1083). Eine relativ große Gruppe von den Pigment- und Farbstoff-Proben weist eine schwarze handgeschriebene Ziffern-Nummerierung auf (bspw. Inv. 1100, 1110); die Nummern dieser Inventarisierung laufen bis über 400. Dabei ist allerdings

1 Vgl. Farbstoffsammlung TU Dresden: Albrecht (1996); Fischer (1996); Hafkenscheid-Collection: Pey (1989), Sammlung Friedrich Schmuck Köln: Jägers (2000).
2 Hochleitner (2002).
3 Vgl. Wagner (1967), S. 227-228: Ab 1874 übernahm Dr. Teclu die Farbenchemie-Vorlesungen. Teclu regte 1879 eine *„Versuchsstation für chemische Präparate im Bereich der bildenden Kunst an. Das Kollegium befürwortete diesen Vorschlag und der Rektor wies darauf hin, dass die Malfarben durch die moderne Industrie immer weniger brauchbar würden, so dass der Bedarf vorwiegend im Ausland gedeckt werden müsse. Das Ministerium lehnte jedoch den Antrag im Jänner 1880 […] ab. […] Im nächsten Jahr brachte Teclu neuerlich seine Wünsche vor und ersuchte auch um Vermehrung der Vorlesungsstunden. Die Akademie lehnte dies zwar ab, wurde jedoch im Ministerium vorstellig, man möge Teclu und seinen Schülern die Mitbenützung des chemischen Laboratoriums an der Kunstgewerbeschule gestatten. Dem Ministerium war jedoch offenbar der Eifer des Dozenten eher lästig und es erteilte den Auftrag, mit dem Direktor des österreichischen Museums die Verlegung der Vorlesung an die Kunstgewerbeschule zu vereinbaren. Auf Grund dieser Verhandlungen übernahm Dr. Linke dort den Unterricht für Akademieschüler und Teclu wurde mit September 1883 enthoben. 1889 erhielt Linke den Professorentitel."*
4 Wagner (1967), S. 347. Farbenchemie lehrten 1875-1883 N. Teclu, 1883-1909 F. Linke, 1909-1918 E. Adam, 1919-1941 E. Beutel und 1941-1945 A. Magnaghi. Ab 1942 wird die Lehre von Farbenlehre und Farbenchemie gemeinsam beauftragt. Nach 1945 übernimmt W. Kress die Lehre (bis 1966; anschließend bis 1967 interimistische Leitung durch H. Kortan); von 1967-1998 F. Mairinger, danach interimistische Leitung durch C. Pruscha bis zur Berufung von M. Schreiner, der das Institut seit 2000 leitet.
5 Die Warenkundesammlung des *Technologischen Instituts der Hochschule für Welthandel* ist seit Mitte der 1980er Jahre im *Technischen Museum Wien* (bis auf einen Teil, der für Lehrzwecke verwendet wurde). Seit Ende der 90er Jahre wird die Sammlung in die Datenbank aufgenommen; von den gesammelten Materialien sind jeweils die Objektbezeichnung und eine Inventarnummer bekannt (Freundliche Mitteilung von Dr. Susanne Gruber, 2.1.2009).

nicht eindeutig geklärt, ob diese Nummerierungen komplett vorhanden sind. Eine Übereinstimmung mit bestimmten Inventarnummernsystemen der Proben am Technischen Museum wurde zwar überprüft, konnte aber nicht bestätigt werden.[6] Seit Beginn der Aufarbeitung der Materialsammlung wird mit einem komplett neuen Inventarnummernsystem gearbeitet, das auch für die Datenbankverwaltung maßgeblich ist. [7]

Einige Proben, alle in der gleichen Sorte schlanker Glasgefäße mit Korkverschluss aufbewahrt, weisen überhaupt keine alten Nummerierungen auf (Abb. 7), fallen aber durch einheitliche Etiketten mit einer maschinengeschriebenen Beschriftung als Gruppe auf. Die *ICI*-Proben (Abb. 8) aus den 1950er Jahren, ebenfalls ohne alte Inventarnummerierung, dürften erst in die Sammlung gekommen sein, als sich diese schon auf der *Akademie der bildenden Künste* befand. Die Vertretung der österreichischen Niederlassung von *ICI* befand sich bis Ende der 1990er Jahre am Schwarzenbergplatz in Wien.[8] W. Kress, von 1950 bis 1966 Professor am damaligen *Institut für Farbenchemie und Farbenlehre* an der Akademie, war vor seiner Berufung bei *Kores* (Kohlepapier, Büro- und Schreibwaren; 1887 in Wien gegründet) tätig und dürfte aus dieser Zeit gute Kontakte in die einschlägige Industrie gehabt haben.[9] Jedenfalls sind die *ICI*-Proben aus den 1950/1960er Jahren eindeutig Industriemuster und wurden offenbar mit den entsprechenden Produktinformationskatalogen überreicht. Einige solcher *ICI*-Broschüren[10] befinden sich in der Institutsbibliothek des INTK.

Abb. 6: Links die Aufbewahrung der Proben am INTK; in der Mitte zwei Krapplack-Proben (Inv. 1100, 1110) mit dem Etikett des *Technologischen Instituts der Hochschule für Welthandel* und alten Inventarnummern-Beschriftungen. Auf der Probe rechts (Inv. 1083) ist eine ehemalige Inventarnummer auf einem zusätzlichen Etikett angebracht (A VI).

6 Gespräch und Email-Kommunikation mit Dr. Susanne Gruber (Januar 2009).
7 Hochleitner (2002).
8 Vgl. ICI (1957), S. 222-223: Agencies and Representatives Overseas. Austria: *Firma Bickford & Co. A.G.*, Schwarzenbergplatz 7, Wien III.
9 Persönliche Mitteilung von Prof. Dr. Franz Mairinger (Dezember 2008).
10 Vgl. ICI (1948), ICI (1957), ICI (1958), ICI (1963-a), ICI (1963-a).

Abb. 7: Pigmentproben ohne alte Inventarnummern-Beschriftung in schlanken Gläsern mit Korkverschluss.

Abb. 8: ICI-Pigmentproben, Handelsmuster (1953).

Bei den Materialproben handelt es sich einerseits um Farbmittel, also Pigmente und Farbstoffe, die als Pulver oder Granulat vorliegen, und andererseits um zahlreiche Bindemittel sowie teilweise auch Rohstoffe. Tubenfarben bzw. gebrauchsfertige Pigment-Bindemittel-Gemische sind generell nicht Bestandteil der Sammlung. Von den Farb- und Bindemittelproben kann aber ein Teil den Mal- bzw. Künstlermaterialien zugeordnet werden. Daneben befinden sich auch ausschließlich für den industriellen Bereich produzierte Stoffe unter den Materialien, so beispielsweise viele der Farbstoffe, die vor allem in der Textilindustrie eingesetzt wurden.

Unter den 1346 im Inventar erfassten Materialproben bilden die Farbmittel die größte Gruppe. Darin sind neben den rund 400 Farbstoffen die Pigmente mit etwa 400 anorganischen und über 300 synthetischen organischen Proben die zahlenmäßig größte Materialgruppe.

Nachdem die anorganischen Pigmente aus der Sammlung bereits in den vergangenen Jahren aufgearbeitet und in einer Access®-Datenbank zusammengefasst werden konnten,[11] standen die synthetischen organischen Farbmittel, insbesondere die synthetischen organischen Pigmente und der Ausbau der Datenbank im Mittelpunkt der vorliegenden Dissertation. Schon im Vorfeld des analytisch-

11 Vgl. Hochleitner (2002); Frühmann et al. (2003): Die anorganischen Pigmente der Sammlung wurden von der Autorin mit Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA), Röntgendiffraktometrie (XRD) und Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie (FTIR) gemessen. Spektrennamen bzw. Phasen der Diffraktogramme und Messergebnisse (Elemente bei RFA) wurden in die Datenbank eingetragen, die Spektren sind aber nicht direkt abrufbar. Für die Auswertung der Messergebnisse wurden aus der Vielzahl der anorganischen Pigmente solche herausgegriffen, die zwar unter gleichem Trivialnamen inventarisiert wurden, sich aber chemisch unterscheiden.

experimentellen Teils der Arbeit konnten die Farbmittel durch Recherchen in relevanter Fachliteratur[12] teilweise näher definiert und in Datenbank-Abfragen selektiert nach ‚synthetischen organischen Pigmenten' und ‚synthetischen organischen Farbstoffen' systematisiert werden.[13] Diese Listen und Tabellen konnten für die Erfassung aller Daten hinzugezogen werden und waren für eine übersichtliche Datenauswertung maßgebliche Voraussetzung.
Ergänzend ist noch anzumerken, dass eine Rekonstruktion bzw. Verifizierung der Herkunft der Proben im Rahmen dieser Arbeit, die einen anderen Schwerpunkt setzt, nur ansatzweise verfolgt werden konnte und sich als außerordentlich schwierig erwies. Bereits im Laufe des 19. Jahrhunderts und im frühen 20. Jahrhundert existierten mehrere warenkundliche Sammlungen in Wien, die auf verschiedenen Wegen getrennt, veräußert, überlassen oder später auch aufgelöst wurden. Für eine Vertiefung dieses Themas sei auf die Fachliteratur verwiesen.[14]

5.2. Datenbank

In der Access®-Datenbank der technologischen Sammlung kann eine Vielzahl von Informationen über die Proben erfasst werden. Der Datensatz jeder Probe umfasst die wesentlichen Material-Identifikationsinformationen wie die Benennung, den chemischen Namen, Material Typ und Art sowie außerdem Informationen zum Standort und der Art der Aufbewahrung, zu Materialeigenschaften und den Messergebnissen. Alle Informationen sind in Tabellenformat gespeichert.[15]
Um die synthetischen organischen Farbmittel sinnvoll katalogisieren zu können, wurden die Tabellen *Colour Index Name* und *Colour Index Nummer* ergänzt, die in der Formularansicht im Kopfbereich eingefügt wurden (Abb. 9 und 10).

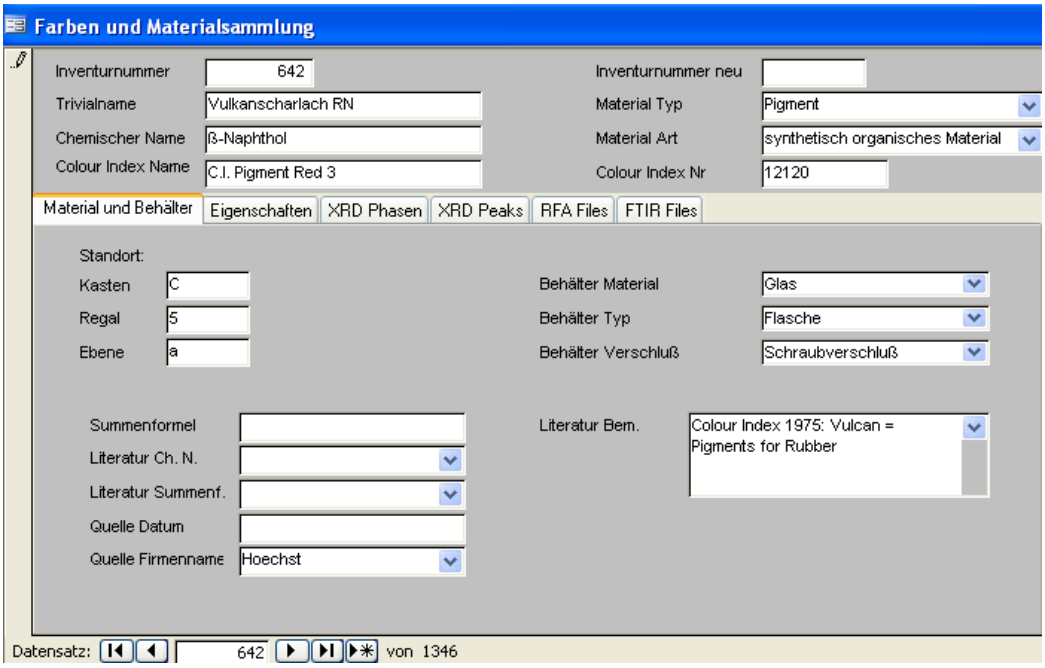


Abb. 9: Access®-Datenbank; Formularansicht (*Material und Behälter)*; Beispiel: Inv. 642.

12 Colour Index, 2. Aufl. (1956-1967); Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998).
13 In der Access®-Datenbank waren zwar alle Farbmittel mit Inventarnummern eingegeben, allerdings fehlten bei noch nicht gemessenen und bearbeiteten Proben die Datensätze zur nähren Charakterisierung (‚Art' und ‚Typ' des Materials). Das betraf fast alle synthetischen organischen Farbmittel. Im Vorfeld der Arbeit war es daher erforderlich, alle diese Proben zumindest als ‚*synthetisch organisch*' vorzudefinieren, damit eine Datenbankabfrage für die relevante Farbmittelgruppe durchgeführt werden konnte, um aus dieser wiederum die ‚*Pigmente*' und ‚*Farbstoffe*' herauszufiltern. Für diese Vor-Klassifizierung wurden in erster Hinsicht Literaturrecherchen sowie der Colour Index [2. Aufl. (1956-1967); 3. Aufl. (1971-1998)] hinzugezogen.
14 Vgl. Luxbacher (1993), Hölzl (1982).
15 Vgl. Hochleitner (2002), S. 117-118: Aufbau der Datenbank.

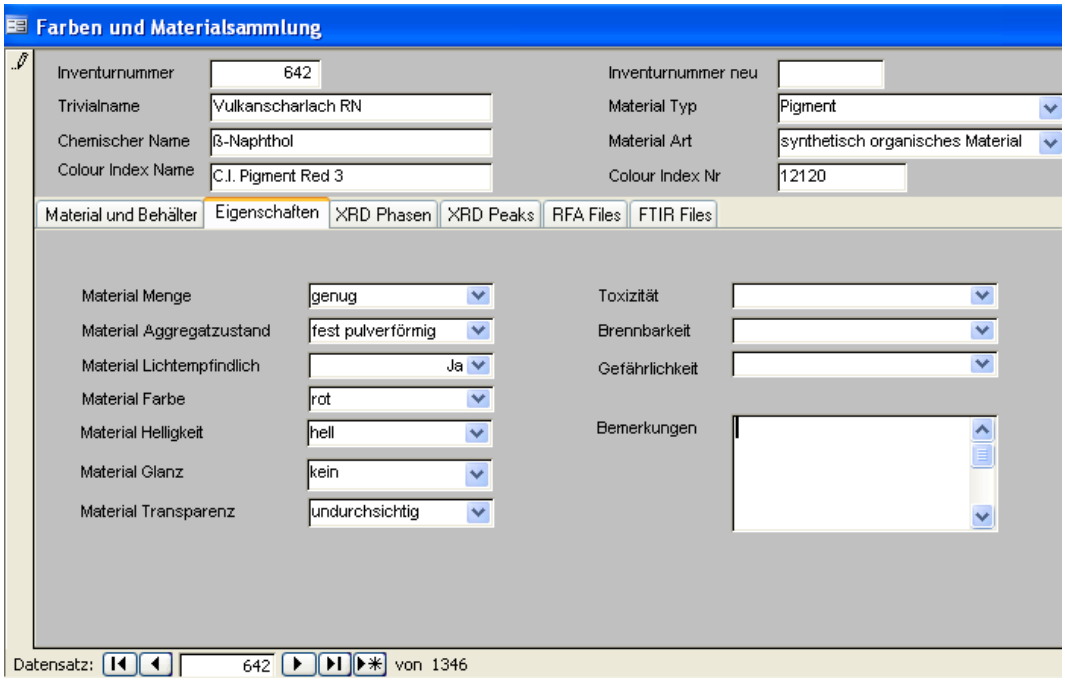


Abb. 10: Access®-Datenbank; Formularansicht (*Eigenschaften*); Beispiel: Inv. 642.

5.3. Synthetische organische Farbmittel der technologischen Sammlung

In der technologischen Sammlung sind von den insgesamt 1346 Mustern über 1100 Proben den *Farbmitteln* zuzuordnen. 699 Materialproben gehören zu den *synthetischen organischen Farbmitteln*. Diese Gruppe kann wiederum in *Farbstoffe* und *Pigmente* unterteilt werden: 394 Proben gehören in die Kategorie der *Farbstoffe*; 305 Proben können als *synthetische organische Pigmente* klassifiziert werden (siehe Tab. 33). Die organischen Pigmente bilden zwar eine große Materialgruppe; im Rahmen der Klassifizierung und analytischen Untersuchungen zeigte sich jedoch, dass es sich teilweise um gleiche Pigmente verschiedener Hersteller handelt. Die Vielfalt unterschiedlicher Substanzen ist damit weniger ausgeprägt, als aufgrund der Anzahl der Proben angenommen werden kann.

Tab. 33: Übersicht zur Anzahl der Farbmittel-Proben und deren Aufteilung.

<table>
<tr><td colspan="4">Gesamtanzahl inventarisierter Proben der technologischen Sammlung am INTK
► 1346</td></tr>
<tr><td colspan="2">Probenanzahl
synthetischer organischer Farbmittel
► 699</td><td rowspan="2">Anorganische Pigmente*
► über 400</td><td rowspan="2">Bindemittel, Rohstoffe, Farbharze u. a.**
► über 200</td></tr>
<tr><td>Farbstoffe***
► 394</td><td>synthetische organische Pigmente
► 305</td></tr>
<tr><td></td><td>32 Gelb
9 Orange
22 Rosa
75 Rot
27 Violett
33 Grün
42 Blau
53 Krapp****
8 Braun
4 Schwarz</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">*Alle von Hochleitner (2002) bearbeiteten Proben besitzen neue Inventarnummern (1-406); die Proben wurden dabei nach Farbgruppen katalogisiert. Da auch in der Kategorie der ursprünglich ‚synthetisch organisch' deklarierten Proben weitere anorganische Pigmente gefunden wurden, ist die Anzahl insgesamt noch höher.
**Einige Proben fallen in keine der genannten Kategorien (bspw. Kunststoff-Vorprodukte).
***Zu den synthetischen organischen Farbstoffen kommen noch vier natürliche Farbstoffe, so dass sich die Gesamtzahl auf 397 erhöht.
****Gruppe von Anthrachinonfarbstoff-Farblacken, die mit ‚Material Farbe' = ‚Krapp' abgefragt werden können. Die meisten gehören zu den Alizarinkrapplacken.</td></tr>
</table>

5.3.1. Synthetische organische Farbstoffe

Die synthetischen organischen Farbstoffe der Sammlung stammen aus unterschiedlichen industriellen Anwendungsbereichen (bspw. Textil- oder Kunststoffeinfärbung) und wurden im Rahmen dieser Arbeit systematisch katalogisiert, charakterisiert und gemessen.
Grundsätzlich ist eine der Farbstoffcharakterisierung nach dem Colour Index zu bevorzugen. Die Farbstoffe sind dort nach ihrem färbenden Prinzip eingeteilt und werden in *Direct Dyes*, *Acid Dyes*, *Basic Dyes (Cationic Dyes)*, *Vat Dyes* und *Mordant Dyes* untergliedert. Außerdem ist die chemische Konstitution jeder Substanz durch die fünfstellige *CI Constitution Number* definiert. Soweit im Rahmen der Recherche zu den synthetischen organischen Pigmenten möglich, wurden auch die Colour-Index Bezeichnungen der Farbstoffe in die Datenbank eingetragen.
Eine Datenbankabfrage nach einer bestimmten Farbe eines Farbstoffs (z.B. alle roten synthetischen organischen Farbstoffe) ist prinzipiell zwar möglich, kann jedoch nicht sinnvoll eingesetzt werden, da sich die Tabelle ‚*Farbe'* auf die Materialfarbe der Probe bezieht. Diese entspricht oft nicht dem färberischen Ergebnis, so dass der Abfragemodus ‚*Farbe*' für Farbstoffe zu missverständlichen Ergebnissen führen kann.

5.3.2. Synthetische organische Pigmente und Farblacke

Die vorliegende Arbeit ist in erster Hinsicht der Aufarbeitung der synthetischen organischen Pigmente der Sammlung gewidmet. Dabei erweist es sich als zweckmäßig, innerhalb dieser Gruppe aus

systematischen Gründen zwischen ‚industriellen organischen Pigmenten' und ‚Farblacken und Mischpräparaten' zu unterscheiden.

5.3.2.1. Industrielle organische Pigmente

Unter *industriellen organischen Pigmenten* werden im Rahmen dieser Arbeit vor allem die primären Produkte der Farben- bzw. Farbstoffindustrie verstanden. Systematisch gehören diese im Wesentlichen den im Kapitel 2.3. vorgestellten Pigmentklassen an und lassen sich üblicherweise über ihren Handelsnamen (*Commercial Name*) im *Colour Index* recherchieren und identifizieren. Ein großer Anteil der synthetischen organischen Farbmittel der Sammlung ist diesen rein industriellen Pigmentprodukten zuzurechnen. Diese liegen meist hoch konzentriert im originalen Mustergebinde des Herstellers vor. Einige der Proben wurden allerdings vor einiger Zeit schon in Sekundärgebinde umgefüllt und haben damit ihre originale Etikettierung und mit dieser wichtige Informationen verloren.

5.3.2.2. Farblacke und Mischpräparate

Unter der Rubrik *Farblacke und Mischpräparate* werden Proben zusammengefasst, die entweder als Farblacke aus einem (synthetischen) organischen Farbstoff und anorganischem Substrat oder auch als Pigmentmischungen mit organischem Farbmittelanteil identifiziert werden konnten.
Farblacke, die früher aus natürlichen, dann seit dem letzten Drittel des 19. Jahrhunderts aus synthetischen Farbstoffen und einem anorganischen Substrat durch Fällung hergestellt wurden, hatten bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts in der Farben- und Lackindustrie eine große Bedeutung. Während die traditionellen Pflanzenfarblacke oder Farblacke aus Farbstoffen tierischer Herkunft meist unter bekannten Namen gehandelt wurden, lassen sich aus den Namen der Farblacke aus synthetischen Farbstoffen oft keine Rückschlüsse mehr auf die chemische Zusammensetzung der Substanz ziehen. Ähnlich verhält es sich mit den Pigmentmischungen; allerdings liegen bei letzteren im Gegensatz zu den Farblacken meistens zwei ‚bunte' Farbmittel nebeneinander vor, wobei zumindest ein Bestandteil den synthetischen organischen Farbmitteln zugerechnet wird.
Für die Farblacke des Pigmentfarbenherstellers *Siegle* konnten im *BASF*-Archiv Rezepturen recherchiert werden (Vgl. 9.4.4.).

5.4. Probenkategorien und Farbenfabrikation

Durch die heterogene Herkunft der Proben und die divergierenden Einsatzgebiete der Farbmittel der Sammlung bedingt, können innerhalb der Gruppe der synthetischen organischen Pigmente – unabhängig von der chemischen Konstitution der Materialien – verschiedene Pigment-Produktkategorien unterschieden werden.
Diese Kategorien spiegeln vor allem die Situation am Farbenmarkt bzw. in der Farbmittelfabrikation wider. Die Farbenfabrikation war bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts spezialisiert und in verschiedene Teilfabrikationen bzw. Betriebe aufgeteilt. Für die Herstellung von synthetischen organischen Farbmitteln stand grundsätzlich die Farbstoffindustrie an erster Stelle, welche die Farbstoffe oder später auch synthetische organische Pigmente produzierte. Sie lieferte den Farbstoff an eine Pigmentfarbenfabrik, welche diesen verlackte oder mit anderen Farbmitteln oder Füllstoffen verkollerte und dem fertigen Pigment dann einen neuen Namen gab. Die Pigmentfarbenfabriken lieferten aber nicht direkt an den Verbraucher, sondern an den Händler oder Kleinfabrikanten; dieser benannte die Pigmente erneut anders und verschnitt sie gegebenenfalls.[16] Verkompliziert wurden die Bezeichnungen durch Fabrikationsablauf und Zwischenhandel. Die älteren synthetischen organischen Pigmente oder Farbstoffe sind aber oft noch unter Namen geläufig, die sich entweder abkürzend auf die chemische Fachbezeichnung beziehen oder erste bzw. alte Handelsbezeichnungen als Überbegriff für Pigmente einer spezifischen Gruppe übernehmen.[17]

5.4.1. Pigmente und Farbstoffe – Primäre Produkte der Farbstoffindustrie

Diese einzelnen Stufen der Farbenfabrikation und des Handels spiegeln sich auch in den Proben der technologischen Sammlung des *INTK* wider: Viele der Materialien sind Farbstoffe oder Pigmente, die aus den Sortimenten einer der großen Farbstofffabriken kommen. Da einige der Farbmittel aus den 1920er bis 1930er Jahren stammen, ist oftmals *I.G. Farben* als Hersteller vermerkt (die vormaligen *I.G.*-Gesellschaften waren seit 1925 in einem Konzern vereint und führten nur noch den gemeinsamen Firmennamen). Solche Proben, die erwiesenermaßen aus der Produktion der Farbstoffindustrie kommen, konnten anhand ihres Handelsnamens meist im ‚Colour Index (CI)' aufgefunden, mit ihrer CI-Nummer sowie dem CI-Namen benannt und dadurch identifiziert werden. Dabei zeigen schon Beispiele aus dieser Probenkategorie, dass durch die primären Handelsnamen bereits Verwirrung verursacht wurde, wie beispielsweise bei den *Litholrubin*-Proben (*I.G. Farben)*, die nur durch den letzten Buchstaben-Zusatz im Namen unterschieden werden können: Der lösliche Azofarbstoff heißt *Litholrubin BN* (Inv. 251), während *Litholrubin BK* (Inv. 918; Abb. 11) das schwerlösliche Pigment PR 57 (50815) bezeichnet. Falls Etiketten auf einem originalen Farbstoff- oder Pigment-Probenbehälter erhalten sind, können aus diesen oft zusätzliche Informationen abgeleitet werden. So ist die Probe eines frühen *Fanal* Pigments von *BASF* (Inv. 223: *Fanal Blue RM (I.G.)* = Kupfer-Eisencyanid-Komplex von C.I. Basic Violet 4 (42600, CF) bzw. PB 14 (42000:1, PTM/PM) nicht nur unter historischen Aspekten, sondern vor allem durch das Etikett interessant. Das erste *BASF*-Logo wurde 1873 eingeführt und stammt aus der Zeit, als die Firma eine Fusion mit *Knosp* and *Siegle* in Stuttgart einging. Daher zeigt es auch die Wappentiere von Stuttgart (Pferd) und von Ludwigshafen (Bayerischer Löwe). Das 1922 als Warenzeichen eingeführte sogenannte *BASF-Ei* wurde offenbar nur für Düngemittel eingesetzt.[18] Nach der Fusion der *BASF* 1925 mit fünf anderen Unternehmen zur *Interessengemeinschaft Farbenindustrie AG* (*I.G. Farben*) wurden bis 1945 die Pigmente und Farbstoffe aller Firmen gemeinsam als *I.G.*-Produkte vertrieben.[19] Nach der Entflechtung des *I.G. Farben* Konzerns und der Neuetablierung der *BASF* im Jahr 1952 wurde das

16 Wagner (1924), S. 160; Vgl. auch Kapitel 3.2.1.
17 *Hansagelb* für gelbe Monoazoverbindungen verschiedener Konstitution (z.B. PY 1; 1909 patentiert) dürfte davon noch die bekannteste sein. *Toluidinrot* war bzw. ist dagegen schon weniger geläufig. Diese Trivialbezeichnung ist für Pigment Red 3 (PR 3; 1904 patentiert) teilweise noch üblich. *Litholrot* (PR 49; 1899 patentiert) und *Litholrubin* (PR 57; 1903 patentiert) sind weitere Beispiele.
18 Vgl. Abelshauser (2003), S. 135; Vgl. http://books.google.at/books?pg=PA135-IA2&dq=BASF+ei&id=dFS0N0YLgTEC&output=html (access 10.11.2008).
19 Vgl. Teltschik (1992), S. 82: Nach der Fusion der fünf Unternehmen zur I.G. Farben AG wurde der Farbstoffmarkt mit seinen unzähligen Handelsmarken (oft gleiche Farbstoffe von unterschiedlichen Herstellern) bereinigt und dabei von den bisher 32 000 Handelstypen 60 % (!) eingestellt.

alte Firmenzeichen wieder verwendet, allerdings mit einer Krone und dem Firmennamen ergänzt.[20] Da auf dem *Fanal Blau RM*-Probengefäß zwar das alte Logo, aber ohne Krone zu sehen ist, und der Verbindungstyp zwar schon 1913 patentiert wurde, die *Fanal*-Pigmente aber vor allem erst zwischen den beiden Weltkriegen Bedeutung erlangten,[21] handelt es sich bei der Probe wahrscheinlich um ein *BASF*-Pigment aus dem Zeitraum zwischen 1918 und 1925.

Abb. 11: *I.G. Farben* Pigmente und Farbstoffe. *Litholrubin BN* (Inv. 251; Acid Dye), *Litholrubin BK* (Inv. 918; PR 57:1), *Lackorange GR* (Inv. 915; Acid Orange 12, 15970).

Abb. 12: *I.G. Farben* Pigmente. *Fanalviolett R Supra* (Inv. 141; PV 3), *Fanalrosa B Supra* (Inv. 914; PR 81) und *Fanalrosa 6B* (Inv. 913; PV 2, 45175:1).

20 Dieses Firmenzeichen wurde dann parallel neben dem schon 1953 entworfenen Hohlblockbuchstaben-*BASF*-Schriftzug bis in die 1960er Jahre verwendet und erst durch den Neuentwurf 1968 abgelöst. Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/BASF (access 10.11.2008).
21 Herbst/Hunger (1995), S. 548.

Abb. 13: *Fanal*-Pigment von *BASF* (Inv. 223, *Fanal Blue RM (I.G.)*, Kupfer-Eisencyanid-Komplex von C.I. Basic Violet 4, 42600 (CF), [PB 14, 42000:1 (PTM/PM)]) und Detail aus dem Etikett (rechts).

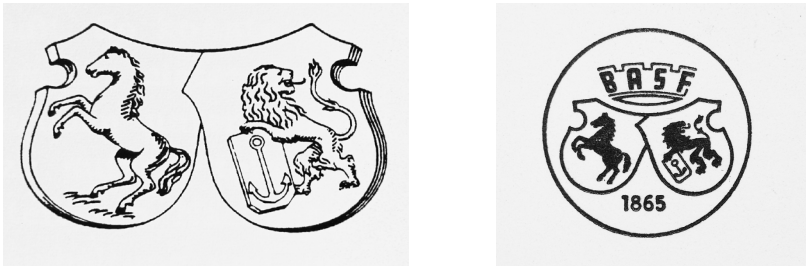
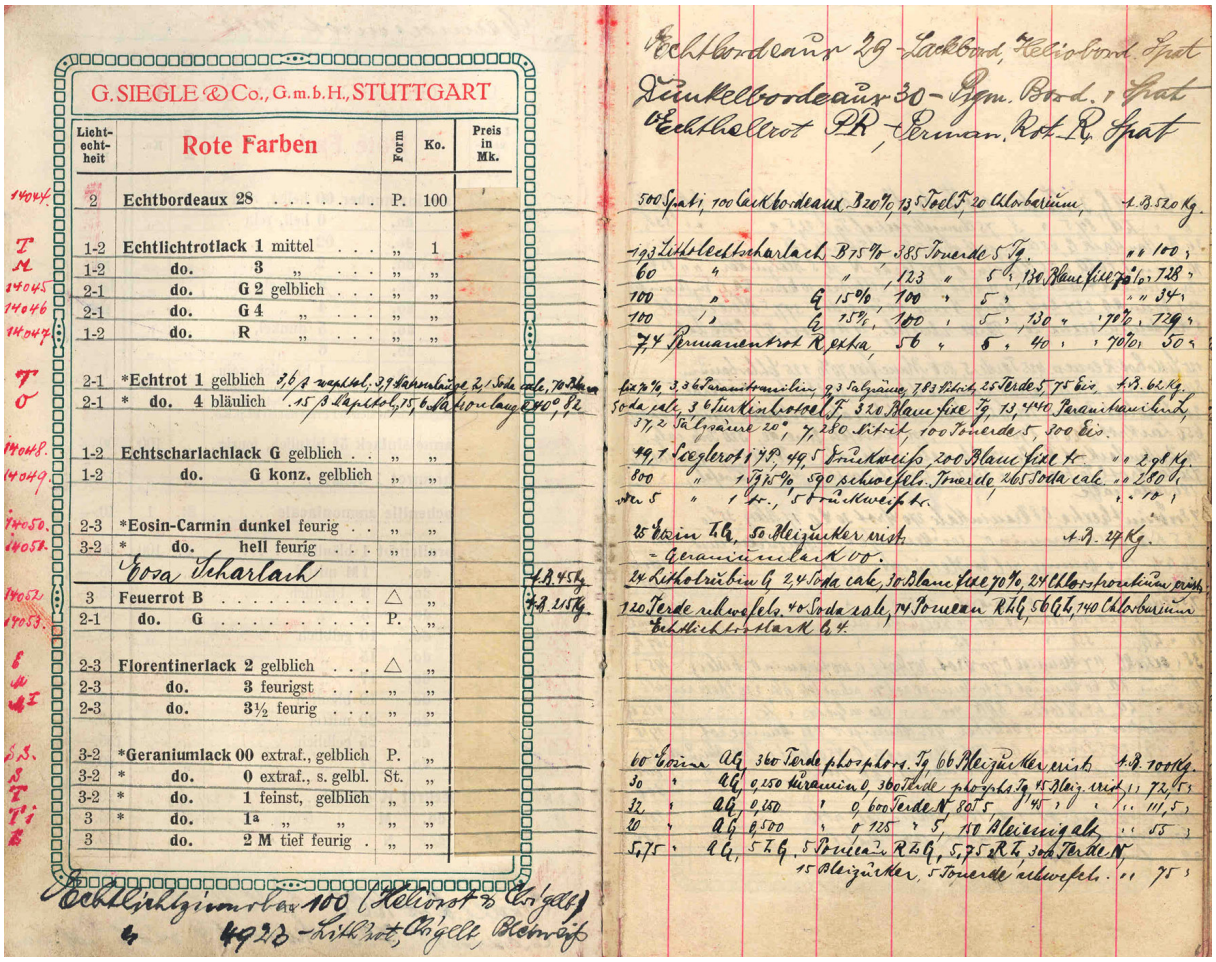


Abb. 14: *BASF*-Logo (1873-1922) mit den Wappentieren von Stuttgart und Ludwigshafen (links; *Siegle*-Logo) und *BASF*-Logo nach 1952 (rechts).

5.4.2. Farblacke von Pigmentfarbenherstellern (Buntfarbenfabriken)

Neben den Proben, die aus dem Sortiment der großen Farbenfabriken stammen, existiert eine zweite Probenkategorie. Diese Materialien kommen aus der Fabrikation so genannter ‚Pigmentfarbenfabriken'. Viele Proben aus dieser Kategorie in der *INTK*-Sammlung sind von *Siegle*[22] produziert (Abb. 17). Der Farbmittelhersteller *Siegle* steht als Unternehmen exemplarisch für die Präparationsbetriebe bzw. Pigmentfarbenfabriken (auch ‚Buntfarbenfabriken'), die eine wichtige Zwischenposition im Farbenfabrikationsablauf einnahmen. An der Schnittstelle zwischen den Farbstofffabriken der farbenchemischen Industrie und dem Handel bzw. den Kleinfabrikanten produzieren sie nicht im eigentlichen Sinne für den Endverbraucher.[23] Obwohl *Siegle* eigentlich in erster Hinsicht als Pigmentzubereitungsbetrieb gilt, wurden ab den 1920er/1930er Jahren zum Teil auch selber Azopigmente synthetisiert, jedoch nur geringe Marktanteile im Vergleich zu den Pigmentzubereitungen, Verlackungen und Pigmentmischungen erreicht.[24] Die *Siegle*-Probe *Persischgelb 3C* (Inv. 959) aus der *INTK*-Sammlung ist ein typisches Farblackprodukt aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Das Material wurde durch Verlackung von zwei Monoazofarbstoffen (*Orange II* und *Ponceau GV*) mit Bariumchlorid ($BaCl_2$) hergestellt (*Siegle*-Preisliste mit Produktionsnotizen, 1904/1912, *BASF*-Archiv). Auch das Pigment *Hellgelber Lack 9* (Inv. 961) ist ein Farblack von *Siegle*, der durch Fällung eines Quinoline-Farbstoffes (C.I. Solvent Yellow 33, 47000; Ba, Al) auf Bariumsulfat produziert wurde (*Siegle*-Preisliste mit Produktionsnotizen, 1912, *BASF*-Archiv).[25]

22 Rühle (1992), Vgl. auch Kapitel 9.4.4.: Das Unternehmen Siegle wurde 1840 gegründet. Hauptgeschäft der Firma war die Herstellung von Pigmentpulvern; dazu zählten sowohl anorganische Mineralpigmente wie auch Farblacke aus synthetischen organischen Farbstoffen. *Siegle* fusionierte 1873 mit der *BASF*; das Unternehmen wurde jedoch 1889 wieder eigenständig. Erst 1970 erwarb die *BASF* schließlich die gesamte *Siegle*-Gruppe.
23 Wagner (1924), S. 160.
24 Rühle (1992), S. 139.
25 Vgl. Kapitel 6/ Experimenteller Teil; Kapitel 6.3.6. Farblacke und Pigmentmischungen.



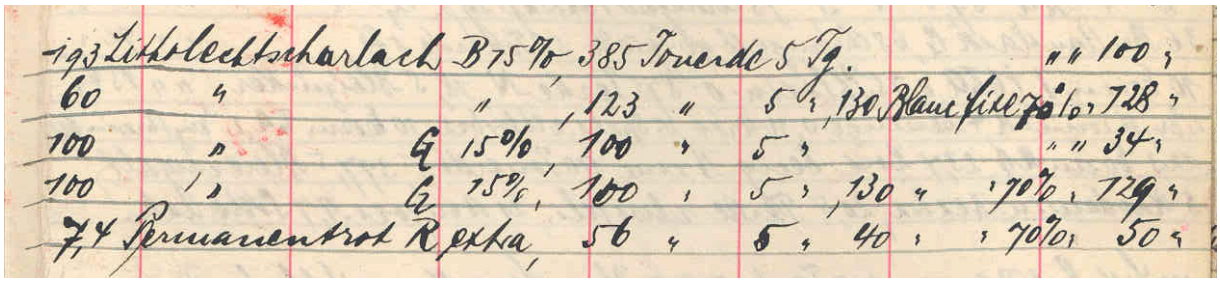


Abb. 15: *Siegle* Preislisten mit Farblackrezeptur-Notizen (1912) und Rezept-Detail von *Echlichtrotlack* (Litholechtscharlach B); *BASF*-Archiv.

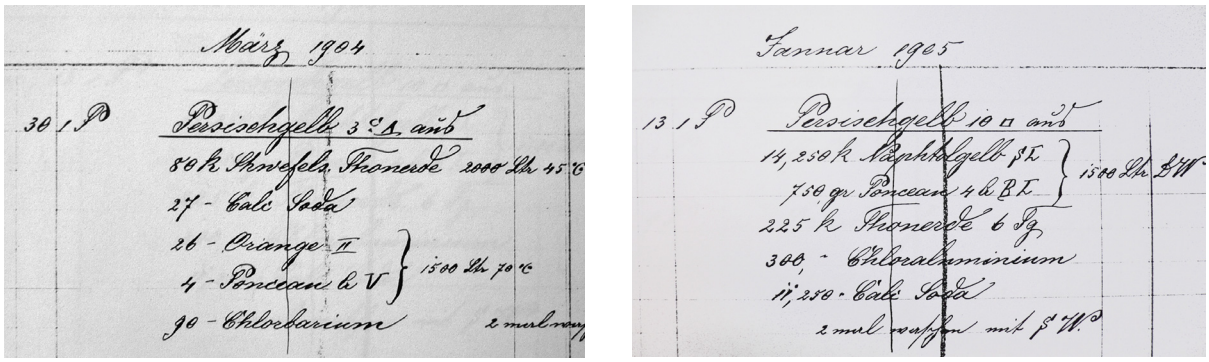


Abb. 16: *Siegle* Preislisten; Farblackrezeptur von *Persischgelb* aus den Jahren 1904 (links) und 1905 (rechts); *BASF*-Archiv.

Abb. 17: Ausgewählte Pigmentproben (*Siegle)*: *Blaulack 7349* (Inv. 1065; verlackter blauer Farbstoff, $BaSO_4$) und *Echtlichtblau 318215* (Inv. 1063; PB 15:1 (?) + $BaSO_4$), *Rotviolett D 447* (Inv. 142; PV 3), *Persischgelb 3C* (Inv. 959; *Orange II* = CI Acid Orange 7 + Ponceau GV; Ba, Al) und *Hellgelber Lack 9* (INV. 961; CI. Solvent Yellow 33, 47000; Ba, Al).

5.4.3. Pigmente und Farblacke von Farbenhändlern

Pigmente, die von kleineren Vertriebs- oder Handelsunternehmen bzw. Farbenhändlern kommen, gehören der dritten Probenkategorie an. Meist sind diese Pigmente mit Füllstoffen verschnitten und mit Einzelhandelsetiketten versehen. Zu dieser dritten Kategorie gehören die Proben aus dem *Kaufhaus Oberpollinger* in München (Abb. 18). Die Proben *Geranium, rot* (Inv. 861, 879) sind verschnittene Eosin-Farblacke, auf deren Etikett noch der Zusatz *Phantasiebezeichnung* vermerkt ist. Besonders interessant ist die Probe *Krapplack, dunkel* (Inv. 1118), obwohl diese kein synthetischer Alizarin-Krapplack, sondern ein natürliches Krapplack-Pigment ist.[26] Die Zusatzbezeichnung als *Normalfarbe der deutschen Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren* fungierte entsprechend eines Beschlusses von 1886 zeitweilig als so genanntes ‚Gütesiegel', dessen Führung nur wenigen ausgewählten deutschen Herstellern bzw. Händlern gestattet wurde, die hochqualitative Farbmittel (ohne Füllstoffe) vertrieben. Dem Etikett nach dürfte die Probe aus der Zeit zwischen 1905 und 1915 stammen, da das *Kaufhaus Oberpollinger* erst 1905 eröffnet und das *Normalfarben*-Etikett bereits 1915 wieder aus dem Verkehr genommen wurde.[27]

Abb. 18: Pigmentproben *Krapplack dunkel* (Inv. 1118, links) und *Geranium, rot I* (Inv. 861, rechts), beide *Kaufhaus Oberpollinger*, München.

26 Vgl. Auswertung der Messergebnisse, Kapitel 6, Tab. 42.
27 Trillich (1928), S. 31.

6. Experimenteller Teil – Identifizierung und Klassifizierung der synthetischen organischen Farbmittel der Materialsammlung mit RFA und FTIR

Für die Aufarbeitung, chemische Identifizierung und Klassifizierung der synthetischen organischen Pigmente und Farbstoffe aus der institutseigenen Materialsammlung wurden Messergebnisse der *Röntgenfluoreszenzanalyse* (RFA) und der *Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie* (FTIR) ausgewertet und die Informationen über die Pigmentproben in einer Datenbank katalogisiert. Beide instrumentell-analytischen Methoden stehen am *Institut für Naturwissenschaften und Technologie in der Kunst* (INTK) an der *Akademie der bildenden Künste in Wien* zur Verfügung. Während sich die FTIR-Spektroskopie als verbindungsspezifische Methode vor allem bei substratfrei vorliegenden organischen Farbmittel für deren Identifizierung anhand charakteristischer Absorptionsmuster im Fingerprintbereich eignet, konnte die RFA als elementspezifische Methode wichtige Informationen zur Bestimmung von gegebenenfalls vorliegenden Substraten, Füllstoffen oder Verschnittmitteln liefern.
In die Messungen wurden alle jene Proben der Farben- und Materialsammlung miteinbezogen, die nach erster Evaluierung durch Literaturrecherchen den synthetischen organischen Farbmitteln zugeordnet werden konnten.[1] Bei Pigmentproben, deren Zuordnung zu den organischen oder anorganischen Farbmitteln noch nicht geklärt war,[2] konnte meist schon durch die RFA eine erste Charakterisierung vorgenommen werden.
Alle Proben wurden zuerst mit RFA und anschließend mit FTIR gemessen. Vor Beginn der Messungen wurde von jeder zu untersuchenden Substanz etwas Material in transparente 0,5 ml PCR-Proberöhrchen abgefüllt. Dadurch konnte das Handling mit den teilweise historischen Originalgebinden auf ein Minimum beschränkt und ein effizienter Arbeitsablauf bei hoher Probenanzahl ermöglicht werden.

6.1. Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)

Zur Bestimmung der elementaren Zusammensetzung der Pigmentproben wurde die energiedisperse Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) angewendet. Im Folgenden werden Methode, Geräteaufbau und Messbedingungen beschrieben. Ausführliche Darstellungen zur RFA finden sich zahlreich in der Fachliteratur.[3]

6.1.1. Prinzip der Röntgenfluoreszenzanalyse

Röntgenstrahlung ist als kurzwellige energiereiche Strahlung in der Lage, elektronisch angeregte Ionen zu erzeugen. In den Probeatomen werden Elektronen aus den inneren Orbitalen (K, L, M) herausgeschlagen. Durch Übergänge von Elektronen aus höheren Energieniveaus, können die angeregten Ionen wieder ihn ihren Grundzustand zurückkehren. Dabei tritt eine für das jeweilige Element charakteristische Emission von sekundärer Röntgenstrahlung - die so genannte Röntgenfluoreszenz - auf.[4] Für die Detektion dieser Röntgenstrahlung unterscheidet man zwischen wellenlängendispersiven (WDXRF) und energiedispersiven (EDXRF) Verfahren.
Bei der wellenlängendispersiven Methode wird die Sekundärstrahlung der Probe an einem Kollimator parallel ausgerichtet und an einem Analysatorkristall gebeugt. Dabei kann nur jeweils ein bestimmter Wellenlängenbereich und damit auch nur eine definierte Gruppe von Elementen zeitgleich detektiert und als wellenlängenabhängiges Spektrum aufgenommen werden. Um mehrere Wellenlängenbereiche abdecken zu können, kommen verschiedene Beugungskristalle zum Einsatz, die sich durch unterschiedliche Gitterkonstanten *d* auszeichnen.[5] Bestimmte Geräte ermöglichen auch, durch

1 Die zahlenmäßig nicht ins Gewicht fallenden natürlichen organischen Farbmittel wurden ebenfalls gemessen, in dieser Arbeit aber keiner spezifischen Auswertung unterzogen.
2 Hier sind Proben gemeint, die entweder nicht etikettiert waren oder mit handschriftlich unleserlichen Beschriftungen bezeichnet wurden. Diese Materialien wurden in die Messungen inkludiert. Pigment- oder Farblackproben, die mit Phantasienamen benannt sind und von kleineren Farbenhändlern stammen, konnten ebenfalls meist erst nach der RFA zugeordnet werden.
3 Skoog/Leary (1996), S. 403-410: Röntgenfluoreszenzmethoden; Glinsman (2005); Janssens/Van Grienken (2004).
4 Vgl. Skoog/Leary (1996), S. 403-410: Röntgenfluoreszenzmethoden.
5 Skoog/Leary (1996), S. 397: Die brauchbare Wellenlängenbereich eines Kristalls wird durch die Gitterkonstante bzw. den Gitterabstand *d* definiert. Kristalle mit großem Gitterabstand decken einen größeren Wellenlängenbereich ab, als solche mit

Veränderung des Winkels zwischen Probe und Analysatorkristall sequentiell verschiedene Bereiche des Spektrums zu messen oder besitzen mehrere individuelle Kanäle aus geeignetem Kristall und Detektor (Vielkanalgeräte). Die genannten Bedingungen bringen für die WDXRF den Nachteil mit sich, dass für die Aufzeichnung der Spektren verhältnismäßig lange Messzeiten benötigt werden und die Geräte zudem relativ teuer sind; allerdings können mit 5-15 eV bessere Auflösungen als bei der EDXRF (150-250 eV) erreicht werden, so dass eng nebeneinander auftretende Intensitäten noch differenziert werden.[6]

Bei energiedispersiven Verfahren der Röntgenfluoreszenzanalyse wird die durch das Probenmaterial emittierte sekundäre Röntgenstrahlung in einem Vielkanalanalysator detektiert. Dabei werden alle Energien gleichzeitig gemessen, in ein elektrisches Signal umgewandelt und als Spektrum aufgezeichnet. Als Detektor wird häufig ein lithiumdotierter Siliziumkristall verwendet. Während der Aufzeichnungszeit der Signale können keine weiteren Impulse verarbeitet werden. Die in dieser Zeitspanne auftreffende Strahlung wird nicht detektiert und geht im Untergrund auf. Die Vorteile der EDXRF liegen in der raschen und unkomplizierten Aufnahme von Spektren, was vor allem für die Durchführung von Routineanalysen sowie beim Messen von großen Probezahlen eine Rolle spielt. Während die Auflösung der Spektren hinter der Auflösung der WDXRF zurückliegt, weist die EDXRF jedoch eine geringere Nachweisgrenze für die Elemente auf.[7]

6.1.2. Geräteaufbau und Messparameter

Die RFA-Messungen der Proben wurden mit einem energiedispersiven Röntgenfluoreszenzspektrometer des Herstellers *Tracor Northern* (heute *Thermo Electron Corp.*), *Tracor X-Ray Spectrace 5000* durchgeführt. Das Gerät ist mit einer Rhodium-Röntgenröhre und einem lithiumdotierten Halbleiterdetektor [Si(Li)] ausgestattet, der mit flüssigem Stickstoff gekühlt wird (Abb. 19/A). Als Filter sind Cellulose, Aluminium, Kupfer und Palladium/dünn wählbar. In der Probenkammer, die für die Messungen geschlossen werden muss, können bis zu 10 Probekapseln positioniert werden; neben Messungen an Luft ermöglicht der Probenraum auch Vakuumbedingungen. Bedingt durch die begrenzte Dimension der Probenkammer ist das Gerät im Rahmen der Untersuchung von Kunstwerken vor allem für Materialien geeignet, die eine Probeentnahme erlauben.

Die RFA-Messungen der synthetischen organischen Farbmittel wurden bei drei verschiedenen Primärenergien (8 kV, 30 kV, 50 kV) durchgeführt, um die optimalen Anregungsbedingungen für alle in der Probe enthaltenen Elemente zu gewährleisten. Die 30kV-Messung wurde jeweils als erste ausgeführt. Da es sich bei einigen der Proben um organische Verbindungen handelte, die keine Anteile detektierbarer Elemente [Na (11) bis U (92)] enthielten, wurde gegebenenfalls auf die 50 kV-Messung verzichtet. In der Tabelle 34 sind die Messbedingungen für die drei verschiedenen Röhrenspannungen aufgeführt.

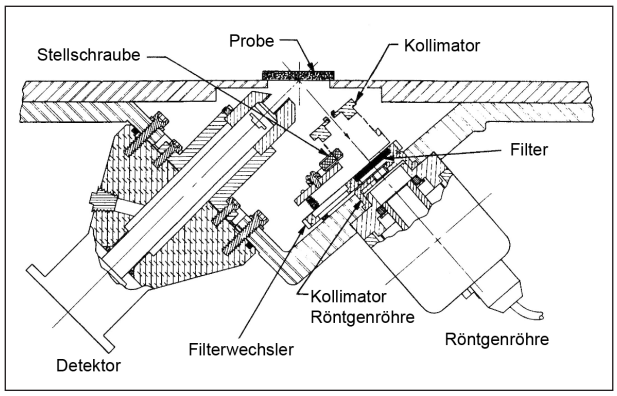
Tab. 34: Messbedingungen für 8 kV, 30 kV und 50 kV Röhrenspannung.

Röhrenspannung	**8 kV**	**30 kV**	**50 kV**
Anodenmaterial der Röntgenröhre	Rhodium	Rhodium	Rhodium
Anodenstrom	0,35 mA	0,35 mA	0,35 mA
Filter	-	Aluminium	Palladium, dünn
Atmosphäre	Vakuum	Luft	Luft
Aufwärmzeit	5 sec	-	-
Aufzeichnungszeit	100 sec	100 sec	100 sec

geringerem. Allerdings wird bei großen d-Werten die Streuung geringer, das heißt, die Dispersion verhält sich umgekehrt proportional zum Gitterabstand *d*.

6 Glinsman (2005), S. 6.

7 Glinsman (2005), S. 6-7; Vgl. Skoog/Leary (1996), S. 404-405; S. 409-410.



(A) (B)

Abb. 19: (A) Strahlengangschema [Tracor X-Ray (1989), S. 2-5] und (B) Probekapseln für die RFA.

6.1.3. Durchführung der RFA-Messungen und Datenverarbeitung

Als Probebehälter wurden für das Probenkarussell des Röntgenfluoreszenzspektrometers *Tracor X-Ray Spectrace 5000* passende Kunststoffkapseln verwendet, die mit einer austauschbaren transparenten *Mylar*-Folie (Polyethylenterephthalat, PETP) als Probeauflagefläche bespannt werden können (Abb. 19/B). Dazu wird die Folie über einen Kunststoffzylinder gelegt und durch eine Steckverbindung mit einem zweiten, etwas größeren Ring gestrafft und fixiert. Die Probemengen der Pigmente und Farbstoffe wurden so gewählt, dass mindestens die Fläche von etwa 10 mm^2 bedeckt wurde. Bei der Positionierung der Probe war darauf zu achten, dass sich die Substanz im Fokus der primären Röntgenstrahlung befindet.
Alle Proben wurden einzeln nacheinander gemessen. Abhängig von der Materialzusammensetzung musste teilweise während der Messung der Anodenstrom variiert werden, da der vorgewählte Röhrenstrom von 0,35 mA bei höheren Anteilen von schwermetallhaltigem Material in der Probe [z.B. Blei (Pb), Wolfram (W), Molybdän (Mo)] meist zu hoch war und zu Todzeiten über 60% führte.
Die aufgenommenen Spektren wurden in verschiedene Dateiordner[8] gespeichert, qualitativ ausgewertet und die Ergebnisse in die Datenbank übernommen.

6.2. Fourier-Transformations-Infrarot-Spektroskopie (FTIR)

Die Infrarotspektroskopie ist als verbindungsspezifische instrumentell-analytische Methode für die Untersuchung und Identifizierung von vor allem organischen Materialien ein häufig eingesetztes Verfahren. Viele der synthetischen organischen Farbmittel der Sammlung konnten anhand ihrer FTIR-Spektren identifiziert und als Ergebnis der Arbeit eigene Referenzspektren-Bibliotheken erstellt werden.[9]
Im Folgenden wird die Methode der Infrarotspektroskopie vorgestellt; weiterführend sei auf die umfangreiche Fachliteratur verwiesen.[10]

6.2.1. Beschreibung der Methode der Infrarotspektroskopie

Die FTIR ist eine verbindungsspezifische Methode, mit der Information über die Molekülstruktur gewonnen werden kann. Das Verfahren basiert auf der Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung des Infrarotbereichs [Wellenlänge (λ) 0,78 µm bis 1000 µm] mit dem Probenmaterial. Infrarotstrahlung[11]

8 File: 200-399 für die 8 kV-Messungen, 400-599 für 30kV und 600-799 für 50 kV im Ordner \ANKE2003 und \ANKE2005 auf der Festplatte des Rechners gespeichert. Die Dateien wurden in ASCII-Files umgewandelt, um auch mit geräteunabhängiger Software gelesen und ausgewertet werden zu können.
9 Vgl. Kapitel 6.2.3.
10 Günzler/Gremlich (2003); Derrick et al. (1999); Gottwald/Wachter (1997); Skoog/Leary (1996), S. 274-320.
11 Skoog/Leary (1996), S. 274: Der Infrarot-Spektralbereich umfasst den Wellenlängenbereich von 0,78µm -1000µm bzw. Wellenzahlbereich 12 800-10cm^{-1}; weiter unterteilt wird in Bezug auf den visuellen Spektralbereich in Nahes IR (NIR), Mittleres IR (MIR) und Fernes IR (FIR).

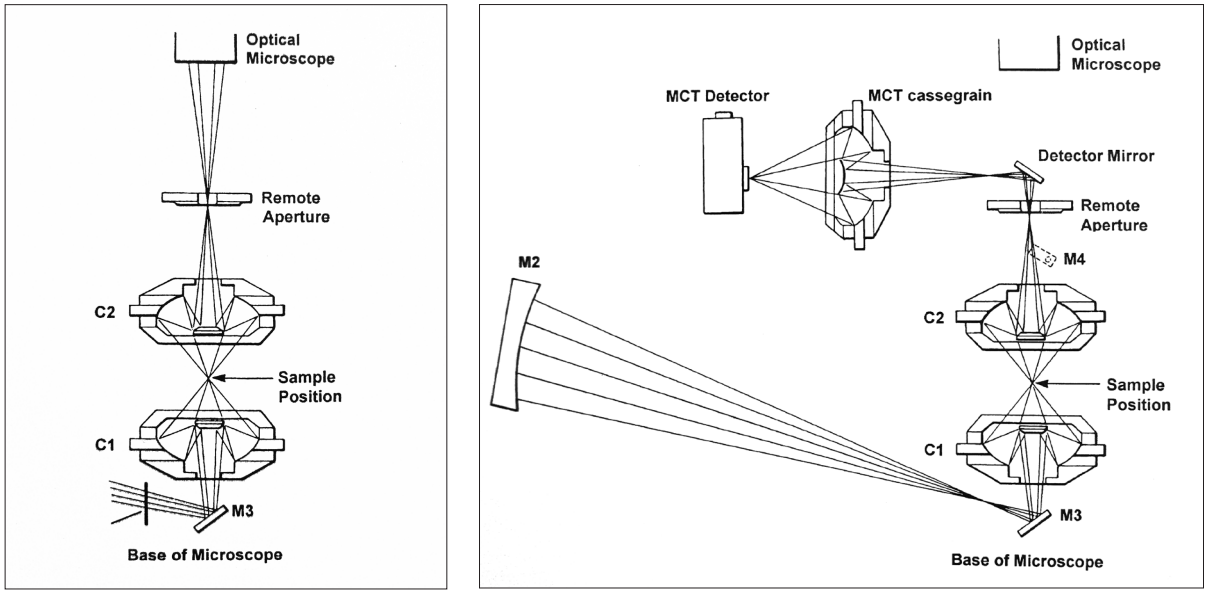
schließt als Spektralbereich an das Spektrum des sichtbaren Lichts im längerwelligen, energieärmeren Bereich an. Die meisten Anwendungen nutzen den mittleren Infrarotbereich (MIR: 2,5 µm bis 25 µm).
Obwohl die Energie von IR-Strahlung nicht ausreicht, um Elektronenübergänge hervorzurufen, können Übergänge zwischen energetisch gequantelten Schwingungszuständen angeregt werden. Voraussetzung dafür ist, dass durch die Absorption der Energie eine Gesamtänderung des Dipolmoments eintritt. Durch Absorption der Energie werden in den Molekülen Bindungsschwingungen angeregt, die zu charakteristischen Absorptions-Spektren führen. Diese spezifischen bandenreichen Absorptionsmuster eignen sich insbesondere bei organischen Verbindungen sehr gut für deren Identifizierung durch Vergleich mit FTIR-Spektren bekannter Substanzen anhand charakteristischer IR-Absorptionsbanden im so genannten Fingerprintbereich.[12]
Bei der Infrarotspekroskopie wird die Absorption der IR-Strahlung als Transmissionswert gemessen; d.h. es wird jener Anteil der Strahlung detektiert, der nicht von der Probe absorbiert wurde. Die Infrarotspektren werden als Transmissions (*T*)- oder Extinktions- bzw. Absorbanz (*A*)-Spektren dargestellt. Dabei ist die Transmission $T = I/I_0$ (mit I_0 = Intensität der Strahlung; I = Intensität der von der Probe durchgelassenen Strahlung); die Extinktion ist der negative dekadische Logarithmus der Transmission $A = \log_{10} 1/T$ bzw. $A = \log_{10} I/I_0$. Im Infrarotspektrum wird die Durchlässigkeit einer Probe bzw. die Intensität der durchgelassenen IR-Strahlung (Ordinate) in Bezug auf die Wellenzahl (Abszisse) aufgetragen. Die Wellenzahl ($\tilde{\nu}$) ist dabei ein Maß für die Anzahl von Einzelschwingungen pro 1 cm zurückgelegtem Weg der Strahlung. Wellenlänge und Wellenzahl verhalten sich umgekehrt proportional zueinander; die Energie und Frequenz der absorbierten Strahlung sind dagegen direkt proportional zur Wellenzahl. Die Wellenzahl ($\tilde{\nu}$) ist der reziproke Wert der Wellenlänge (λ) $\nu = 1/\lambda$ [cm] und der Quotient aus der Frequenz (ν) und der Lichtgeschwindigkeit (c): $\tilde{\nu} = \nu / c$ cm^{-1}.[13]
Lange waren vor allem dispersive IR-Spektrometer für die Aufzeichnung von IR-Spektren im Einsatz; heute sind FTIR-Spektrometer üblich, die meist auf dem Prinzip des Michelson-Interferometers beruhen. Während dispersive Geräte das IR-Spektrum durch sequenzielle Messung einzelner Wellenzahlen aufnehmen, wird in den Interferogrammen die Intensität des Signals als Funktion der Zeit dargestellt (Spiegelbewegung). Mit der Fourier-Transformation[14] können die Signalintensitäten in eine Funktion der Frequenz bzw. Wellenzahl überführt werden und sind damit als interpretierbares Spektrum darstellbar.[15]
Die FT-Infrarotspektroskopie hat gegenüber der dispersiven IR-Spektroskopie mehrere Vorteile: Interferometer erreichen eine konstante Auflösung über den gesamten Spektralbereich. Während der Messung treffen alle Frequenzen gleichzeitig auf den Detektor; es trägt immer der gesamte Spektralbereich zum Signal bei, wodurch sich das Rauschen des Detektors auf alle Spektralelemente verteilt und das Signal/Rausch-Verhältnis deutlich verbessert wird (*Multiplex*- bzw. *Fellgett*-Vorteil). Im Gegensatz zu dispersiven Geräten, die schmale Spalte verwenden, wird in FTIR-Spektrometern mit kreisrunden Blenden gearbeitet und dadurch ein wesentlich höherer Lichtdurchsatz erreicht (*Throughput*- bzw. *Jacquinot*-Vorteil). Durch die hochpräzise Spiegelpositionsbestimmung für die Fourier-Transformation erreichen FTIR-Spektrometer eine sehr hohe Wellenzahlgenauigkeit (*Connes*-Vorteil). Des Weiteren ermöglichen FTIR-Geräte, die Spektren in sehr kurzer Zeit zu messen. In einem Interferogramm ist bereits die gesamte spektrale Information enthalten. Durch die höhere Empfindlichkeit können mit FTIR-Spektrometern auch geringere Konzentrationen erfasst werden als mit dispersiven Geräten.[16]
Die FTIR-Spektroskopie ermöglicht heute durch unterschiedliche Mess- und Präparationsmethoden eine Vielzahl an Untersuchungsmöglichkeiten, die in Abhängigkeit von Materialzusammensetzung, Probengröße und Fragestellung angewendet werden. Für sehr kleine Proben eignet sich die FTIR-Mikroskopie, die jedoch mit relativ hohen Gerätekosten verbunden ist und gegebenenfalls aufwändige Probenvorbereitung erfordert.
Für sehr geringe Probemengen bietet das Messen auf einer Diamantzelle Vorteile; die Probe kann

12 Wellenlängenbereich zwischen etwa 1500 und 700 cm^{-1}, der durch Wechselwirkungen der Schwingungen im Molekülgerüst bei komplizierten organischen Molekülen charakteristischen Bandenreichtum und daher für die Identifizierung durch Vergleich geeignete Absorptionsmuster aufweist.
13 Skoog/Leary (1996), S. 275-176; Günzler/Gremlich (2003), S. 9-12; Gottwald/Wachter (1997), S. 9-14.
14 Gottwald/Wachter (1997), S. 41-42: Jean Baptiste Fourier (1768-1830); Skoog/Leary (1996), S. 67-68: Die Fourier-Transformation ist eine mathematische Operation, die davon ausgeht, dass periodische Bewegungen durch eine Summe einfacher Sinus- und Cosinusterme beschrieben werden können. Vgl. auch Günzler/Gremlich (2003), S. 58-62.
15 Gottwald/Wachter (1997), S. 38-41.
16 Günzler/Gremlich (2003), S. 57-58; Gottwald/Wachter (1997), S. 45-46.

dabei unter dem Stereomikroskop auf der Diamantoberfläche präpariert und im Transmissionsmodus gemessen werden. Die Diamantzelle kann direkt in den Strahlengang eingebracht werden, optimal ist allerdings die Kombination mit der FTIR-Mikroskopie. Durch die Möglichkeit, ausgewählte Bereiche der Probe zu fokussieren, können kleinste Probemengen gegebenenfalls noch einmal differenziert gemessen werden.[17]

6.2.2. Geräteaufbau und Messparameter

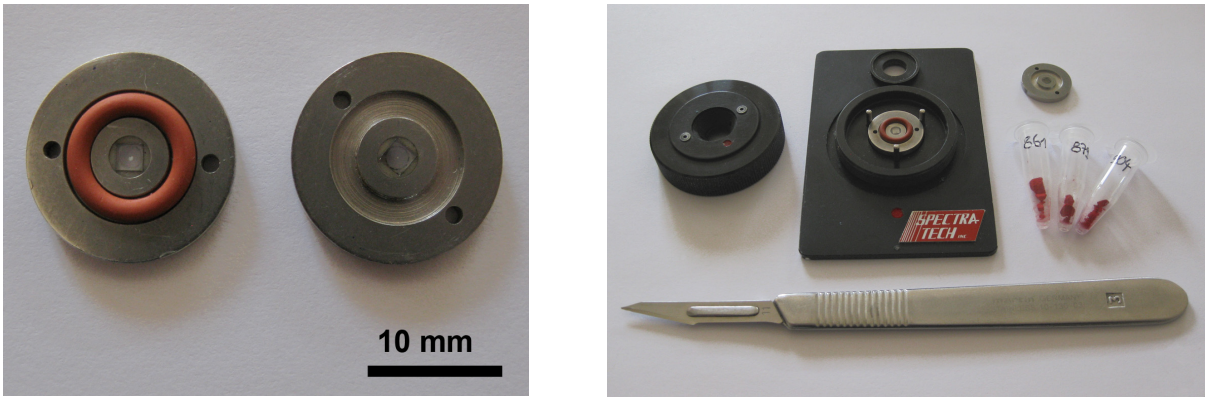
Die FTIR-Analysen wurden mit einem Gerät der Firma *Perkin Elmer*, Typ Spectrum 2000, kombiniert mit einem Mikroskop (i-Series) durchgeführt. Das Mikroskop verfügt über zwei optische Systeme (linsenfreie Cassegrain-Optik), die ein Fokussieren der Probe im sichtbaren Licht und anschließend die Untersuchung im IR-Bereich ermöglichen, ohne den Fokus zu verändern (Abb. 20). Die Proben wurden auf eine Diamantzelle präpariert und im Transmissionsmodus gemessen (Abb. 21). Alle Messungen wurden mit einer 100 µm Blende bei einer Auflösung von 4 cm^{-1} im Scanbereich 4000-580 cm^{-1} vorgenommen. Dabei wurde jede Probe an mindestens drei verschiedenen Positionen gemessen. Die aufgenommenen Spektren wurden rechnerisch nachbearbeitet, um einen Vergleich mit Referenzdaten zu ermöglichen.[18] Dafür wurde zunächst eine Basislinienkorrektur durchgeführt und anschließend das Spektrum als Absorptionskurve normiert und geglättet. Alle genannten Operationen sind rechnerische Nachbearbeitungen, die bei geringer Probemenge oder schwer zu präparierenden Substanzen einen Vergleich mit anderen, meist in größerer Intensität vorliegenden Spektren ermöglichen, jedoch nicht die Qualität – also beispielsweise das Signal-Rausch-Verhältnis – verbessern können.
Während für die Messung mit KBr-Presslingen zumindest 20 µg Pigmentpulver[19] benötigt werden, um ein aussagekräftiges Spektrum zu erhalten, kann die Probemenge durch das Messen auf der Diamantzelle noch einmal deutlich heruntergesetzt werden.



(A) (B)

Abb. 20: (A) Strahlengang beim Fokussieren der Probe im Transmissionsmodus [Perkin Elmer (1994), S. 45] und (B) IR-Strahlengang bei der Spektren-Messung im Transmissionsmodus [Perkin Elmer (1994), S. 48].

17 Learner (1996); Learner (1998), S. 10; Derrick et al. (1999), S. 58-59; McCawley (1975).
18 Die Normierung der Spektren ist für eine spätere Verwendung in *der PE Spectrum Search Plus-Software*® unbedingt erforderlich; vor allem Spektren mit Transmissionswerten über 100% werden bei der Bibliothekssuche nicht mehr korrekt angezeigt (alle Werte über 100% werden abgeschnitten) und sind damit als Referenz-Spektren unbrauchbar.
19 McClure (1968), S. 583.



(A) (B)

Abb. 21: Diamantzelle (A) und Probenpräparation auf der Diamantzelle (B).

6.2.3. FTIR-Messungen und Aufbau von Referenzspektren-Bibliotheken

Die gemessenen Spektren und die rechnerisch nachbearbeiteten Daten wurden nach Probenkategorien gespeichert (*synthetische organische Pigmente* und *Farbstoffe*) und für die Farbgruppen getrennte Ordner angelegt. Die Datei-Namen der Spektren mussten sechsstellig gewählt werden, um den Kriterien der Perkin Elmer-Bibliotheks-Software *Spectrum Search Plus*®[20] zu genügen. Dabei war es sinnvoll, das gleiche Benennungs-System beizubehalten, welches bereits für die anorganischen Pigmente der Sammlung verwendet wurde und sich aus einem Code für den *Typ* des Materials und der *Inventar-Nummer* zusammensetzt.[21] Im Gegensatz zu den anorganischen Pigmenten wurde die Farbe nicht mit einbezogen, weil der Datei-Name bei vierstelligen Inventar-Nummern schon durch eine der gewählten Material-Typ-Codierungen (‚op') sechsstellig und damit nicht erweiterbar war. Die Datei-Namen der synthetischen organischen Pigmente beginnen mit ‚op' (für *organische Pigmente*; ‚f' für *Farbstoffe* und ‚k' für *Krapplack*), anschließend wird die Inventar-Nummer vierstellig bzw. bei Farbstoffen und den Krapplack-Proben fünfstellig eingesetzt. Der komplette Spektrendatei-Name lautet dann beispielsweise ‚op0153.sp' für *Hansagelb* (Inv. 153/C.I. Pigment Yellow 1). Alle Files wurden im sp-Format (*Perkin Elmer*), aber auch im asc-Format als ASCII-Files abgespeichert, um die Daten auch mit *Excel*®, *Origin*® und mit der Chemometrie-Software *Unscrambler*® öffnen und bearbeiten zu können.
Alle gemessenen und rechnerisch nachbearbeiteten FTIR-Spektren wurden anschließend für den Aufbau von Referenzbibliotheken verwendet. Um eine selektive Bibliotheksabfrage zu ermöglichen, wurden für die synthetischen organischen Pigmente, Farbstoffe und Krapplacke drei verschiedene Bibliotheken aufgebaut.
Zusätzlich konnte für die FTIR-Spektren von 224 synthetischen organischen Pigmenten aus dem *Organic Pigment Archiv* der *Tate Modern*[22] ebenfalls eine eigene Spektren-Bibliothek angelegt und mithilfe dieser die Identifizierung einiger Proben der Sammlung unterstützt werden (Abb. 22).

Spektrenreferenz-Bibliotheken:

SynthOrgPigmente.slb → 247 Einträge
Krapplack.slb → 54 Einträge
Farbstoffe.slb → 403 Einträge
Pigmente Tate.slb → 224 Einträge

20 Software *Spectrum Search Plus 7.5*, Perkin Elmer, 40 Winter Street, Waltham, Massachusetts 02451, USA, http://www.perkinelmer.com.
21 Vgl. Hochleitner (2002).
22 Die Referenzspektren (Tate Organic Pigment Archive, Millbank, London SW1P 4 RG) wurden freundlicherweise von Dr. Tom Learner, G*etty Conservation Institute (GCI),* zur Verfügung gestellt.

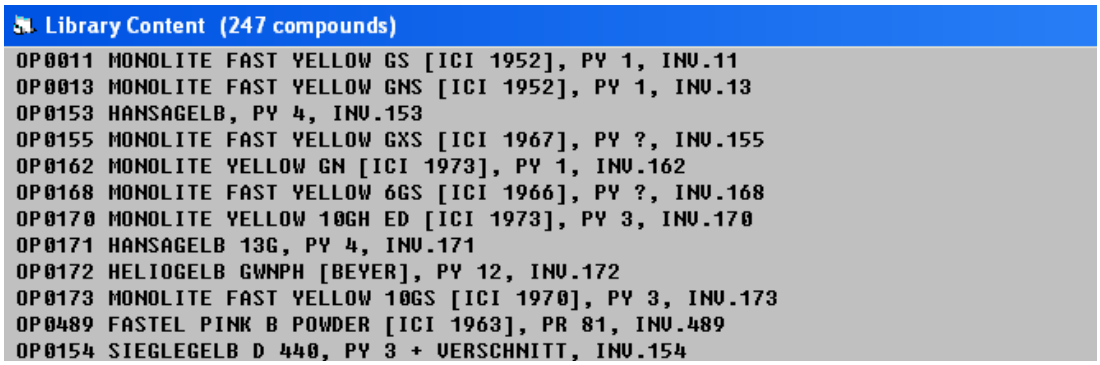


Abb. 22: Perkin Elmer Spectrum Search Plus: FTIR-Referenzspektren-Bibliothekseinträge (*Synthetische organische Pigmente* mit 247 Einträgen).

6.3. Auswertung der Messergebnisse

Insgesamt wurden im Rahmen der Arbeit etwa 700 synthetische organische Farbmittel katalogisiert und mit RFA sowie FTIR gemessen. Die RFA-Spektren wurden qualitativ ausgewertet. Für die Identifizierung der Farbmittel mit FTIR wurde vor allem der Vergleich mit Referenzspektren durchgeführt. Die Spektreninterpretation zeigte sich für die Identifizierung weniger geeignet, weil bei den komplizierten organischen Pigment-Molekülen die Vielzahl der überlagerten Schwingungen im Fingerprintbereich nur schwer bestimmten chemischen Strukturen zugeordnet werden können. Falls es nicht möglich ist, eine Referenz zu finden, können aufgrund ähnlicher charakteristischer Bandenkombinationen zumindest Rückschlüsse auf die Pigmentklassenzugehörigkeit der Probe gezogen werden (Vgl. Abb. 23 und 24).[23]

23 Hummel/Scholl (1981), S. 73.

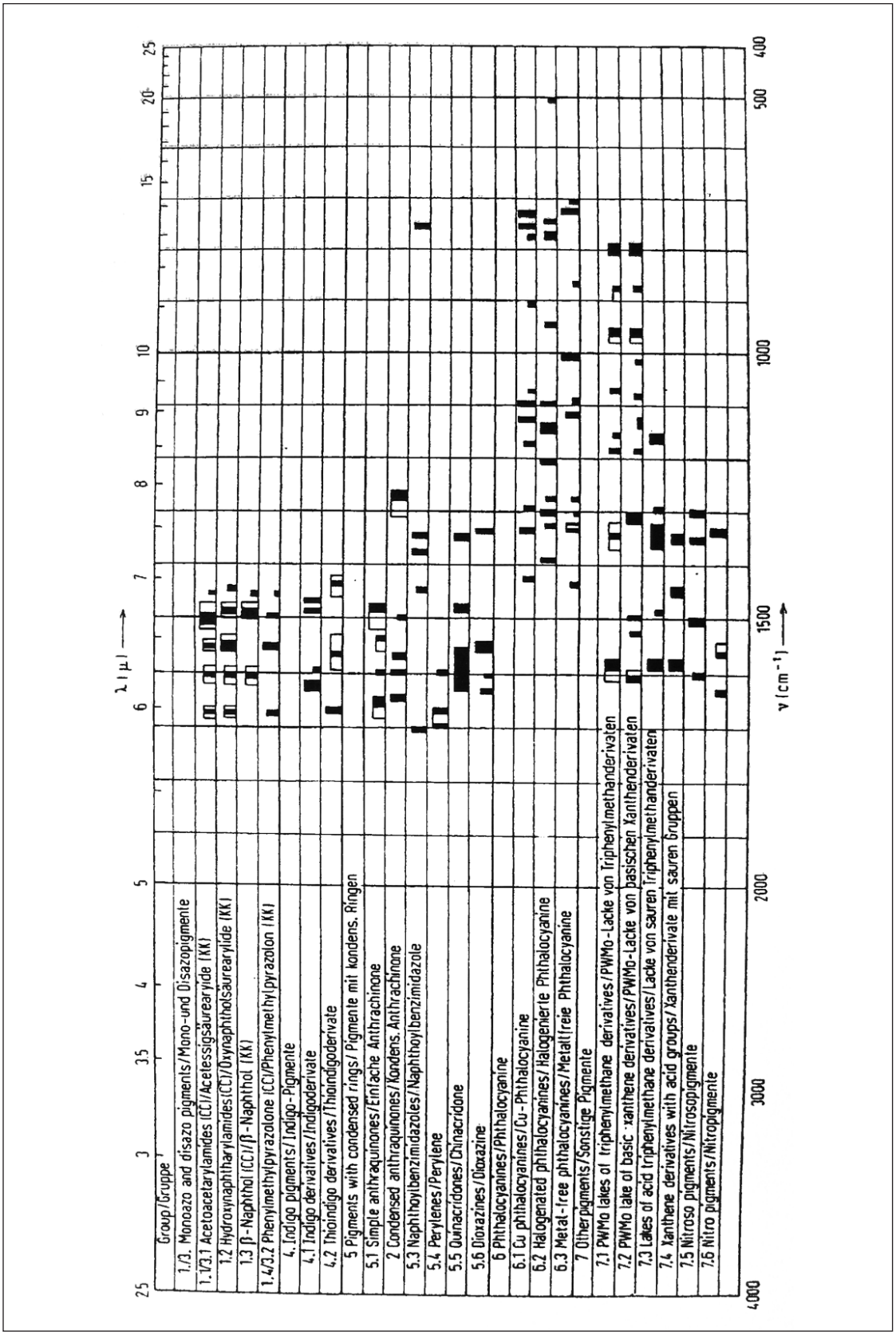


Abb. 23: Wellenzahl-Positionen charakteristischer Banden in FTIR-Spektren für verschiedene Klassen synthetischer organischer Pigmente [Hummel/Scholl (1981), S. 73].

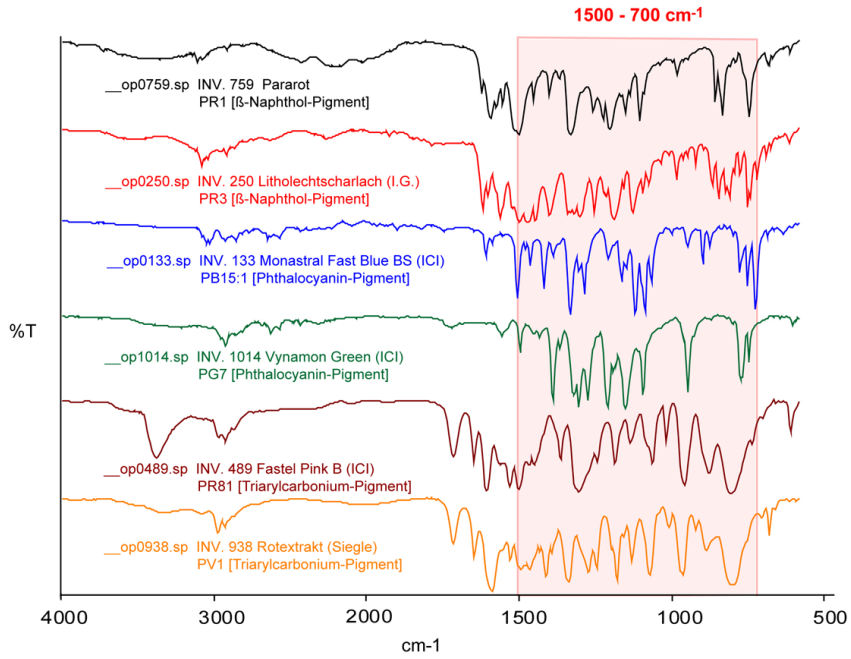


Abb. 24: FTIR-Spektren von synthetischen organischen Pigmenten aus drei unterschiedlichen Pigmentklassen (je zwei Proben aus der ß-Naphthol-, Phthalocyanin- und Triarylcarbonium-Pigmentklasse). Innerhalb einer Pigmentklasse weisen die Spektren der Pigmente ähnliche charakteristische Bandenkombinationen auf. Der Fingerprintbereich des FTIR-Spektrums (etwa 1500-700 cm-1) ist rot unterlegt.

Die Klassifizierung von unbekannten synthetischen organischen Pigmenten durch Zuordnung pigmentklassenspezifischer Banden erfordert Erfahrung und den visuellen Abgleich der charakteristischen Absorptionsbanden der Spektren, was bei einer derartig großen Vielfalt von Farbmitteln bzw. Pigmenten mit einem sehr hohen Aufwand verbunden ist. Daher wurde diese Problemstellung auch später wieder aufgegriffen, um die Eignung von Klassifikationsmethoden der multivariaten Datenanalyse für solche Aufgaben zu überprüfen (Vgl. Kap. 8).
Die qualitative Auswertung der RFA- und FTIR-Messungen wird im folgenden Abschnitt zusammengefasst. Ein großer Anteil der Materialien konnte durch die Kombination von Informationen aus der Literatur mit den Ergebnissen der RFA und den Vergleich mit FTIR-Referenzspektren[24] charakterisiert und identifiziert werden. Für die systematische Auswertung der Messungen werden die Proben tabellarisch zusammengefasst und nach Farben gruppiert. Diese Gliederung entspricht der *Colour Index*-Systematisierung (Vgl. Kap. 2.2.2). Pigmentmischungen oder Farblacke, Krapplack-Proben und Farbstoffe werden in jeweils eigenen Tabellen ausgewertet.

6.3.1. Gelbe und orange synthetische organische Pigmente

In der Gruppe der gelben synthetischen organischen Pigmente sind im Wesentlichen Pigmente der Monoazogelb-Klasse, der Diarylgelb-Klasse und ein Triarylcarbonium-Pigment vertreten. Eine der Monoazogelbproben, *Monolite Fast Yellow GXS* (Inv. 162), konnte nicht eindeutig identifiziert werden, weist aber ein ähnliches FTIR-Spektrum wie PY 1 auf.[25] Proben aus jüngeren Pigmentklassen, die erst in den 1950er/60er Jahren entwickelt bzw. auf den Markt gekommen sind und im gegenwärtigen Farbensortiment Bedeutung haben, wie bspw. Benzimidazolon-Pigmente (Vgl. Kap. 2.3.1.6.),

24 FTIR-Referenzspektren von 224 synthetischen organischen Pigmenten (Tate Organic Pigment Archive, London); 400 FTIR-Spektren anorganischer Pigmente (Hochleitner 2002; INTK-Materialsammlung); FTIR-Referenzspektren verschiedener Materialgruppen: *Infrared and Ramen Users Group Spectral Database*, Edition 2000, (www.irug.org).
25 In den ICI-Firmenkatalogen wird das Pigment *Monolite Fast Yellow GXS* als Monoazogelb-Pigment bezeichnet. Eine Colour Index Nummer wird nicht angegeben. Auch in den späteren Ausgaben des Colour Index [3. Aufl. (1971-1998)] wird das Pigment nicht aufgelistet.

Disazokondensationspigmente (Vgl. Kap. 2.3.1.7.) oder Isoindolinon- und Isoindolin-Pigmente (Vgl. Kap. 2.3.1.9.), sind in der Sammlung nicht vertreten.
Unter den Proben der orangefarbenen industriellen Pigmente gibt es nur drei verschiedene Pigmenttypen unterschiedlicher Hersteller; dabei handelt es sich um fünf verschiedene Proben von PO 13 (Inv. 497, 566, 749, 780; Disazopyrazolon-Pigment; 1910 patentiert; Vgl. Kap. 2.3.1.2.) und zwei Proben PO 5 (Inv. 668, 1301; ß-Naphthol; 1907 patentiert; Vgl. Kap. 2.3.1.3.).
Die Probe Inv. 959 (*Persischgelb 3C*, Siegle) ist höchstwahrscheinlich das verlackte ß-Naphtholpigment C.I. Pigment Orange 17, 15510:1 (Vgl. Kap. 6.3.6.).

Tab. 35: Gelbe synthetische organische Pigmente (26 Proben), geordnet nach Colour Index.

	Inv.-Nr.	Handelsname	Pigmentklasse	Colour-Index Name	CI-Nr.
1	11	Monolite Fast Yellow GS	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 1	11680
2	13	Monolite Fast Yellow GNS	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 1	11680
3	158	Monolite Yellow GN	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 1	11680
4	946	Monolite Fast Yellow GNS Powder	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 1	11680
5	948	Monolite Fast Yellow GNS Powder	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 1	11680
6	956	Monolite Fast Yellow GS Powder	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 1	11680
7	154	Sieglegelb D 440	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 3 [verschnitten = Al, Ca, S]	11710
8	170	Monolite Yellow 10GH ED	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 3	11710
9	173	Monolite Fast Yellow 10 GS	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 3	11710
10	947	Monolite Fast Yellow 10 GS	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 3	11710
11	958	Monolite Fast Yellow 10 GS	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 3	11710
12	960	Permanentgelb 20	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 3 [verschnitten = Al, S)	11710
13	171	Hansagelb 13 G	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 4	11665
14	153	Hansagelb	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 4	11665
15	162	Monolite Fast Yellow GXS	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow ?	?
16	155	Monolite Fast Yellow GXS	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow ?	?
17	168	Monolite Fast Yellow 6GS	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow ?	?
18	172	Heliogelb GWNPh	Diarylgelb	C.I. Pigment Yellow 12	21090
19	955	Vynamon Yellow GRES FW	Diarylgelb	C.I. Pigment Yellow 13	21100
20	944	Benzidine Yellow Toner 22-C	Diarylgelb	C.I. Pigment Yellow 14	21095
21	953	Vynamon Yellow 2GE FW.	Diarylgelb	C.I. Pigment Yellow 14	21095
22	1299	Permanentgelb HR extra Pulver (86 0 207)	Diarylgelb	C.I. Pigment Yellow 83	21108
23	951	Fanalgelb	Triarylcarbonium, PTM*	C.I. Pigment Yellow 18	
24	967	Lumogen L Hellgelb	Methinfarbstoff	C.I. Pigment Yellow 101	48052
25	972	Leuchtgelb L 51	Tagesleuchtpigment	k. A.	
26	823	Yellow 810/YLS. S 3127 Fluorescent Pigment	Fluoreszenz-Pigment	k. A.	

*PTM = Phosphorwolframmolybdänsäure.

Tab. 36: Orange synthetische organische Pigmente (7 Proben), geordnet nach Colour Index.

	Inv.-Nr.	Handelsname	Pigmentklasse	Colour-Index Name	CI-Nr.
1	668	Monolite Fast Orange 2 R S. Powder	ß-Naphthol	C.I. Pigment Orange 5	12075
2	1301	Permanentrot GG extra (863421)	ß-Naphthol	C.I. Pigment Orange 5	12075
3	497	Benzidine Orange 32-G	Disazopyrazolon	C.I. Pigment Orange 13	21110
4	566	Monolite Fast Orange GS	Disazopyrazolon	C.I. Pigment Orange 13	21110
5	749	Irgaplastorange G	Disazopyrazolon	C.I. Pigment Orange 13	21110
6	780	Vulcanechtorange G	Disazopyrazolon	C.I. Pigment Orange 13	21110
7	959	Persischgelb 3 C*	ß-Naphthol, Ba, Al	C.I. Pigment Orange 17 (?)	15510:1

*Die Probe *Persischgelb 3 C* (Inv. 959) wird auch bei den Farblacken aufgelistet und dort ausgewertet (Vgl. Kap. 6.3.6.)

6.3.2. Rote synthetische organische Pigmente

Die roten Pigmentproben und Farblacke sind zahlenmäßig die größte Farbgruppe innerhalb der synthetischen organischen Pigmente in der Sammlung. Mit 75 Proben sind in der Gruppe mehr als doppelt so viele Muster vorhanden, wie in den meisten der anderen Farbgruppen. Zu der Gruppe der ‚roten synthetischen organischen Pigmente' zählen auch jene Proben, die in der Datenbank als ‚Rosa' katalogisiert wurden, entsprechend der *Colour Index* Systematisierung aber zu den *Pigment Red*-Verbindungen gehören.
Im Allgemeinen sind in den Rottönen vor allem ‚klassische' synthetische organische Azopigmente zu finden, die alle bereits vor 1945 bekannt waren. Das sind im Wesentlichen ß-Naphthol-Pigmente (Vgl. Kap. 2.3.1.3., verlackte ß-Naphthol-Pigmente und verlackte BONS-Pigmente (Vgl. Kap. 2.3.1.5.) sowie Triarylcarbonium-Pigmente (Vgl. Kap. 2.3.2.7.). Benzimidazolon- (Vgl. Kap. 2.3.1.6.) und Diketo-Pyrrolo-Pyrrol-Pigmente (Vgl. Kap. 2.3.2.9.) befinden sich nicht in der Sammlung; Chinacridone (Vgl. Kap. 2.3.2.2.) sind wenig präsent. Damit sind die roten synthetischen organischen Farbmittel nur für die Zeit bis 1945 repräsentativ; die Palette der in gegenwärtigen (Künstler)Farben verwendeten Pigmente wird nicht abgedeckt.

Tab. 37: Rote synthetische organische Pigmente (75 Proben); geordnet nach Colour Index.

	Inv.-Nr.	Handelsname	Pigmentklasse	Colour-Index Name	CI-Nr.
1	759	Pararot	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 1	12070
2	488	Monolite Fast Red GRS	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 3	12120
3	870	Monolite Fast Scarlet RBS	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 3	12120
4	250	Litholechtscharlach RN	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 3	12120
5	231	Helioechtrot RL	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 3	12120
6	642	Vulkanscharlach RN	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 3	12120
7	896	Scharlachrot, echt G	ß-Naphthol, $BaSO_4$	C.I. Pigment Red 3	12120
8	872	Monolite Fast Scarlet RB (ED-P)	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 3	12120
9	909	Hansarot B	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 3	12120
10	490	Monolite Fast Red Powder	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 3	12120
11	226	Echtrot 1	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 4	12085
12	884	Permanentrot R extra 8074	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 4	12085
13	912	Rotextrakt 60365	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 4	12085
14	891	Monolite Red GF	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 4	12085
15	922	Permanent Carmine	Naphthol AS	C.I. Pigment Red 5	12490
16	1300	Permanentcarmin FB extra Plv.	Naphthol AS	C.I. Pigment Red 5	12490
17	565	Monolite Red 4 RHS Powder	Naphthol AS	C.I. Pigment Red 7	12420
18	911	Sieglerot D 444	Naphthol AS	C.I. Pigment Red 8	12335
19	213	Monolite Fast Red LFS Powder	Naphthol AS	C.I. Pigment Red 9	12460
20	910	Permanentrot FRL	Naphthol AS	C.I. Pigment Red 10	12440
21	543	Monolite Fast Red FRS Powder	Naphthol AS	C.I. Pigment Red 10	12440
22	498	Naphtol Scarlet 46-C	Naphthol AS	C.I. Pigment Red 17	12390

	Inv.-Nr.	Handelsname	Pigmentklasse	Colour-Index Name	CI-Nr.
23	561	Naphthol Scarlet YS 46-R	Naphthol AS	C.I. Pigment Red 22	12315
24	890	Rubine Toner BS Powder	BONS, Ba	C.I. Pigment Red 48:1	15865:1
25	794	Rubine Toner 2BS	BONS, Ca	C.I. Pigment Red 48:2	15865:2
26	501	Rubine Toner 2BS	BONS, Ca	C.I. Pigment Red 48:2	15865
27	871	Rubine Toner 2BS	BONS, Ca	C.I. Pigment Red 48:2	15865:2
28	937	Vynamon Red 2B FW	BONS, Ca	C.I. Pigment Red 48:2	15865:2
29	680	Encedruckrot BB	BONS, Mn	C.I. Pigment Red 48:4	15865:4
30	658	Encedruckrot BB	BONS, Mn	C.I. Pigment Red 48:4	15865:4
31	831	Rubine Toner 4BS Powder	BONS, Ca	C.I. Pigment Red 57:1	15850:1
32	874	Vynamon Claret YS	BONS, Ca	C.I. Pigment Red 57:1	15850:1
33	918	Litholrubin B K	BONS, Ca	C.I. Pigment Red 57:1	15850:1
34	499	Crimson Toner MS	BONS, Mn	C.I. Pigment Red 58:4	15825
35	885	Claret Toner 13554	BONS, Ca	C.I. Pigment Red 63:1	15880:1
36	232	Lithol Red R 4593	ß-Naphthol, Na	C.I. Pigment Red 49	15630
37	860	Geraniumrot B	ß-Naphthol, Ba	C.I. Pigment Red 49:1	15630:1
38	943	n. b.	ß-Naphthol, Ba	C.I. Pigment Red 49:1	15630:1
39	1082	Zinnoberersatz	ß-Naphthol, Ba/ $BaSO_4$	C.I. Pigment Red 49:1	15630:1
40	695	X 350 R & C Red	ß-Naphthol, Ba	C.I. Pigment Red 49:1	15630:1
41	899	Bonanza Red 10 T 04	ß-Naphthol, Ba	C.I. Pigment Red 49:1	15630:1
42	894	Geraniumrot BS konz.	ß-Naphthol, Ba	C.I. Pigment Red 49:1	15630:1
43	882	Münchnerrot	ß-Naphthol, Ba/ $BaSO_4$	C.I. Pigment Red 49:1	15630:1
44	1083	Zinnoberersatz	ß-Naphthol, Ca + Pb (?)	C.I. Pigment Red 49:2	15630:2
45	731	Comprehensive Toner R 49	ß-Naphthol, Ba	C.I. Pigment Red 51	15580
46	908	Heliorot RMT	ß-Naphthol, Ba	C.I. Pigment Red 51	15580
47	655	Bronze Scarlet CS	ß-Naphthol, Ba	C.I. Pigment Red 53:1	15585
48	248	Spektralrot gelbl. Extr.	ß-Naphthol, Ba	C.I. Pigment Red 53:1	15585:1
49	868	Bronze Scarlet CS	ß-Naphthol, Ba	C.I. Pigment Red 53:1	15585:1
50	895	Bronzerot 16913 gelbl.	ß-Naphthol, Ba	C.I. Pigment Red 53:1	15585:1
51	859	Pigmentlackrot LC Plv.	ß-Naphthol, Ba	C.I. Pigment Red 53:1	15585
52	1080	Minium-Ersatz (Teerfarblack)	ß-Naphthol, Ba/$BaSO_4$	C.I. Pigment Red 53:1	15585:1
53	249	Spektralrot bläul. 5325	Naphth. Sulfonsäure, Ba	C.I. Pigment Red 60:1	16105:1
54	867	Fastel Pink R Supra Powder	Triarylcarbonium, PTM*	C.I. Pigment Red 81	45160:1
55	877	Fastel Red B ED	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Red 81	45160:1
56	489	Fastel Pink B Powder	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Red 81	45160:1
57	546	Brillfast Red 6114	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Red 81	45160:1
58	577	Fastel Pink 2B Supra Powder	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Red 81	45160:1
59	914	Fanalrosa B supra	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Red 81	45160:1
60	919	Sieglerosa D 443	Triarylcarbonium (?)		
61	932	Fastel Pink 2B Supra Powder	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Red 81	45160:1
62	933	Fastel Pink B Supra Powder	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Red 81	45160:1
63	934	Fastel Pink 2B Supra Powder	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Red 81	45160:1
64	935	Fastel Pink 2B Supra Powder	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Red 81	45160:1
65	936	Fastel Red B ED	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Red 81	45160:1
66	902	Jaune Capucine	Anthrachinon, Ca	C.I. Pigment Red 83:1	58000:1
67	893	Eosine Lake 14-2662	Alkalisalz von Tetrabromfluorescein (?)	C.I. Pigment Red 90 (?)	45380
68	904	Rubinlack (Eosin)	Eosinlack?	C.I. Pigment Red 90 (?)	45380:1
69	840	Helioechtrottoner R	Monoazo	C.I. Pigment Red 120(?)	o.Nr.
70	514	Monolite Fast Red YS Powder	Anthanthron	C.I. Pigment Red 168	59300
71	575	Monolite Red 2BX	Chinacridon (?)	C.I. Pigment Violet 19 (?)	73900 (?)
72	1190	Monaprin Rubine 3BE Paste	Chinacridon	C.I. Pigment Red 122	73915
73	828	Fluorescent Pigment 810/MDS	k.A. (RFA: S, wenig Ar, Ca)	k. A.	-
74	928	Lumogen L Rot neu	k.A. (RFA: Cl)	k. A.	-
75	929	Fluoreszein-Rot 2 B	k.A. (RFA: wenig Zn)	k. A.	-

*PTM = Phosphorwolframmolybdänsäure [Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 556].

6.3.3. Violette synthetische organische Pigmente und Farblacke

Unter den violetten synthetischen organischen Pigmenten der Sammlung dominieren die Triarylcarbonium-Pigmente (Vgl. Kap. 2.3.2.7.). Daneben konnte ein Chinacridon-Pigment (Inv. 506, PV 19; Vgl. Kap. 2.3.2.2.), ein Dioxazin-Pigment (Inv. 1297, PV 23; Vgl. Kap. 2.3.2.6.), und ein Thioindigo-Pigment (Inv. 529, PV 36 bzw. früher PR 145; identische Colour Index Nummer; Vgl. Kap. 2.3.2.4.) identifiziert werden. Pigment Violet 36, 73385 war lange als *Indanthrenviolett RH* bekannt, ist aber nicht mehr am Markt und wird in der relevanten Fachliteratur (Herbst/Hunger, 1995) auch nicht mehr besprochen.

Tab. 38: Violette synthetische organische Pigmente (22 Proben), geordnet nach Colour Index.

	Inv.-Nr.	Handelsname	Pigmentklasse	Colour-Index Name	CI-Nr.
1	858	Hortensialack	Rhodamin B/ Pb-Lack (?)	C.I. Basic Violet 10/ C.I. PV 1*	45170
2	938	Rotextrakt 12811 N	Triarylcarbonium, PTM**	C.I. Pigment Violet 1	45170:2
3	913	Fanalrot 6 B	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Violet 2	45175:1
4	141	Fanalviolett R Supra	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Violet 3	42535:2
5	513	Climatone Purple Toner	Triarylcarbonium, PM***	C.I. Pigment Violet 3	42535:2
6	140	Violett 62492 N	Triarylcarbonium, PTM + $BaSO_4$	C.I. Pigment Violet 3	42535:2
7	606	Irgalite Violet TCR	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Violet 3	42595:2
8	1034	Fanal Violet RA Supra Powder	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Violet 3	42535:2
9	1039	Purple Toner	Triarylcarbonium, PM	C.I. Pigment Violet 3	42535:2
10	1051	Purple Toner X 1000	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Violet 3	42535:2
11	1067	Pigmentviolett extr. RF	Triarylcarbonium, PM	C.I. Pigment Violet 3	42535:2
12	573	Fastel Violet R Supra Powder	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Violet 3	42535:2
13	144	Blauviolett D 447	Triarylcarbonium, PTM + $BaSO_4$ + Blau (?)	C.I. Pigment Violet 3 (?)	42535:2
14	503	Dragon Purple	Triarylcarbonium, PM + $BaSO_4$	C.I. Pigment Violet 3 od. 27	42535:2
15	142	Rotviolett D 447	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Violet 3 (?)	42535:2
16	531	FW Polymon Violet RS	Antrachinon	C.I. Pigment Violet 5 (?)	58055
17	530	Vynamon Violet RS	Antrachinon	C.I. Pigment Violet 5 (?)	58055
18	506	Monolite Violet 4R	Chinacridon	C.I. Pigment Violet 19	73900
19	1297	Permanentviolett RL extra Pulver (86 4 053)	Dioxazin	C.I. Pigment Violet 23	51319
20	827	Reflexviolett AR	k.A.	C.I. Pigment Violet 28	o. Nr.
21	529	Monolite Maroon BS	Thioindigo	C.I. Pigment Violet 36 (C.I. Vat Violet 2); früher Pigment Red 145	73385
22	1035	Brilliant Mauve Lake Toner/ Brilliant Violet Repl.	Triarylcarbonium, (PM?) + (?)	-	-

* Hortensialack (Inv. 858) basiert zwar wie PV 1 (Triarylcarboniumpigment/Farbstoffsalz mit komplexen Anionen) auch auf dem basischen Farbstoff Rhodamin B (C.I. Basic Violet 10, 45170), ist aber im Gegensatz zu diesem kein Farbstoffsalz mit komplexen Anionen, sondern nur ein relativ instabiler, lichtempfindlicher Rhodamin-Farblack (blutet in Ethanol aus). Siehe Tabelle 42/Farblacke.
*PM = Phosphormolybdänsäure, **PTM = Phosphorwolframmolybdänsäure [Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 556].

6.3.4. Blaue und grüne synthetische organische Pigmente und Farblacke

In der Gruppe der blauen und grünen synthetischen organischen Pigmente finden sich vor allem Proben aus der Phthalocyanin-Pigmentklasse und Triarylcarboniumpigmente; dazu kommen zwei Indanthron-Pigmente (beide PB 60) und zwei grüne Metallkomplexpigmente (PG 8; PG 10). Die hohe Anzahl der Phthalocyanin-Pigmente in dieser Gruppe entspricht ihrer Bedeutung; die stabilisierten Typen haben inzwischen in fast allen Anwendungsgebieten einen wichtigen Stellenwert.
Die Proben *Encelackblau BZ* (Inv. 650), *Encelackblau R* (Inv. 654) und *Encelackblau 5G* (Inv. 1028) sind Beispiele für Pigmentpräparate, die speziell für die Anwendung im Lacksektor hergestellt wurden: Die Proben enthalten Nitrocellulose und liegen nicht als Pulver sondern als farbige, feste Chips vor (Vgl. Kap. 6.4./ D: Pigment-Bindemittel-Mischungen; Abb. 38 und 39).

Tab. 39: Blaue synthetische organische Pigmente (34 Proben), geordnet nach Colour Index.

	Inv.-Nr.	Handelsname	Pigmentklasse	Colour-Index Name	CI-Nr.
1	746	Irgalithechtbrillantblau BL	Cu-Phthalocyanin	C.I. Pigment Blue 15:1	74160
2	1019	Monolite Fast Blue LBS	Cu-Phthalocyanin	C.I. Pigment Blue 15:1	74160
3	92	Monastral Fast Blue L BXS	Cu-Phthalocyanin	C.I. Pigment Blue 15:3	74160
4	95	Monastral Fast Blue FBS	Cu-Phthalocyanin	C.I. Pigment Blue 15	74160
5	105	Monastral Fast Blue BGS	Cu-Phthalocyanin	C.I. Pigment Blue 15:3	74160
6	106	Bleu Phtalocyanine 9469	Cu-Phthalocyanin	C.I. Pigment Blue 15:3	74160
7	123	Monastral Fast Blue	Cu-Phthalocyanin	C.I. Pigment Blue 15:3	74160
8	133	Monastral Fast Blue BS	Cu-Phthalocyanin	C.I. Pigment Blue 15:1	74160
9	134	Monastral Fast Blue 24844	Cu-Phthalocyanin	C.I. Pigment Blue 15	74160
10	1018	Monastral Fast Blue RMS	Cu-Phthalocyanin+(?)	C.I. Pigment Blue 15+(?)	74160
11	496	Blue Lake 23299	Cu-Phthalocyanin $BaSO_4$	C.I. Pigment Blue 15:1 + $BaSO_4$	74160
12	1002	Blue Lake 23300	Cu-Phthalocyanin $BaSO_4$	C.I. Pigment Blue 15:1 + $BaSO_4$	74160
13	1003	Blue Lake 19797	Cu-Phthalocyanin, $BaSO_4$	C.I. Pigment Blue 15:1 + $BaSO_4$	74160
14	1008	Blue Lake 24480	Cu-Phthalocyanin, $BaSO_4$	C.I. Pigment Blue 15:1	74160
15	1063	Echtlichtblau 31821N	Cu-Phthalocyanin (?), $BaSO_4$	C.I. Pigment Blue 15:1(?) + viel $BaSO_4$	74160
16	1007	Polymon Blue GS	Phthalocyanin, metallfrei + $BaSO_4$	C.I. Pigment Blue 16 + $BaSO_4$	74100
17	1127	Heliogenblau G	Cu-Phthalocyanin, metallfrei (?)	C.I. Pigment Blue 16	74100
18	556	Fastel Blue B Supra Powder	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Blue 1	42595:2
19	624	Brillfast Maltese Blue 3591	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Blue 1; $BaSO_4$	42595:1
20	602	Irgalite Blue T C S	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Blue 1(?)	42140:1
21	584	Irgalite azur blue T C R	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Blue 3	42140
22	623	Brillfast Sky Blue 3862	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Blue 3	42140
23	771	Fastel Bremen Blue B Supra	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Blue 3	42140
24	1023	Fastel Bremen Blue B Extra	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Blue 3	42140
25	782	Fastel Bremen Blue G Supra	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Blue 2 oder 10	44045:2/ 44040:2
26	1064	Fanalbremerblau G Supra	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Blue 8 (ähnlich)**	42140+ 42040
27	223	Fanalblau RM Plv.	Triarylcarbonium, CF	C.I. Pigment Blue/ Lack	42600
28	1054	Siegle-Azurblau D 449	Triarylcarbonium, PTM + $CaCO_3$ (?)	C.I. Pigment Blue (?)	
29	628	Vynamon Blue 3RS.	Indanthron	C.I. Pigment Blue 60	69800
30	1020	Monolite Fast Blue 3RS	Indanthron	C.I. Pigment Blue 60/ Vat Blue 4	69800
31	650	Encelackblau BZ	Nitrocellulosehaltige Lackfarbe	C.I. Pigment Blue 15 (?) + Nitrocellulose	-
32	654	Encelackblau R	Nitrocellulosehaltige Lackfarbe	C.I. Pigment Blue 15 (?) + Nitrocellulose	-
33	1028	Encelackblau 5 G	Nitrocellulosehaltige Lackfarbe	C.I. Pigment Blue 15 (?) + Nitrocellulose	-
34	1022	Helioechtmarin RLW Plv.	k. A.	C.I. Pigment Blue (?)	-

*PM = Phosphormolybdänsäure, **PTM = Phosphorwolframmolybdänsäure, ***CF = Kupferferrocyanid [Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 556].

** *Fanal Bremen Blue G Supra (I.G.)* = Pigment Blue 8 (similar to); PB 8 = C.I. 42140 und 42040; PTMA-Lacke aus einer Mischung von basischen Farbstoffen (Basic Blue 5/42140 und Basic Green 1/42040). Vgl. Colour Index, 2. Aufl. (1956), Vol. 2, S. 2771.

Tab. 40: Grüne synthetische organische Pigmente (21 Proben), geordnet nach Colour Index.

	Inv.-Nr.	Handelsname	Pigmentklasse	Colour-Index Name	CI-Nr.
1	411	Fanalgrün	Triarylcarbonium, PTM*	C.I. Pigment Green 1	42040
2	627	Brillfast Deep Green	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Green 1	42040:1
3	810	Fastel Green G Supra Powder	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Green 1	42040:1
4	450	Spektraltiefgrün gelbl. 2320	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Green 1, 2 oder 4	
5	473	Sieglegelbgrün D452	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Green 1,2 oder 4	
6	464	Sieglegrün D451	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Green 1,2 oder 4	
7	594	Vert clair Lumière?	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Green 1,2 oder 4	
8	595	Vert forché Lumière	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Green 1 (?)	42040:1
9	537	Fastel Yellow Green GA Supra	Triarylcarbonium, PTM	C.I. Pigment Green 2	42040:1
10	415	Monastral Green	Cu-Phthalocyanin	C.I. Pigment Green 7	74260
11	832	Irgaplastbrillantgrün 3 G L	Cu-Phthalocyanin	C.I. Pigment Green 7	74260
12	1044	Gummiechtgrün FN 2150	Cu-Phthalocyanin + BM	C.I. Pigment Green 7	74260
13	455	Monastral Fast Green GXS Powder	Cu-Phthalocyanin	C.I. Pigment Green 7	74260
14	1014	Vynamon Green bes	Cu-Phthalocyanin	C.I. Pigment Green 7	74260
15	476	Heliogen Green GWS ex.	Cu-Phthalocyanin	C.I. Pigment Green 7	74260
16	475	Vynamon Green 5GS	Cu-Phthalocyanin + Diarylgelb	C.I. Pigment Green 7 + PY14	74260+ 21095
17	1015	Vynamon Green 5GS	Cu-Phthalocyanin + Diarylgelb	C.I. Pigment Green 7 + PY 14	74260+ 21095
18	1013	Vynamon Green 6YS	Cu-Phthalocyanin, Cl/ Br halogenisiert	C.I. Pigment Green 36	74265
19	834	Gummigrün 1328/3871	Metallkomplex	C.I. Pigment Green 8	10006
20	1291	Monolite Fast Green YS. Powder	Metallkomplex	C.I. Pigment Green 10	12775
21	422	Leuchtgrün L41	Tagesleuchtpigment	k. A.	

*PTM = Phosphorwolframmolybdänsäure [Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 556].

6.3.5. Braune und schwarze synthetische organische Pigmente

Die Farbgruppen Braun und Schwarz sind innerhalb der synthetischen organischen Pigmente nicht sehr groß; das spiegelt sich auch in der Sammlung wider. Nur wenige Proben gehören in diese Gruppe; das interessanteste Muster ist *Pigmenttiefschwarz* (Inv. 383), das als Pigment Black 1 (PBk 1) identifiziert werden konnte. PBk 1 gilt als ältestes synthetisches organisches Pigment und wird seit den 1860er Jahren angewendet (Vgl. Kap. 2.3.3.1.).

Tab. 41: Braune und schwarze organische Pigmente (5 Proben); geordnet nach Colour Index.

	Inv.-Nr.	Handelsname	Pigmentklasse	Colour-Index Name	CI-Nr.
Braun					
1	978	Vynamon Brown B	k. A.	C.I. Pigment Brown od. Red (?)	
Schwarz					
1	339	Monolite Fast Black XS Powder	Anilinschwarz (?)	k. A.	
2	383	Pigmenttiefschwarz Nr. 384	Anilinschwarz	C.I. Pigment Black 1	50440
3	662	Druckschwarz VX konz.	(?)	k. A.	
4	732	Helioechtschwarz T P.	Anilinschwarz (?)	C.I. Pigment Black 1 (?)	50440

6.3.6. Farblacke und Pigmentmischungen

In der Auswertungstabelle der Farblack- und Pigmentmischungs-Gruppe sind die Proben nach Farbgruppen und innerhalb dieser Gruppen nach Inventarnummern aufgelistet. Sofern bekannt, ist hinter dem Proben-Namen zusätzlich der Hersteller- bzw. Händlername angegeben; außerdem sind die RFA-Elemente aufgelistet.
Die Auswertung und Interpretation der RFA-Ergebnisse und FTIR-Messungen diente der näheren Charakterisierung der Farblackproben. Die Zusammensetzung vieler Materialien dieser Gruppe konnte dadurch näher bestimmt werden; eine eindeutige Identifizierung war aber nicht bei allen Proben möglich. Dazu waren die FTIR-Spektren teilweise nicht aussagekräftig genug; vor allem bei den Proben mit offenbar nur geringer Farbmittel-Konzentration und hohen Substrat- und Füllstoffanteilen war eine Identifizierung oder Klassifizierung durch Spektrenvergleich nur eingeschränkt möglich.

Tab. 42: Farblacke und Mischpräparate (60 Proben; geordnet nach Farbgruppen und Inv.-Nr.).

	Inv.-Nr.	Name	Zusammensetzung bzw. chemische Einordnung	RFA-Elemente
1	961	Hellgelber Lack 9 (Siegle)	Chinolingelb/$BaSO_4$/Tonerdehydratlack C.I. Solvent Yellow 33; Ba, Al	Ba, Al, S, wenig Ca
2	970	Gelblack	$BaSO_4$ + (?)	Ba, S, Pb, Al
3	1084	Indischgelb I (Oberpollinger)	Indischgelb echt; Mg/Ca-Salz der Euxanthinsäure/ C.I. Pigment Yellow 40/ 77357	Ca, Ba, Al, Pb, wenig Sr, Zn, Fe
4	1093	Indischgelb	Indischgelbersatz, Farblack (Ba), Nitrofarbstoff, C.I. Acid Yellow 1/10316	Ba, Fe, Ca, Pb, Al, Sr
5	1098	Alizaringelblack	Pb, Al-Farblack; Monoazofarbstoff (C.I. Mordant Yellow 1/14025)/	Pb, Al, Ca, wenig Fe, Cr
6	915	Lackorange GR (IG)	ß-Naphthol + Ca; C.I. Acid Orange 12/15970 + Ca	Ca, S
7	917	Echtorangelack I	Alizarinorange (Inv. 1338; Orangelack H17/ Vgl. Krapplack/Tab. 43), Tonerde	Ca, Fe, P, Al, Pb (wenig Zn, Cu)
8	959	Persischgelb 3 C (Siegle)*	Farblack; ev. C.I. Pigment Orange 17/ 15510 (Ba, Al)	Ba, (Al ?)
9	857	Münchnerlack, rot (Joseph Voigt & Co.)	Karminlack (?)	Sn, P, wenig Al, Pb
10	861	Geranium, rot I (Oberpollinger)	Farblack/ $BaSO_4$	Ba, Pb, Br
11	878	Japanischgelb (Ebeseder)	Zinkweiß + (?)	Zn, wenig Pb, Ca
12	879	Geranium, rot II (Oberpollinger)	Eosine A/Pb-Lack (?)	Pb, Br, wenig Ba
13	883	Münchnerlack (Oberpollinger)	Karminlack, Aluminum-Zinn-Lack	Sn, wenig Pb, Al, P
14	889	Japanischgelb (C. Sch. D.)	Zinkweiß + (?)	Zn, wenig Pb, Ca

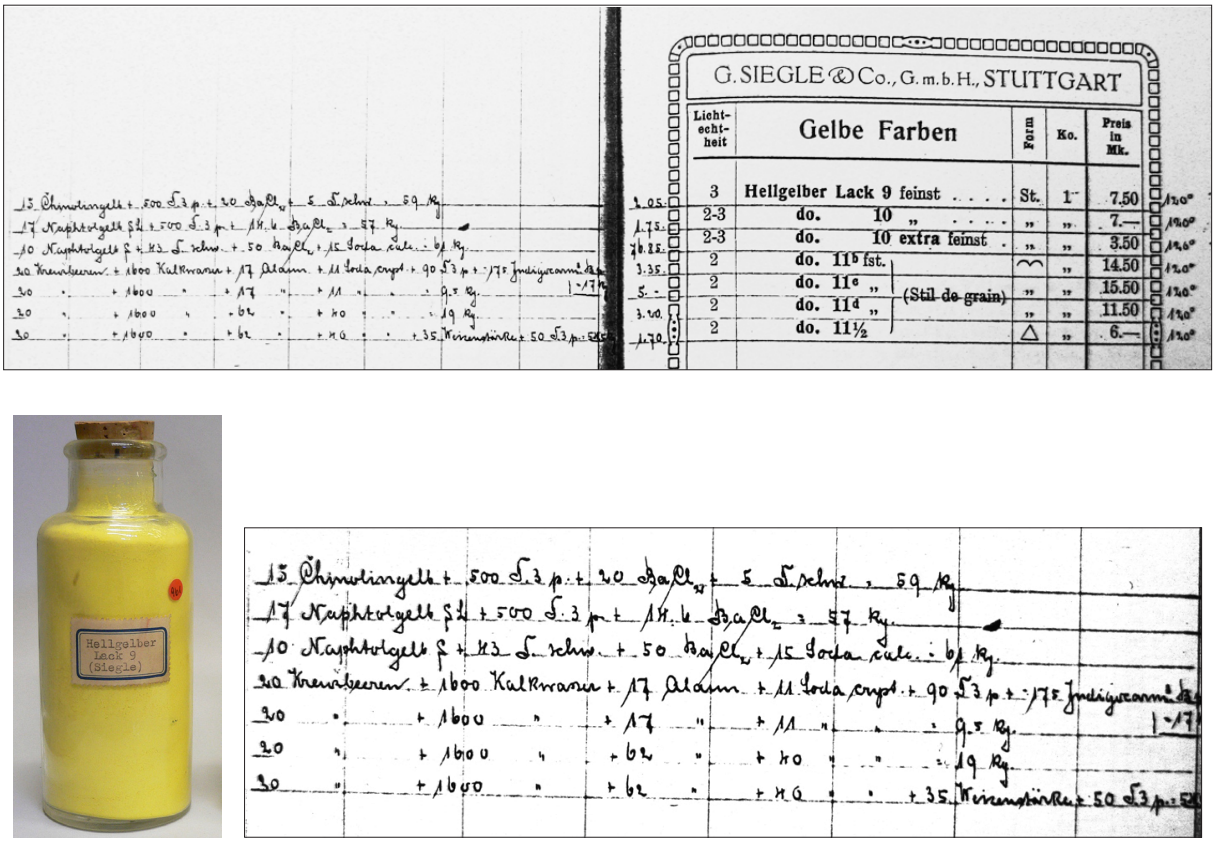
	Inv.-Nr.	Name	Zusammensetzung bzw. chemische Einordnung	RFA-Elemente
15	897	Van Dyckrot (Oberpollinger)	Krapplack/ Eisenoxid-Mischung	Fe, wenig Pb, Al, S, sehr wenig Zn, Cu, Ca, K
16	900	Laque Robert us 2 (C. Sch. D.)	Gelber Pflanzenfarblack (Querzitron o.ä.)	Al, S, K, Ca, wenig Zn, Fe
17	901	Rosalack (C. Sch. D.)	Krapplack (?)	Al, P, As, Ca, wenig K, Fe, Sr
18	902	Jaune Capucine (C. Sch. D.)	Anthrachinon, Ca	Al, Pb, Ba, Ca, P, Fe, Zn, Cu, Sr, wenig Sn
19	905	Florentinerlack (Oberpollinger)	(Pflanzen)-Rotholzlack	Ba, Pb, Sr, Sn, (Ca) wenig: Cu Spur: Fe
20	906	Laque de smyrne (jaune capucine); (C. Sch. D.)	Farblack	Al, P, wenig Pb
21	921	Florentinerlack (Joseph Voigt & Co.)	(Pflanzen)-Rotholzlack	Sn, wenig Cr, Pb Spur: Ar, Fe, Br, (Cu)
22	924	Münchnerlack rot S F (Joseph Voigt & Co.)	Karminlack, Rotholzlack oder Mischlack	Sn, wenig Al, Ca, As, Hg, >Zn
23	925	Türkischrot extraf. 422	Alizarin	Ba, Sr, Pb
24	926	Brillantrot	Ponceau G/ Bariumlack (?)	Ba, wenig Ca, Sr
25	927	Brilliant Geranium 1 81 69 (ICI)	Eosinlack	Br, wenig Ba, Fe, Pd
26	941	n. b.	Farblack	Ca, Al, P, wenig Pb, Fe, Cu, Sr
27	1091	Purpurlack	Rotholzlack (?)	wenig Pb, Ca
28	1107	Van Dyk-rot (Krapp); (D.Sch., Düsseldorf)	Krapplack + Ferrocyankupfer	Fe, Cu, Al, S, K, Ca,
29	858	Hortensialack	Rhodamin B-Farblack (blutet in Ethanol aus), Rhodamin B = C.I. Basic Violet 10/ 45170	Pb, Fe (wenig)
30	1010	n. b.	(?)	S, wenig Fe, Cu
31	1042	Lack, violett (Oberpollinger)	Anthrachinon (?), Kartoffelstärke	wenig Al, Ca, K
32	1071	Violettlack	(?)	Pb, As (?), wenig: Fe, Cu, Zn
33	1076	Echtviolett	(?)	wenig: As, Sr, Ca, Fe, P, Al
34	1095	Carminlack	(?) ähnlich Inv. 883 (Karminlack)	-
35	1040	Blauer Lack, dunkel (Oberpollinger)	Zinn-Aluminiumlack	Sn, Al
36	1041	Blauer Lack, hell (Oberpollinger)	Zinn-Lack + Pb	Sn, Pb, wenig Ca
37	1050	Blaulack	Farblack, $BaSO_4$	Ba, Sr
38	1056	n. b.	-	V, Fe, wenig Pb, Ca
39	1065	Blaulack 7349 (Siegle)	Farblack, $BaSO_4$, Farbstoff [ev. OD0042.sp IRUG Patent Blue, Acid Blue 3/ Schweppe]	Ba, wenig Al, Sr, S
40	1073	Münchnerlack blau (Joseph Voigt & Co.)	Zinn/Aluminiumlack/Karmin ?	Sn, Al, S
41	1074	Blaulack	Zinn-Lack	Sn, wenig Ba, Pb, Sr
42	1075	Türkisblau	Triphenylmethanfarbstoff; Ba-Lack	Ba, Sr
43	1011	Grüner Lack, hell (C. Sch. D.)	Preußischblau + Gelber Lack	Fe, Ba, Pb, wenig Al, Cu, Sr, Si
44	1030	Lack, hellgrün (Oberpollinger)	Schüttgrün**; Sn/Al-Lack	Pb, Sn, Al, wenig, Fe, Cu, Sr, Ca
45	1031	Kalkgrün, hell*** (Oberpollinger)	Grünerdelack (?); Malachitgrün (C.I. Basic Green 4/42000) auf Grüner Erde (Augitverwitterungsprodukt)	Fe, wenig Ca, Br, Si(?)
46	1032	Kalkgrün, mittel*** (Oberpollinger)	Grünerdelack (?); Malachitgrün (C.I. Basic Green 4/42000) auf Grüner Erde (Augitverwitterungsprodukt)	Fe, wenig Ba, Ca, Pb, Sr, Zn, Zr, Ni, Cr
47	1045	Grüner Lack, hell	Preußischblau + Gelber Lack	Fe, Sn, wenig Pb
48	1046	Dunkelgrüner Lack (Ebeseder)	Schüttgrün**; Sn/Al-Lack	Sn, Fe, Pb, Al
49	1047	Hellgrüner Lack (Ebeseder)	Schüttgrün**; Sn/Al (?)-Lack	Sn, wenig Pb, Ba, Sr, Ca (?)
50	1057	Brillantgrün	Farblack [C.I. Basic Green 1/42040 (?)]	Pb, Ba, wenig Fe, Al, Ca

	Inv.-Nr.	Name	Zusammensetzung bzw. chemische Einordnung	RFA-Elemente
51	1059	Stil de grain vert. (C. Sch. D.)	Schüttgrün**; Sn/Al-Lack; +Bleiweiß (?)	Pb, wenig Cu, Fe, Sn, Al, Ca, K
52	1060	Grüner Lack, dunkel (C. Sch. D.)	Preußischblau + Gelber Lack	Fe, Ba, wenig Cu, Fe, Sn, Al, Ca, K
53	1062	Viridinlack G (Siegle)	Farblack/ $BaSO_4$ (ev. C.I. Acid Green 5 42095/ Al salt/ für Viridine Lake B (Firma: GS), C.I. 1975)	Ba, S
54	971	Münchnerlack gelb, dunkel (Joseph Voigt & Co)	Rotholzlack/ Mischlack (?)	(Ca), wenig Sr, Pb, Cu; Spuren Ar, Fe, (Cr)
55	986	Braunlack 3 (Siegle)	k. A.	Sn, wenig Fe, Ca; Spuren Cu, Ar, Cl, S, (Pb)
56	987	n. b.	Farblack/ Ba	Ba, wenig Sb, Cu, Ca; Spuren Sr, Zn, Fe, S
57	992	Brauner Lack (Kaufhaus Oberpollinger)	k. A.	Fe, As, wenig Ca; Spuren La, Mn
58	996	Brauner Lack (C. Sch. D.)	k. A.	Cr, wenig K, Ca, Pb; Spuren Ar, Fe, Cu, Zn, Sr
59	1340	Kreuzbeerenlack G1	Kreuzbeerenextrakt, Tonerde	P, wenig Al, Spuren Pb, Ca, Ar, Fe, (K)
60	1341	Kreuzbeerenlack G2	Kreuzbeerenextrakt, Tonerde, Eisenoxyd	Fe, P, wenig Al, Spuren Pb, La, Ca

* Siehe Inv. 959, *Persischgelb 3 C* (*Siegle)* in der Tabelle der orangefarbigen industriellen organischen Pigmente.
** Natural Yellow 14/ Schüttgelb; aus Kreuzdornbeeren gewonnener Tonerdelack. Als Ausgangsmaterial kann auch Saft- oder Blasengrün verwendet werden, das ebenfalls aus Kreuzdornbeeren hergestellt wird. Ist der Farbton sehr grün, wird dieser Lack auch als *Schüttgrün* bezeichnet (*Stil de Grain vert*.) [www.kremer-pigmente.de\37390-a.htm (12.7.2007)]
***Die Kalkgrün-Proben (Inv. 1030, 1031) haben eine grau-violette Farbe und sind offenbar stark verfärbt bzw. entfärbt. Auch im Streupräparat wurde die violette Farbe beobachtet. Eine mögliche Ursache dafür könnte eine Umwandlung des grünen Triarylmethan-Farbstoffs (Diamino-Derivat des Triarylmethans) in ein violettfarbiges Derivat sein.

Für *Siegle*-Pigmente und Farblacke konnten in dem *BASF*-Archivmaterial zum Teil Rezepturen recherchiert werden; diese wurden bei der Interpretation der Messergebnisse bei den betreffenden Proben mit einbezogen. Die Preislisten mit handschriftlich notierten, vollständigen Fällungsvorschriften stammen aus dem frühen 20. Jahrhundert; manche sind datiert, bspw. von 1904 und 1905. Eine der Preislisten ist aus dem Jahr 1912[26] und enthält handschriftliche Rezeptur-Notizen, die wahrscheinlich auch von 1912 sind bzw. aus einer zeitnahen Periode danach stammen (Vgl. 9.4.4.). Da keine der *Siegle*-Proben aus der Sammlung datiert ist, konnten die Fällungsvorschriften und Rezepturen trotz Übereinstimmung des Farblack-Handelsnamens nur unter Vorbehalt für die Charakterisierung der Pigmentproben herangezogen werden.
So handelt es sich wahrscheinlich bei der Probe *Hellgelber Lack 9* (Inv. 961; Abb. 25) gemäß den Rezepturangaben aus der *Siegle*-Preisliste mit Produktionsnotizen (1912, S. 33)[27] vermutlich um einen Farblack, der durch Fällung eines Quinoline-Farbstoffes (C.I. Solvent Yellow 33/ 47000; Ba, Al) mit Bariumchlorid und Tonerde hergestellt wurde (Vgl. Abb. 25). Die mit der RFA-Analyse gemessenen Elemente entsprechen der Rezeptur; das FTIR-Spektrum konnte aufgrund einer fehlenden *C.I. Solvent Yellow 33*-Referenz nicht für die Identifizierung des Farbstoffes herangezogen werden und zeigte sich durch den hohen Substrat- bzw. Füllstoffanteil auch wenig aussagekräftig.

26 Die Preisliste ist datiert (auf der ersten Seite oberhalb des Einleitungstextes); im Gegensatz dazu sind viele andere der Preislisten aus dem Siegle-Archivmaterial nicht eindeutig datierbar, manche lassen sich lediglich durch handschriftliche Notizen einordnen bzw. durch Satz/Schrifttyp zeitlich zuschreiben.
27 BASF-Archiv, Ludwigshafen-Oppau; Firmengeschichte: Geschichte der BASF; Fusion mit Knosp und Siegle; A 15/2; 15/7; 15/8; 15/9; 15/10, Siegle Preisliste (1912), S. 33: *„15 Chinolingelb + 500 Tonerde 3 p., 20 $BaCl_2$ + 5 Tonerde schwefelsauer = 59 kg.“*



G. SIEGLE & Co., G. m. b. H., STUTTGART

Licht-echtheit	Gelbe Farben	Form	Ko.	Preis in Mk.	
3	Hellgelber Lack 9 feinst	St.	1	7.50	120
2-3	do. 10 „	„	„	7.—	120
2-3	do. 10 extra feinst .	„	„	3.50	120
2	do. 11b fst.	⌒	„	14.50	120
2	do. 11c „ (Stil de grain)	„	„	15.50	120
2	do. 11d „	„	„	11.50	120
2	do. 11½	△	„	6.—	120

Abb. 25: Pigmentprobe *Hellgelber Lack 9* (Inv. 961) und die Notiz zur Farblack-Rezeptur aus der Preisliste von *Siegle,* Gelbe Farben (*BASF*-Archiv, Ludwigshafen-Oppau; Firmengeschichte: Geschichte der BASF; Fusion mit Knosp und Siegle; Ordner A 15/9, Siegle Preisliste (1912), S. 33: *„15 Chinolingelb + 500 Tonerde 3 p., 20 $BaCl_2$ + 5 Tonerde schwefelsauer = 59 kg.)*

Für die Probe Inv. 959, *Persischgelb 3C* (*Siegle*), konnte sowohl eine Rezeptur in den *Siegle*-Preislisten (1912) recherchiert als auch mit der FTIR-Spektroskopie einer der im Rezept angegebenen Farbstoffe identifiziert werden. Laut Rezept wurde das Material durch Verlackung von zwei Monoazofarbstoffen (*Orange II* und *Ponceau GV* im Verhältnis 26:4/ Gewichtsanteile) mit Bariumchlorid ($BaCl_2$) hergestellt (*Siegle*-Preisliste mit Produktionsnotizen, 1912 datiert, *BASF*-Archiv). Im FTIR-Spektrum der Probe konnte in wichtigen Bereichen des Fingerprints Übereinstimmung mit dem Spektrum von Inv. 907 (*ß-Naphtholorange*) festgestellt werden; *ß-Naphtholorange* ist C.I. Acid Orange 7 (orange färbender Monoazofarbstoff) und entspricht dem im Rezept angegebenen *Orange II*. Ob noch ein zweiter Farbstoff vorliegt, konnte nicht geklärt werden. Im FTIR-Spektrum gibt es dafür keine Hinweise; allerdings entspräche dessen Konzentration nach der Fällungsvorschrift auch nur etwa einem Sechstel des *Orange II*-Azofarbstoffs.

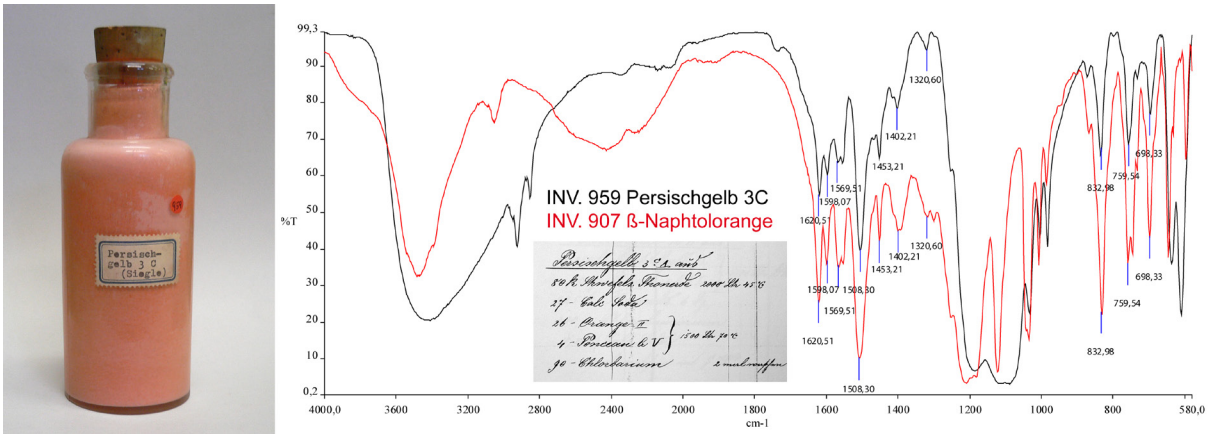
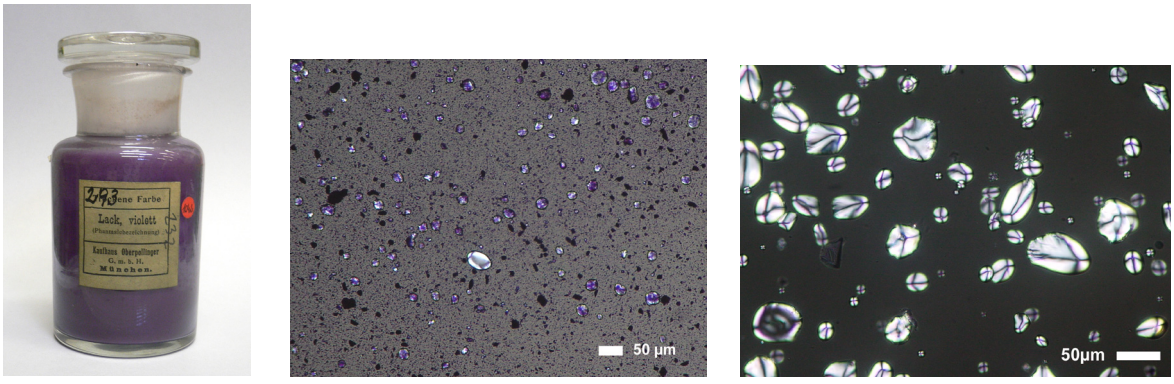


Abb. 26: Inv. 959, *Persischgelb 3 C* (Siegle), FTIR-Spektrum im Vergleich mit dem FTIR-Spektrum von Inv. 907, *ß-Naphtholorange* (C.I. Acid Orange 7) und der Farblackrezeptur aus den *Siegle*-Unterlagen, datiert 1904 (*BASF*-Archiv; Geschichte der BASF, Fusion mit Knosp u. Siegle, A 15/7, Fabrikationslisten 1900-1920). Es gibt im FTIR-Spektrum keine Hinweise auf einen weiteren Farbstoff.

In einer violetten Probe (Inv. 1042, *Lack, violett; Kaufhaus Oberpollinger*) konnte mit FTIR-Spektroskopie als Hauptbestandteil Stärke identifiziert werden. Stärke wurde teilweise als Substrat und auch als Füllstoff für Farblacke im späten 19. und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts verwendet.[28] Das FTIR-Spektrum weist große Übereinstimmung mit einem Referenzspektrum von Reisstärke (IRUG 2000; Ricestarch uncooked; ICB00025.dx) auf (Abb. 28); allerdings wurde mit Polarisationsmikroskopie Kartoffelstärke nachgewiesen (Abb. 27). Der Farbstoff konnte durch mikrochemische Testverfahren zwar näher charakterisiert, aber nicht eindeutig identifiziert werden: Mit konzentrierter Schwefelsäure (H_2SO_4) löste sich der Farblack dunkel-rot/violett-braun; mit Ethanol und Natronlauge (NaOH) reagierte die Probe mit einem blauen Farbumschlag (Abb. 29), was auf einen blauen Anthrachinonfarbstoff, eventuell *Anthracenblau WRL* (Wolff et al. 1929; C.I. Mordant Blue 32, 58605) hindeuten könnte.[29]



(A) (B) (C)

Abb. 27: Probegefäß (A) und Streupräparat (B) der Probe *Lack, violett* (*Kaufhaus Oberpollinger*), Inv. 1042, mit einem Durchlichtpräparat (C) von reiner Kartoffelstärke (zwischen gekreuzten Polarisatoren; Polarisationsmikroskop: Zeiss Axioplan 2, Einbettungsmedium: *Cargille Meltmount*® 1,662).

28 Wolff et al. (1929), S. 57; Vgl. auch Bommel et al. (2005).
29 Vgl. Wolff et al. (1929), S. 78: Reaktionstabelle der wichtigsten Farblacke und Pigmentfarbstoffe. *Anthracenblau WRL* reagiert als einziger Farbstoff aus der Liste mit einem blauen Farbumschlag.

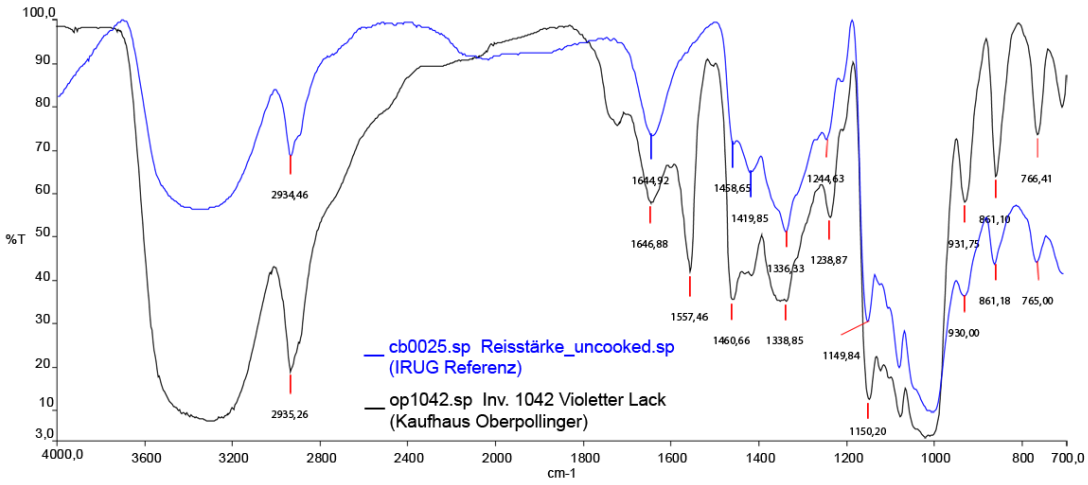
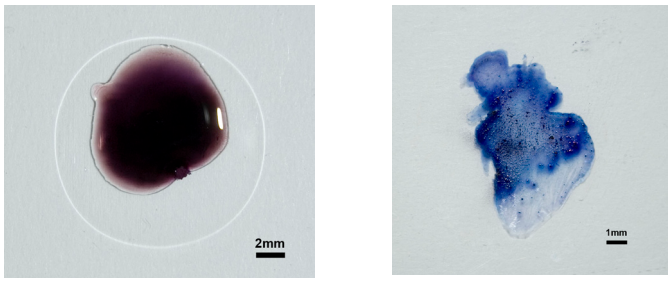


Abb. 28: FTIR-Spektrum der Probe Inv. 1042, *Lack, violett* (*Kaufhaus Oberpollinger*) mit einem Referenzspektrum von Reisstärke.



(A) (B)

Abb. 29: Farbreaktionen der Probe Inv. 1042, *Lack, violett*: (A) mit Schwefelsäure (H_2SO_4), und (B) Ethanol/ NaOH. Die Stärkekörner sind in (B) deutlich als weißes Granulat zu sehen.

6.3.7. Anthrachinonfarbstoff-Farblacke (Krapplackproben)

In der Sammlung befindet sich eine große Anzahl von roten, orangefarbenen, violetten, aber auch gelben und braunen Anthrachinonfarbstoff-Farblacken. Viele der Proben gehören zu den Krapplacken, daher wurde die Gruppe als ‚Krapplack' zusammengefasst. Für eine gezielte Abfrage, wurde bei allen betreffenden Inventarnummern die Datenbanktabellen-Spalte ‚Material Farbe' als ‚krapp' definiert und die tatsächliche Farbe des Materials in der Spalte ‚Bemerkungen' notiert. Auf einigen der Papiersäckchen-Proben (Inv. 399 bis Inv. 410) wurde die Rezeptur auf dem Papier notiert. Diese Angaben wurden in die Datenbank übernommen und auf dem Registerblatt ‚Eigenschaften' in die Spalte ‚Bemerkungen' eingetragen.

Einige Proben, wie bspw. die Rhamnetin-Farblacke (Inv. 1342, 1343, 1344, 1345; grau unterlegt) gehören eigentlich zu den Xanthorhamnin-Farblacken, werden aber gemeinsam mit den Alizarinlacken und ebenfalls in kleinen Papierkuverts aufbewahrt; daher wurden diese Proben für die Auswertung mit in der Krapplack-Gruppe systematisiert.

In der Auswertungstabelle werden auch die RFA-Ergebnisse angeführt.[30] Die Interpretation der RFA - und FTIR-Messergebnisse im Rahmen dieser Arbeit diente einer ersten Charakterisierung, reichte aber nicht bei allen Proben für eine eindeutige chemische Klassifizierung und zweifelsfreie Bestimmung der Zusammensetzung aus. Insbesondere für einige der vermutlich aus natürlichen Farbstoffen hergestellten Farblacke sind die FTIR-Spektren nicht aussagekräftig genug.[31]

30 Die RFA-Spektren der Krapplackproben und Farbstoffe wurden von Laura Ledwina (WS 2006/2007) gemessen.
31 Die Krapplackgruppe wurde im Rahmen dieser Arbeit keiner weiteren Untersuchung unterzogen.

Eindeutig identifiziert werden konnten Alizarinkrapplack-Proben, deren FTIR-Spektren dem Referenz-Spektrum von C.I. Pigment Red 83, 58000:1 entsprachen. Da fast alle Proben aus der 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts stammen, enthalten die meisten noch Aluminiumoxydhydrat (RFA: Al). Unter PR 83:1 wird das Komplexsalz des 1,2-Dihydroxyanthrachinons verstanden, das zur Klasse der Hydroxyanthrachinon-Pigmente gehört (Vgl. 2.3.2.5.). Das Pigment liegt in jüngerer Zeit nicht mehr an Aluminiumoxydhydrat als Träger adsorbiert vor, sondern wird heute durch die Behandlung einer alkalischen Alizarinlösung mit einer Lösung von Calciumchlorid hergestellt.[32]

Abb. 30: Krapplackproben mit Rezeptur-Notizen.

Tab. 43: Anthrachinonfarbstoff-Farblacke und ähnliche (53 Proben; nach Inv.-Nr. geordnet).

	Inv.-Nr.	Trivialname	Chemische Charakterisierung	RFA-Elemente
1	238	Deep Crimson Madder 10821	Dihydroxyantrachinon, Ca; C.I. Pigment Red 83:1/ 58000 :1	Al, P, Ca, Fe, Pb
2	399	Krapplack H 4A	Alizarin-Farblack (Alizarin VI neu, Tonerde); C.I. Pigment Red 83/ 58000:1	Al, P, Ca, Cr, Fe, Cu, Zn, As, Pb
3	400	Krapplack H 3A	Alizarin/ Purpurin-Farblack (Alizarin VI neu, Purpurin, Tonerde); Di/ Trihydroxyantrachinon	Al, P, Ca, Fe, Cu, As, Pb
4	401	Krapplack H5a	Alizarin-Farblack (Alizarin VI neu, Tonerde, Zinnoxid), Dihydroxyantrachinon	Al, P, Ca, Fe, Cu, Zn, Ga, As, Sr, Sn, Pb
5	402	Krapplack H16	Isopurpurin-Farblack (Isopurpurin, Eisenoxid, Tonerde), Trihydroxyantrachinon (Purpurin)	Al, P, Ca, Fe, Cu, Pb
6	403	Krapplack H3 (IG)	Alizarin-Farblack (Alizarin VI, Tonerde); C.I. Pigment Red 83/ 58000:1	Al, P, Ca, Fe, Cu, Zn, Ga, As, Sr, Pb
7	404	Krapplack H 15	Isopurpurin-Farblack (Isopurpurin, Chromoxid, Tonerde); Trihydroxyantrachinon (Purpurin)	Al, P, Ca, Cr, Fe, Cu, Zn, Pb
8	405	Anthragallollack H20	Anthragallol-Farblack (Anthragallol Eisenoxid, Tonerde), C.I. Mordant Brown 42, 58200	Al, P, Ca, Cr, Fe, Cu, Zn, Ga, Pb

32 Herbst/Hunger (1995), S. 511-512.

	Inv.-Nr.	Trivialname	Chemische Charakterisierung	RFA-Elemente
9	406	Krapplack H13	Purpurin-Farblack (Flavorpurpurin, Chromoxid, Tonerde); Trihydroxyantrachinon, Ca (?)	Al, P, K, Ca, Cr, Fe, Pb
10	407	Anthragallollack H21	Anthragallol-Farblack (Anthragallol, Chromoxid, Ton), C.I. Mordant Brown 42, 58200	HM: Cr, Fe, P NM: Al, Pb Spuren: Ca, K, Ar
11	408	Krapplack H4 (IG)	Alizarin-Farblack (Alizarin VI neu, Tonerde); C.I. Pigment Red 83/ 58000:1	Al, P, Ca, Fe, Cu, Zn, Ga, Sr, Pb
12	409	Krapplack H14	Isopurpurin-Farblack (Isopurpurin, Tonerde); Trihydroxyantrachinon	Al, P, Ca, Fe, Cu, Zn, Pb
13	410	Krapplack H12	Pupurin-Farblack (Flavorpurpurin, Eisenoxid, Tonerde); Trihydroxyantrachinon	Al, P, Ca, Cr, Fe, Pb
14	881	Carmin fixe de garance (C. Sch. D.)	Krappkarmin-Farblack; mit Karmin geschönter Krapplack (?)	NM: Pb, Ca, Cu Spur: Sr, (S, Ar, Fe)
15	892	Carmine Lake (H. Kohnstamm Company)	Antrachinonderivat (?), Karmin: C.I. Natural Red 4:1/ 75470/ Ca (?)	NM: Fe, Ca Spur: (Ar, S, P, Pb)
16	1100	Krapplack	Dihydroxyantrachinon, Ca/ Zn; C.I. Pigment Red 83/ 58000:1	HM: P, Al, Ca NM: Zn Spuren: Fe, Pb, Cu, Ar
17	1101	Krapplack rotbraun (C. Sch. D.)	Natürlicher Krapplack, Cu (?)	HM: Cu, P NM: Fe, Pb, Al, S Spuren: Sr, Ca, Ba
18	1102	Krapplack aus künstl. Alizarin mit Türkischrotöl	Dihydroxyantrachinon/ Ca, C.I. Pigment Red 83/ 58000:1	HM: Ca, Fe NM: Al Spuren: Pb, Cu, Zn, Ar, Sr
19	1104	Brun Madder (C. Sch. D.)	Krapplack (?), Pb	HM: Pb, Al, S NM: Fe, Cu Spuren: Ar, Ca
20	1105	Krapplack, dunkel (C. Sch. D.)	Krapplack (?)	HM: Al, P, S NM: As, Ca Spuren: Fe, Ar, K, Pb, Ga, Cu, Sr
21	1106	Krapplack, dunkelrot (Joseph Voigt & Co)	Krapplack (?)	HM: P, S, Al NM: K, As, Fe, Pb Spuren: Cu, Ca, Ar, Br
22	1108	Krapplack gelbbraun (D.Sch., Düsseldorf)	Krapplack (?), Sn	HM: Sn, Al, S NM: Pb, Cu Spuren: Fe, Se
23	1109	Krapplack (dargestellt f. Kaspar und Spitzauer)	Krapplack (?), Ca/ Sn	HM: Ca, Sn, P NM: Cu, Al Spuren: Bi, Pb, Sr, Ar, Fe, Zn
24	1110	Krapplack	Dihydroxyantrachinon, Ca/ Zn; C.I. Pigment Red 83/ 58000:1	HM: Ca, Zn, P, S Spuren: Fe, Ar, K, Pb, (Sr)
25	1111	Krapplack ips.	Krapplack, natürlich	HM: Al, S NM: Fe, Pb, Sr Spuren: Zn, Cu, Ar, Ca
26	1112	Krapprosa, feinst	Purpurin/ Alizarin-Farblack (?)	HM: Ca, S NM: Sr, Al Spuren: Fe, Pb, P, Si
27	1113	Krapplack (Siegle)	Dihydroxyantrachinon, Ca; C.I. Pigment Red 83/ 58000:1	HM: Ca, As, P NM: Al, Fe, Zn, Cu, Pb Spuren: Sr
28	1114	Krapplack Rosé (Joseph Voigt & Co)	Purpurin-Lack (?)	HM: S, Sr, Ba, Ca NM: Fe, P, Al Spuren: Pb, Zn
29	1115	Krapplack rosa (Siegle)	Purpurin-Lack (?)	HM: P NM: Pb, Al Spuren: Fe, Ar, Ca, (Cu)
30	1116	Krapplack ipse	Krapplack, natürlich (?)	HM: Ca, P, Sn NM: Fe, Al Spuren: Cu, Zn, Sr, Pb, Ar
31	1117	Krapplack rosa (Siegle)	Purpurin-Lack (?)	HM: P NM: Pb, Cu, Al Spuren: Zn, Sr, Fe, Ar, Ca
32	1118	Krapplack, dunkel (Kaufhaus Oberpollinger)	Krapplack, natürlich	HM: NM: Pb Spuren: Al, Sr, Cu, Fe, Ca, Ar
33	1119	Krapprosa	Pupurin-Lack (?), Ca, Ba	HM: S, Ca, Ba, Sr NM: Al, P Spuren: As, Fe
34	1263	Krapplack H10 (Purpurin)	Purpurin-Lack (?), Trihydroxyantrachinon (?), Eisenoxid	HM: Fe, P NM: Pb, La Ca Spuren: Ar
35	1264	Krapplack _H1	Alizarin-Lack (Alizarin VI neu, Tonerde, Eisenoxid); C.I. Pigment Red 83/ 58000 :1 (?)	HM: P NM: Fe, Al, Ca Spuren: Pb, Cu, Zn, Ar
36	1265	Krapplack H5	Alizarin-Farblack, Sn/ Ca; C.I. Pigment Red 83/ 58000:1 (?)	HM: Sn, Ca, P NM: Al Spuren: Pb, Sr, Zn, Fe

	Inv.-Nr.	Trivialname	Chemische Charakterisierung	RFA-Elemente
37	1266	Orangelack H18	Alizarinorgane A, Chromoxid, Tonerde	HM: Cr, P NM: Fe, Al, Ca Spuren:Pb, Ar, K
38	1267	Krapplack H7 (Alizarin VI neu)	Alizarin-Farblack, Eisenoxid	HM: P, Fe NM: Ca Spuren: Ar, La, Pb
39	1268	Krapplack H6 (Alizarin VI neu)	Alizarin-Farblack, Chromoxid	HM: Cr, P NM: Fe, K, Ca Spuren: Pb
40	1269	Krapplack H5 (Alizarin VI neu	Alizarin-Farblack, Tonerde	HM: Al NM: Pb, Ca Spuren: Fe, Zn, Cu
41	1270	Krapplack H2 (Alizarin VI neu)	Alizarin-Farblack, Tonerde	HM: P NM: Ca, Al Spuren: Fe, Pb
42	1271	Krapplack H8 (Purpurin)	Purpurin-Farblack, Tonerde	HM: Pb, P NM: Al Spuren: Cu, Fe, Cr, Ca
43	1272	Krapplack H9 (Purpurin)	Purpurin-Farblack, Chromoxid	HM: Cr, P NM: Fe, Pb, Ca, K
44	1284	Orangelack H19 (Alizarinorange)	Alizarinorange, Eisenoxyd, Tonerde	HM: Fe, P NM: Al, Ca Spuren: La, Pb
45	1285	Krapplack rosa (Chem.-Techn. Abteilung, k.& k. Lehrm.-Bureau)	Purpurin-Farblack (?)	HM: P NM: Ca, Al Spuren: Fe, Pb, Cu, Sr
46	1286	Krapplack purpur rosa (Chem.-Techn. Abteilung, k.& k. Lehrm.-Bureau)	Purpurin-Farblack (?)	HM: S, Al, Pb NM: Cu, Ca, K, P Spuren: Fe
47	1338	Orangelack H17	Alizarinorange A, Tonerde	HM: NM: Pb Spuren: Al, Sr, Cu, Fe, Ca, Ar
48	1339	Anthragallollack H22	Anthragallol-Lack (C.I. Mordant Brown 42, 58200), Eisenoxyd, Tonerde	HM: Fe, P NM: Al Spuren: La, Pb, Ca
49	1342	Rhamnetin G3, auf Thonerde	3,3‘, 4‘, 5-Tetrahydroxy-7-methoxyflavon; C.I. Natural Yellow 13/ 75690	HM: P NM: Pb, Al Spuren: (Fe, Ca, Ar)
50	1343	Rhamnetin G4, Chromoxyd Thonerde	3,3‘, 4‘, 5-Tetrahydroxy-7-methoxyflavon; C.I. Natural Yellow 13/ 75690	HM: P NM: Fe, Al, K, Ca Spuren: Pb
51	1344	Rhamnetin G5, Eisenoxyd	3,3‘, 4‘, 5-Tetrahydroxy-7-methoxyflavon; C.I. Natural Yellow 13/ 75690	HM: Fe, P NM: Ca Spuren: La, Pb
52	1345	Rhamnetin G6, Zinnoxyd	3,3‘, 4‘, 5-Tetrahydroxy-7-methoxyflavon; C.I. Natural Yellow 13/ 75690	HM: Sn, (P) NM: Spuren: Fe, Pb
53	1346	Krapplack H5	Identisch mit INV.1265	HM: Ca, Sn, P NM: Al Spuren: Fe, Pb, Zn

*HM (Hauptmengen) sind Elemente, deren Peak (Counts) etwa mindestens 11mal so groß wie der jeweilige Untergrund ist.
**NM (Nebenmengen) sind Elemente, deren Peak (Counts) etwa 5-10mal so groß wie der jeweilige Untergrund ist.
***Spuren sind Elemente, deren Peak etwa 100 -150 Counts über dem Untergrund dieses Elements liegt.

6.3.8. Farbstoffe der technologischen Sammlung des INTK

Unter den 1346 Proben der Material- und Farbensammlung befinden sich 394 Proben von Farbstoffen**,** die mit wenigen Ausnahmen fast alle synthetische organische Materialien für industrielle Anwendungen wie z.B. Textil- oder Kunststofffärbung sind.
In der untenstehenden Tabelle sind die Farbstoffe der Sammlung nach Colour-Index-Kritierien beschrieben und nach der chemischen Konstitution systematisiert. Der *CI Generic Name* (in der Tabelle ‚Colour-Index-Name') bezieht sich auf die Anwendung bzw. bei Farbstoffen auf das färberische Prinzip (Küpenfarbstoff, Direktfarbstoff etc.).
Einschränkend ist zu bemerken, dass die Konstitution nur dann zugeordnet werden konnte, wenn die betreffende Probe im Colour-Index mit einer CI-Nummer aufgelistet bzw. die Konstitution des Farbstoffes bekannt ist. Das ist jedoch nicht immer der Fall. So sind viele Farbstoff-Marken zwar im Colour-Index mit einem *CI-Generic-Name* (z.B. Solvent Green 14) erfasst, weisen aber (noch) keine Konstitutionsnummer auf. Daher konnten hier für 169 Farbstoffe keine Zuordnung zu einer chemischen

Substanzklasse getroffen werden; für diese Proben wurde ‚k. A.' (keine Angaben) vermerkt. Außerdem gibt es Farbstoff-Proben, deren *Generic Name* aus dem kommerziellen Namen hergeleitet werden konnte; in diesem Fall wurde nur der *Generic Name* ohne Nummer angegeben (bspw. Inv.-Nr. 512, Basic Yellow 2R, Acridinfarbstoff, C.I. Basic Yellow).

Tab. 44: Farbstoffe (394 Proben).

	Inv.-Nr.	Trivialname	Chemische Konstitution	Colour-Index-Name	CI-Nr.
1	851	Euchrysinorange NO	Acridinfarbstoff	C.I. Basic Orange 14	46005
2	716	Euchrysin RRX	Acridinfarbstoff	C.I. Basic Yellow 9	46040
3	723	Phosphin 5R	Acridinfarbstoff	C.I. Basic Orange	
4	784	Waxoline Orange AS	Acridinfarbstoff	C.I. Solvent Orange 15	46005B
5	512	Basic Yellow 2R	Acridinfarbstoff	C.I. Basic Yellow	
6	773	Lissamine Flavine F FS	Aminoketonfarbstoff	C.I. Acid Yellow 7	56205
7	517	Procion Brilliant Blue H-3RS	Anthrachinonfarbstoff	C.I. Reactive Blue 49	o. Nr.
8	569	Plasto Blue RDA	Anthrachinonfarbstoff	C.I. Solvent Blue 16	o. Nr.
9	619	Alizarincyaningrün G extra	Anthrachinonfarbstoff	C.I. Acid Green 25	61570
10	649	Alizarinechtblau B extra	Anthrachinonfarbstoff	C.I. Acid Blue 129	62058
11	678	Ceresblau GN	Anthrachinonfarbstoff	C.I. Solvent Blue 63	61520
12	1006	Duranol Brilliant Blue BN Grains	Anthrachinonfarbstoff	C.I. Disperse Blue 3	61505
13	1009	Duranol Violet 2R 300 Powder	Anthrachinonfarbstoff	C.I. Disperse Violet 1	61100
14	1097	Alizarin, reinst	Anthrachinonfarbstoff	C.I. Mordant Red 11	58000
15	1099	Alizarin sicc.	Anthrachinonfarbstoff	C.I. Mordant Red 11	58000
16	505	Chinizarin subl. reinst p. A.	Anthrachinonfarbstoff	C.I. Solvent Orange 86	58050
17	485	Azosol Fast Blue BLA Extra	Azinfarbstoff	C.I. Acid Blue 59	50315
18	516	Nigrosine G 140 Powder	Azinfarbstoff	C.I. Acid Black 2	50420
19	846	Nigrosinbase N 832733	Azinfarbstoff	C.I. Solvent Black 7	50415
20	585	Brillantbasischrot B	Azinfarbstoff	C.I. Basic Red 10	50250
21	598	Indulinbase N	Azinfarbstoff	C.I. Solvent Blue 7	50400
22	687	Nigrosinbase	Azinfarbstoff	C.I. Solvent Black 7	50415
23	712	Solidblau R spritlsl.	Azinfarbstoff	C.I. Solvent Blue 7	50400
24	752	Waxoline Induline 2 BS	Azinfarbstoff	C.I. Solvent Blue 7	50400
25	753	Waxoline Induline 2 BS	Azinfarbstoff	C.I. Solvent Blue 7	50400
26	755	Waxoline Induline 2 BS	Azinfarbstoff	C.I. Solvent Blue 7	50400
27	757	Nigrosine HNS. Crystals.	Azinfarbstoff	C.I. Acid Black 2	50420
28	787	Waxoline Induline 5BS	Azinfarbstoff	C.I. Solvent Blue 7	50400
29	811	Indulinblaubase R	Azinfarbstoff	C.I. Solvent Blue 7	50400
30	816	Waxoline Induline 2BS	Azinfarbstoff	C.I. Solvent Blue 7	50400
31	820	Nigrosine HNS Crystals	Azinfarbstoff	C.I. Acid Black 2	50420
32	1053	Indulinbase	Azinfarbstoff	C.I. Solvent Blue 7	50400
33	1192	Waxoline Induline 5BO	Azinfarbstoff	C.I. Solvent Blue 7	50400
34	1295	Waxoline Induline 5BS	Azinfarbstoff	C.I. Solvent Blue 7	50400
35	709	Chinolingelb A spritlsl.	Chinolinfarbstoff	C.I. Direct Yellow 5	47035
36	487	Auramine OS Ex.	Diphenylmethanfarbstoff	C.I. Basic Yellow 2	41000
37	544	Ber Nazine Yellow O	Diphenylmethanfarbstoff	C.I. Basic Yellow 2	41000
38	669	Auramine O.	Diphenylmethanfarbstoff	C.I. Basic Yellow 2	41000
39	734	Auramin	Diphenylmethanfarbstoff	C.I. Basic Yellow 2	41000
40	737	Croceinscharlach 3 B	Disazaofarbstoff	C.I. Acid Red 70	27155
41	493	Papierscharlach 4BS (sub)	Disazofarbstoff	C.I. Direct Red 23	29160
42	495	Bismarck Brown RLNS	Disazofarbstoff	C.I. Basic Brown 4	21010
43	502	Brill.Benzo Blue 6 BA Ex. CF	Disazofarbstoff	C.I. Direct Blue 1	24410
44	511	Oxamine Brill. Red bi	Disazofarbstoff	C.I. Direct Red 53	22405
45	532	Naphtalene Leather Brown AS	Disazofarbstoff	C.I. Acid Orange 24	20170
46	826	Naphthalene Dark Green A200	Disazofarbstoff	C.I. Acid Green 20	20495
47	830	Sudanschwarz BN bes. rein	Disazofarbstoff	C.I. Solvent Black 3	26150
48	835	Vesuvin BAX	Disazofarbstoff	C.I. Basic Brown 1	21000
49	854	Kongorot	Disazofarbstoff	C.I. Direct Red 28	22120
50	538	Sudanschwarz B	Disazofarbstoff	C.I. Solvent Black 3	26150
51	564	Sudanrot 7BN	Disazofarbstoff	C.I. Solvent Red 19	26050

	Inv.-Nr.	Trivialname	Chemische Konstitution	Colour-Index-Name	CI-Nr.
52	626	Bismarck Brown RLS.	Disazofarbstoff	C.I. Basic Brown 4	21010
53	657	Fettschwarz HB	Disazofarbstoff	C.I. Solvent Black 3	26150
54	671	Brill.Croceine 3BA CF	Disazofarbstoff	C.I. Acid Red 73	27290
55	688	Zaponechtscharlach CG	Disazofarbstoff	C.I. Solvent Red 30	27291
56	700	Ceresrot 3 R	Disazofarbstoff	C.I. Solvent Red 18	21260
57	704	Siriusschwarz VE	Disazofarbstoff	C.I. Direct Black 51	27720
58	711	Papierbraun B L	Disazofarbstoff	C.I. Basic Brown 1	21000
59	713	Baumwollscharlach	Disazofarbstoff	C.I. Acid Red 73	27290
60	714	Astravesuvin R h.c. (B)	Disazofarbstoff	C.I. Basic Brown 4	21010
61	715	Naphtylaminschwarz S	Disazofarbstoff	C.I. Acid Black 1	20470
62	726	Bismarckbraun RRN	Disazofarbstoff	C.I. Basic Brown 4	21010
63	730	Congorot	Disazofarbstoff	C.I. Direct Red 28	22120
64	750	Zaponechtrot CB	Disazofarbstoff	C.I. Solvent Red 32	26766
65	781	Waxoline Red OS	Disazofarbstoff	C.I. Solvent Red 24	26105
66	808	Zaponechtscharlach CR	Disazofarbstoff	C.I. Solvent Red 31	27306
67	819	Coomassie Orange G 150	Disazofarbstoff	C.I. Acid Orange 33	24780
68	876	CR Durazol Red 6 B	Disazofarbstoff	C.I. Direct Red 79	29065
69	949	Lithofor Yellow AS	Disazofarbstoff	C.I. Solvent Yellow 30	21240
70	1290	Sudanrot	Disazofarbstoff	C.I. Solvent Red 23	26100
71	693	Indigotin I	Indigoider Farbstoff	C.I. Acid Blue 74	73015
72	1025	Indigoblau	Indigoider Farbstoff	C.I. Vat Blue 1	73000
73	1077	Indigo	Indigoider Farbstoff	C.I. Vat Blue 1	73000
74	1078	Indigo rein	Indigoider Farbstoff	C.I. Vat Blue 1	73000
75	157	Procion Supra Red H-4BP	k. A.	C.I. Reactive Red	o. Nr.
76	216	Procion Red M-GS	k. A.	C.I. Reactive Red	o. Nr.
77	421	Zaponechtgrün HGL	k. A.	C.I. Solvent Green 14	o. Nr.
78	494	Basic Yellow G	k. A.	C.I. Basic Orange 10	o. Nr.
79	367	Duranol Grey TN Liquid	k. A.	C.I. Disperse Dye	o. Nr.
80	369	Du Pont Spirit Black No. 4	k. A.	k. A.	
81	441	n. b.	k. A.	k. A.	
82	491	Zaponechtviolett	k. A.	C.I. Solvent Violet	
83	510	Satranin TH extra	k. A.	k. A.	
84	518	Azosol Fast Blue HLD (HLR)	k. A.	C.I. Solvent Blue 42	o. Nr.
85	522	Methasol Fast Yellow RS.	k. A.	C.I. Solvent Yellow	
86	525	Basic Black DSC	k. A.	C.I. Basic Black	
87	526	Methasol Fast Red 3BS	k. A.	C.I. Solvent Red	
88	535	Iosol Blue	k. A.	C.I. Solvent Blue 30	o. Nr.
89	536	Methasol Fast Red BS	k. A.	C.I. Solvent Red	
90	836	Hectoclean Blue	k. A.	C.I. Basic Blue	
91	837	Zaponechtgelb CR	k. A.	C.I. Solvent Yellow 70	o. Nr.
92	839	Acilangelb G	k. A.	C.I: Acid Yellow	
93	842	Irisolechtblau BLN 840547	k. A.	C.I. Solvent Blue 49	o. Nr.
94	843	Astrablaubase 3R 50:100	k. A.	C.I. Solvent blue	
95	844	Astrarosa BB extra Typ 8005	k. A.	C.I. Basic Red	
96	845	Acilanaminschwarz TG 170028	k. A.	C.I. Acid Black	
97	848	Irisolechtscharlach 84 0 312	k. A.	C.I. Solvent Red	
98	849	Irisolechtviolett B B N 84 0 432	k. A.	C.I. Solvent Violet 23	o. Nr.
99	852	Ceresviolett B R N	k. A.	C.I. Solvent Violet	
100	856	Carmin rubr. Opt.	k. A.	C.I. Natural Red 4	75470
101	540	Methasol Fast Orange GS	k. A.	C.I. Solvent Orange	
102	550	Methasol Fast Red BS	k. A.	C.I. Solvent Red	
103	554	Naphthalene Leather Brown TNS	k. A.	C.I. Acid Brown 178	o. Nr.
104	557	Rotor Brilliant Red R	k. A.	C.I. Basic Dye	
105	558	Rotor Red S.	k. A.	C.I. Basic Dye	
106	559	Methasol Fast Blue BS	k. A.	C.I. Solvent Blue	
107	568	Luxol Fast Red LGN	k. A.	C.I. Solvent Red	
108	570	Luxol Fast Black LGN	k. A.	C.I. Solvent Black 17	o. Nr.
109	572	Methasol Fast Orange RS	k. A.	C.I. Solvent Orange	
110	576	Savinylgelb 2RLS	k. A.	C.I. Solvent Yellow 62	o. Nr.

	Inv.-Nr.	Trivialname	Chemische Konstitution	Colour-Index-Name	CI-Nr.
111	578	Brillantblaubase HM	k. A.	C.I. Solvent Blue 71	o. Nr.
112	586	Basischbordo HD konz.	k. A.	C.I. Basic Red	
113	587	Rotor Chocolate C.	k. A.	C.I. Basic Brown	
114	588	Basischdunkelbraun BB	k. A.	C.I. Basic Brown	
115	589	Marineblau BNX	k. A.	C.I. Acid Blue	
116	590	Basischdunkelbraun HR konz.	k. A.	C.I. Basic Brown	
117	591	Kohlschwarz HB konz.	k. A.	k. A.	
118	592	Zaponechtgrün HGL	k. A.	C.I. Solvent Green 14	o. Nr.
119	593	Brillantfeuerrot WL	k. A.	k. A.	
120	597	Zaponechtgrün HGL	k. A.	C.I. Solvent Green 14	o. Nr.
121	599	Zaponschwarz X	k. A.	C.I. Solvent Black	
122	603	Ceresblau G	k. A.	C.I. Solvent Blue	
123	608	Astradiamantgrün Krist. extra C	k. A.	C.I. Basic Green	
124	609	Patentbraun GR	k. A.	C.I. Acid Brown	
125	611	Basischreinblau 3G	k. A.	C.I. Basic Blue	
126	614	Basischschwarz HC konz.	k. A.	C.I. Basic Black	
127	618	Kohlschwarz CH konz.	k. A.	k. A.	
128	620	Zaponechtgrün GG	k. A.	C.I. Solvent Green 13	o. Nr.
129	621	Zaponechtgrün GG	k. A.	C.I. Solvent Green 13	o. Nr.
130	625	Methylene Green BD	k. A.	C.I. Basic Green	o. Nr.
131	629	Kohlschwarz ZX 5 konz.	k. A.	k. A.	
132	631	Methasol Fast Red 3BS	k. A.	C.I. Solvent Red	
133	633	Astrarotbase 3 G	k. A.	C.I. Basic Red 28	o. Nr.
134	637	Rotor Green Y	k. A.	C.I. Basic Green	
135	639	Ceresechtlichtgrün G K	k. A.	C.I. Solvent Dye (?)	
136	640	Rotor Black 4B	k. A.	C.I. Basic Black	
137	641	Kohlschwarz KP	k. A.	k. A.	
138	643	Astrablau G Typ 8005	k. A.	C.I. Basic Blue 56	o. Nr.
139	644	Methasol Fast Red 3BS	k. A.	C.I. Basic Red	
140	646	Rotor Chocolate C	k. A.	C.I. Basic Brown	
141	647	Spirit Purple #1	k. A.	k. A.	
142	651	Ceresbraun RRN	k. A.	C.I. Solvent Brown 1:1	o. Nr.
143	653	Kohlschwarz BTX konz.	k. A.	k. A.	
144	656	Irisolechtblau BLN	k. A.	C.I. Solvent Blue 49	o. Nr.
145	659	Schwarzbase NC	k. A.	k. A.	
146	665	Vinyloplastgelb RL	k. A.	k. A.	
147	672	Luxol Fast Green B	k. A.	C.I. Solvent Green	
148	674	Tetraoxyanthrachinon 1.2.5.8	k. A.	k. A.	
149	679	Blau BWB Körner	k. A.	k. A.	
150	686	Spritechtrot B	k. A.	k. A.	
151	689	Palatinechtschwarz SRN	k. A.	C.I. Acid Black	
152	690	Siriusbraun BR	k. A.	C.I. Direct Brown	
153	696	Vinyloplastblau BL	k. A.	k. A.	
154	699	Astrarot 3 G hk.	k. A.	C.I. Basic Red 28	o. Nr.
155	703	Anthralangrün B	k. A.	C.I: Acid Green	
156	719	Spritbraun H G	k. A.	C.I. Solvent Brown	
157	722	Methylschwarz 3 BNX	k. A.	k. A.	
158	725	Astrablau 3 R hochk.	k. A.	C.I. Basic Blue 52	o. Nr.
159	739	Brillantspritschwarz RN	k. A.	k.A	27260
160	740	Vinyloplastschwarz BLN	k. A.	k. A.	
161	745	Savinylrot 3BLS	k. A.	C.I. Solvent Red 91	o. Nr.
162	748	Astrarot 3 G hochkonz.	k. A.	C.I. Basic Red 28	o. Nr.
163	751	Astrablau 3R Typ 8005	k. A.	C.I. Basic Blue 52	o. Nr.
164	754	Methasol Fast Blue BS	k. A.	C.I. Solvent Blue	
165	756	Methasol Fast Blue 2GS	k. A.	C.I. Solvent Blue	
166	762	Spritbrillantschwarz HB	k. A.	k. A.	
167	763	Zaponechtgelb CGR	k. A.	C.I. Solvent Yellow 69	o. Nr.
168	764	Spritbrillantschwarz HK	k. A.	k. A.	
169	765	Brillantspritschwarz TN	k. A.	k. A.	

	Inv.-Nr.	Trivialname	Chemische Konstitution	Colour-Index-Name	CI-Nr.
170	774	Waxoline Victoria Blue BNS	k. A.	C.I. Solvent Blue	
171	777	Methic Copying Black CPN	k. A.	k. A.	
172	779	Mahagonibraun spritl.	k. A.	k. A.	
173	783	Methic Copying Black CPN	k. A.	k. A.	
174	788	Methasol Fast Orange RS	k. A.	C.I. Solvent Orange	
175	792	Methasol Fast Orange GS	k. A.	C.I. Solvent Orange	
176	793	Methic Copying Black CPN	k. A.	k. A.	
177	795	Sudantiefschwarz BG	k. A.	C.I. Solvent Black	
178	796	Acronol Brilliant Blue	k. A.	C.I. Basic Blue	
179	798	Methic Copying Black CPN	k. A.	k. A.	
180	799	Ink Blue AS Crystals	k. A.	C.I. Acid Blue	
181	800	Methic Copying Black CPN	k. A.	k. A.	
182	804	Ink Blue AS Powder	k. A.	C.I. Acid Blue	
183	806	Base dÁstra Bleu 6GLL	k. A.	C.I. Solvent Blue 51	o. Nr.
184	807	Nussbraun spritl.	k. A.	k. A.	
185	812	Astrabraunbase R	k. A.	C.I. Basic Brown	
186	813	Cyananthrol BGAOO	k. A.	C.I. Acid Dye	
187	814	Astraphloxinbase	k. A.	C.I. Basic Red	48070
188	873	Dispersol Fast Orange	k. A.	C.I. Disperse Orange	
189	875	Procion Supra Red H - 4BP	k. A.	C.I. Reactive Red 79	o. Nr.
190	903	Dispersol Fast Orange	k. A.	C.I. Disperse Orange	
191	907	ß-Naphtholorange	k. A.	k. A.	
192	916	Astralorange 3000	k. A.	k. A.	
193	923	Carmin rubr. Opt.	k. A.	C.I. Natural Red 4	75470
194	945	Methasol Yellow TXS	k. A.	C.I. Solvent Yellow 47	o. Nr.
195	980	Mahagonibraun	k. A.	k. A.	
196	1000	Procilan Dark Blue MS	k. A.	C.I. Reactive Blue	
197	1001	Procilan Dark Blue MS	k. A.	C.I. Reactive Blue	
198	1005	Procion Blue H-5RS.	k. A.	C.I. Reactive Blue 13	o. Nr.
199	1012	Zaponechtgrün GG	k. A.	C.I. Solvent Green 13	o. Nr.
200	1017	Procilan Dark Blue MS	k. A.	C.I. Reactive Blue	
201	1021	Lackmoid, reinst, in Blättchen	k. A.	C.I. Acid Dye	
202	1026	Pyrofusin (in Öl)	k. A.	k. A.	
203	1037	Marine Solester R	k. A.	k. A.	
204	1038	Marine Solester R	k. A.	k. A.	
205	1049	Blau II spritlösl.	k. A.	C.I. Solvent Blue	
206	1052	Brillantviolettlack CO	k. A.	k. A.	
207	1055	Vinyloplastblau GL	k. A.	k. A.	
208	1066	Arionblau HR	k. A.	k. A.	
209	1189	Borax-Methylenblau	k. A.	k. A.	
210	1287	Brill. Alizaringrün	k. A.	C.I. Acid Green	
211	1289	Artifical Silk Black RRA	k. A.	C.I. Acid Black	
212	1294	Savinylbraun GLS	k. A.	C.I. Solvent Brown 28	o. Nr.
213	1296	Zaponechtrot GE	k. A.	C.I. Solvent Red	
214	1305	„Luxol“ Fast Yellow G	k. A.	C.I. Solvent Yellow 45	o. Nr.
215	1306	„Luxol“ Fast Yellow LN	k. A.	C.I. Solvent Yellow	
216	1307	„Luxol“ Fast Yellow T	k. A.	C.I. Solvent Yellow 47	o. Nr.
217	1308	„Luxol“ Fast Yellow TN	k. A.	C.I. Solvent Yellow 47	o. Nr.
218	1309	„Luxol“ Fast Orange GRL	k. A.	C.I. Solvent Orange 25	o. Nr.
219	1310	„Luxol“ Fast Orange GS	k. A.	C.I. Solvent Orange 24	o. Nr.
220	1311	„Luxol“ Fast Orange R	k. A.	C.I. Solvent Orange 20	o. Nr.
221	1312	„Rotalin“ Yellow G	k. A.	C.I. Sovent Yellow	
222	1313	„Rotalin“ Yellow N	k. A.	C.I. Sovent Yellow	
223	1314	„Luxol“ Fast Red B	k. A.	C.I. Solvent Red 33	o. Nr.
224	1315	„Luxol“ Fast Red BB	k. A.	C.I. Solvent Red 34	o. Nr.
225	1316	„Luxol“ Fast Red SN	k. A.	C.I. Solvent Red	
226	1317	„Luxol“ Fast Red BN	k. A.	C.I. Solvent Red	
227	1318	„Luxol“ Fast Scarlet C	k. A.	C.I. Solvent Red 69	o. Nr.
228	1319	„Rotalin“ Red S conc.	k. A.	C.I. Solvent Red	

	Inv.-Nr.	Trivialname	Chemische Konstitution	Colour-Index-Name	CI-Nr.
229	1320	„Luxol“ Fast Brown G	k. A.	C.I. Solvent Brown 19	o. Nr.
230	1321	„Luxol“ Fast Brown K	k. A.	C.I. Solvent Brown 20	o. Nr.
231	1322	„Luxol“ Fast Brown R	k. A.	C.I. Solvent Brown 17	o. Nr.
232	1323	„Rotalin“ Green B conc.	k. A.	C.I. Solvent Green	
233	1324	„Luxol“ Brillian Green BL	k. A.	C.I. Solvent Green 11	o. Nr.
234	1325	„Rotalin“ Green Y conc.	k. A.	C.I. Solvent Green	
235	1326	„Luxol“ Fast Blue AR	k. A.	C.I. Solvent Blue 37	o. Nr.
236	1327	„Luxol“ Fast Blue ARN	k. A.	C.I. Solvent Blue 37	o. Nr.
237	1328	„Luxol“ Fast Blue G	k. A.	C.I. Solvent Blue 34	o. Nr.
238	1329	„Luxol“ Fast Blue MBS	k. A.	C.I. Solvent Blue 38	o. Nr.
239	1330	„Rotalin“ Blue B conc.	k. A.	C.I. Solvent Blue	
240	1331	„Rotalin“ Brilliant Blue New	k. A.	C.I. Solvent Blue	
241	1332	„Luxol“ Fast Black BN	k. A.	C.I. Solvent Black	
242	1333	„Luxol“ Fast Black N	k. A.	C.I. Solvent Black	
243	1334	„Rotalin“ Black RM	k. A.	C.I. Solvent Black	
244	1335	„Pontamine“ White BL	k. A.	C.I. Fluorescent Brightening Agent	
245	1336	„Pontamine“ White GGN	k. A.	C.I. Fluorescent Brightening Agent	
246	1337	„Pontamine“ White LBT	k. A.	C.I. Fluorescent Brightening Agent	
247	675	Kohlschwarz D	k. A.	k. A.	
248	571	Acronol Phloxine FFS	Methinfarbstoff	C.I. Basic Red 12	48070
249	707	Astraviolett 3R ex.h.konz.	Methinfarbstoff	C.I. Basic Violet 16	48013
250	772	Astraphloxinbase	Methinfarbstoff	C.I. Basic Red 12	48070
251	815	Astraviolett 3R hochkonz.	Methinfarbstoff	C.I. Basic Violet 16	48013
252	484	Scarlet RRA New	Monoazofarbstoff	C.I. Acid Red 26	16150
253	251	Litholrubin BN	Monoazofarbstoff	C.I. Acid Red	o. Nr.
254	507	Sudanorange R	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Yellow 14	12055
255	822	Azo Geranine 2G 200	Monoazofarbstoff	C.I. Acid Red 1	18050
256	824	Tartrazine N 200	Monoazofarbstoff	C.I. Food Yellow 4	19140
257	825	Naphthalene Ink Scarlet 4R 125	Monoazofarbstoff	C.I. Acid Red 18	16255
258	841	Astrachrysoidin RR extra konz.	Monoazofarbstoff	C.I. Basic Orange 1	11320
259	855	Brillantorange	Monoazofarbstoff	C.I. Acid Orange 12	15970
260	541	Zaponechtviolett BE	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Violet 1	12196
261	542	Azo Geranine 2G 200.	Monoazofarbstoff	C.I. Acid Red 1	18050
262	562	Methylorange	Monoazofarbstoff	C.I. Acid Orange 52	13025
263	574	Methasol Blue RLS	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Blue 37	13390
264	579	Zaponechtschwarz B	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Black 34	12195
265	583	Fettbraun B	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Red 3	12010
266	604	Ceresgelb 3G	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Yellow 16	12700
267	607	Chrysoine A conc.	Monoazofarbstoff	C.I. Food Yellow 8	14270
268	610	Zaponechtschwarz RE	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Black 34	12195
269	632	Sudangelb GG	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Yellow 2	11020
270	634	Methylorange	Monoazofarbstoff	C.I. Acid Orange 52	13025
271	660	Fettorange G	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Yellow 14	12055
272	663	Waxoline Orange YS.	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Orange 3	11270B
273	670	Chrysoidine R	Monoazofarbstoff	C.I. Basic Orange 1	11320
274	676	Ceresbraun B	Monoazofarbstoff	C.I. Sovent Red 3	12010
275	677	Fenazo Yellow M ex	Monoazofarbstoff	C.I. Acid Yellow 36	13065
276	683	Chrysoidin G	Monoazofarbstoff	C.I. Basic Orange 2	11270
277	685	Ceresorange G	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Orange 1	11920
278	708	Amidonaphtolrot G	Monoazofarbstoff	C.I. Acid Red 1	18050
279	720	Chrysoidinbase A	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Orange 3	11270
280	733	Metanilgelb	Monoazofarbstoff	C.I. Acid Yellow 36	13065
281	738	Janusschwarz D	Monoazofarbstoff	C.I. Basic Black 2	11825
282	769	Papiergelb 5G hochconc.	Monoazofarbstoff	C.I. Direct Yellow 27	13950
283	785	Waxoline Yellow IS.	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Yellow 14	12055
284	790	Waxoline Mahogany AS	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Red 2	12005
285	791	Waxoline Red BNS	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Red 4	12170

	Inv.-Nr.	Trivialname	Chemische Konstitution	Colour-Index-Name	CI-Nr.
286	801	Lissamine Violet 2R 125	Monoazofarbstoff	C.I. Acid Violet 1	17025
287	805	Fettorange R	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Yellow 14	12055
288	818	Coomassie Blue Rl. 150	Monoazofarbstoff	C.I. Acid Blue 92	13390
289	821	Tartrazine K 200	Monoazofarbstoff	C.I. Food Yellow 4	19140
290	920	Brillantorange	Monoazofarbstoff	C.I. Acid Orange 12	15970
291	975	Lithofor brown AS	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Brown 1	11285
292	977	Dispersol Fast Crimson B 150	Monoazofarbstoff	C.I. Disperse Red 13	11115
293	1092	Curcumin (Brillantgelb) (Indik.)	Monoazofarbstoff	C.I. Acid Yellow 16	13085
294	1298	Fettgelb 3G (83 1 026)	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Yellow 16	12700
295	547	Sudanbraun BB	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Brown 5	12020
296	664	Sudanbraun R R N	Monoazofarbstoff	C.I. Solvent Brown 1	11285
297	1079	Cochenille schwarz	Natural Organic Colouring Matter	C.I. Natural Red 4	75470
298	1096	Purpurin sublim	Natural Organic Colouring Matter	C.I. Mordant Red (natural)	75410
299	612	Amidonaphtolbraun 3G (A)	Nitrofarbstoff	C.I. Acid Brown 1	10395
300	652	Naphtol Yellow SXX New	Nitrofarbstoff	C.I. Acid Yellow 1	10316
301	527	Naphtol Green BNS	Nitrosofarbstoff	C.I. Acid Green 1	10020
302	553	Naphthol Green BNS	Nitrosofarbstoff	C.I. Acid Green 1	10020
303	817	Naphthol Green BN 150	Nitrosofarbstoff	C.I. Acid Green 1	10020
304	724	Echtbaumwollblau BV	Oxazinfarbstoff	C.I. Basic Blue 6	51175
305	770	Methylene Blue ZFS.	Oxazinfarbstoff	C.I. Basic Blue 9	51015
306	1304	Nilblau BX	Oxazinfarbstoff	C.I. Basic Blue 12	51180
307	519	Pheno..	Phenolsulfonphthalein	k. A.	
308	727	Zaponechtblau PL	Phthalocyaninfarbstoff	C.I. Solvent Blue 24	74380
309	548	Methasol Fast Blue 2GS	Phthalocyaninfarbstoff	C.I. Solvent Blue 25	74350
310	1036	Zaponechtblau HFL	Phthalocyaninfarbstoff	C.I. Solvent Blue 25	74350
311	954	Chlorazol Yellow RP.	Stilbenfarbstoff	C.I. Direct Yellow 11	40000
312	534	Methylene Blue A Extra Conc.	Thiazinfarbstoff	C.I. Basic Blue 9	52015
313	1126	Methylenblau 3 G	Thiazinfarbstoff	C.I. Basic Blue 9	52015
314	617	Methylenblau BD 200%	Thiazinfarbstoff	C.I. Basic Blue 9	52015
315	729	Neumethylenblau NSS	Thiazinfarbstoff	C.I. Basic Blue 24	52030
316	492	Thioflavine TCND EX.Conc.	Thiazolfarbstoff	C.I. Basic Yellow 1	49005
317	635	Crystal Violet AO conc. Pure	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Violet 3	42555
318	638	Ink Blue BJTBNA-80	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Acid Blue 93	42780
319	701	Reflexblau 8 G	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Acid Blue	o. Nr.
320	500	Brilliant Green Crystals	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Green 1	42040
321	426	Fast Green 22031	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Green 1	42040
322	509	Lissamine Green sfs.	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Acid Green 5	42095
323	523	Victoria Blue B150	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Blue 26	44045
324	829	Brillantblaugrün B	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Green 1	42040
325	838	Acilanechtgrün 10 G	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Acid Green 22	42170
326	847	Astramalachitgrün Kristallplv.	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Green 4	42000
327	549	Magenta P.150	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Violet 14	42510
328	551	Victoria Blue BN 150	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Blue 26	44045
329	552	Magenta DP.150 Powder	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Violet 14	42510
330	555	Victoria Lake Blue B 150	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Blue 26	44045
331	560	Astrarhodulinblau 6G Typ 8005	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Blue 1	42025
332	580	Astracyanin B	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Blue 18	42705
333	581	Brillantvictoriablau RB	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Blue 7	42595
334	582	Violett 5BO	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Violet 3	42555
335	596	Naphtalingrün V hochkonz.F	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Acid Green 16	44025
336	600	Acilangrün SFG konz.	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Acid Green 5	42095
337	601	Bleu Rhoduline 5B extra conc.	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Blue 5	42140
338	605	Viktoriablau B Base	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Solvent Blue 4	44045
339	615	Waxoline Violet 10BS	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Solvent Violet 9	42555B
340	616	Astra Bleu Rhoduline 6G conc.	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Blue 1	42025
341	622	Brillantgrün Kristalle extra C rein	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Green 1	42040
342	630	Methylviolett	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Violet 1	42535
343	645	Fuchsine	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Violet 14	42510

	Inv.-Nr.	Trivialname	Chemische Konstitution	Colour-Index-Name	CI-Nr.
344	648	Methyl Violet Base A	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Solvent Violet 8	42535
345	666	Viktoriareinblau BOC	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Blue 7	42595
346	681	Kristallviolett ext. Typ 8200	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Violet 3	42555
347	682	Viktoriablaubase B	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Solvent Blue 4	44045
348	684	Pulverfuchsin	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Violet 14	42510
349	691	Brillantgrün extra	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Green 1	42040
350	692	Wasserblau I N	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Acid Blue 22	42755
351	694	Äthylviolett BOO	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Violet 4	42600
352	697	Acilanbrillantblau FFR	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Acid Blue 104	42735
353	702	Reflexblau TBK extra	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Acid Blue/ev. PB ?	o. Nr.
354	705	Astradiamantgrün GX	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Green 1	42040
355	706	Victoria Green S	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Green 4	42000
356	710	Rhodulinblau 6 G	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Blue 1	42025
357	717	Säureviolett 6 BN	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Acid Violet	
358	718	Methylvioletttbase	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Solvent Violet 8	42535
359	728	Victoriablue BGO	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Blue 26	44045
360	735	Malachitgrün	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Green 4	42000
361	741	Victoriareinblau BOD konz.	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Blue 7	42595
362	742	Alkaliechtgrün 10 G (A)	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Acid Green 22	42170
363	743	Astragrünbase B	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Solvent Green 1	42000
364	744	Violett B Base	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Solvent Violet 8	42535B
365	747	Brillantsäuregrün 6B konz.	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Acid Green 9	42100
366	758	Waxoline Victoria Blue BS	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Solvent Blue 4	44045B
367	760	Patentblau V extra konz.	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Acid Blue 1	42045
368	761	Naphtalingrün V	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Acid Green 16	44025
369	766	Säureviolett 4 BLO	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Acid Violet	
370	767	Säurebrillantblau R extra	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Acid Blue 24	42730
371	786	Methylviolett 5R extra	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Violet 1	42535
372	802	Acronol Brilliant Blue 6G 220	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Blue 1	42025
373	931	Fuchsin f. Bac.	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Violet 14	42510
374	940	Rhodaminbase B	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Solvent Red 49	45170B
375	1043	Anilinviolett	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Violet 1	42535
376	1061	Malachitgrün-Leukobase	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Solvent Green 1	42000
377	1303	Kristallviolett	Triarylcarboniumfarbstoff	C.I. Basic Violet 3	42555
378	539	Malachitgrünlaktom	Triarylcarboniumfarbstoff	k. A.	
379	486	Fastusol Blue LBRRA CF	Trisazofarbstoff	C.I. Direct Blue 71	34140
380	515	Chlorazol Black EN. 240	Trisazofarbstoff	C.I. Direct Black 38	30235
381	524	Chlorazol Black LF. 200	Trisazofarbstoff	C.I. Direct Black 4	30245
382	721	Chlorazol Black ES	Trisazofarbstoff	C.I. Direct Black 38	30235
383	425	Fluoreszein Grün 3G	Xanthen Farbstoff	k. A.	
384	850	Erythrosin B	Xanthenfarbstoff	C.I. Acid Red 51	45430
385	636	Rhodamine 5GDN Extra	Xanthenfarbstoff	C.I. Basic Red 1	45160
386	667	Rhodamine BD.	Xanthenfarbstoff	C.I. Basic Violet 10	45170
387	673	Eosine PGFF Conc.	Xanthenfarbstoff	C.I. Acid Red 87	45380
388	736	Phloxin BBN	Xanthenfarbstoff	C.I. Acid Red 92	45410
389	778	Rhodamin 3 GO	Xanthenfarbstoff	C.I. Basic Red 4	45215
390	969	Fluoreszeingelb 10G	Xanthenfarbstoff	C.I. Acid Yellow 73	45350
391	1027	Coerulein 20 %	Xanthenfarbstoff	C.I. Mordant Green 22	45510
392	1302	Rhodamin	Xanthenfarbstoff	C.I. Basic Violet 10	45170
393	661	Bromphenolblau	Tetrabromphenol-sulfonphtalein	k. A.	
394	545	Bromthymolblau	Dibromthymolsulfon-phthalein	k. A.	

6.4. Grenzen der Identifizierung synthetischer organischer Pigmente mit FTIR

Durch die Auswertung der Messergebnisse der *Röntgenfluoreszenzanalyse* (RFA) und der *Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie* (FTIR) konnten zwar viele der untersuchten synthetischen organischen Farbmittel der Sammlung identifiziert und klassifiziert werden, allerdings zeigten sich bei einigen Proben auch die Grenzen der eingesetzten Methoden.
Während die FTIR als verbindungsspezifische Methode für reine synthetische organische Pigmente sehr gute Ergebnisse liefert und im Rahmen der Arbeit vor allem für die Identifizierung von substratfrei vorliegenden organischen Farbmitteln anhand ihrer charakteristischen Absorptionsmuster im Fingerprintbereich eingesetzt werden konnte (Vgl. Abb. 31), stößt die Methode durch die relativ niedrige Empfindlichkeit und schwierige Auswertung bei Spektren komplexer Mischungen oft an ihre Grenzen. Substanzidentifizierung durch Spektreninterpretation war im Rahmen dieser Arbeit grundsätzlich wenig geeignet, da bei komplizierten organischen Pigment-Molekülen die Vielzahl der überlagerten Schwingungen im bandenreichen Fingerprintbereich nur schwer bestimmten chemischen Strukturen zugeordnet werden können. Die Ergebnisse der RFA-Messungen, die der Bestimmung von gegebenenfalls vorliegenden anorganischen Bestandteilen wie Substraten, Füllstoffen oder Verschnittmitteln dienten, konnten in den seltensten Fällen die nähere Charakterisierung der synthetischen organischen Farbmittel unterstützen.[33]
Bei der Interpretation der Messergebnisse im Rahmen der Untersuchung der synthetischen organischen Farbmittel zeigten sich insbesondere bei der Auswertung der FTIR-Spektren von Farblackproben und Pigmentmischungen Schwierigkeiten.[34]
Die Problemstellungen können dabei generell unterschiedlich gelagert sein. Häufig liegen Mischungen von zwei und mehreren Farbmitteln vor, meist sind diesen Farbmitteln noch Verschnittmittel bzw. Füllstoffe zugesetzt. Bei stark verschnittenen Substanzen ist der Anteil des Farbmittels dann so gering, dass der Nachweis mit FTIR ohne Extraktionsverfahren – die wiederum entsprechend viel Probemenge erfordern – nicht mehr möglich ist. Malschichtproben enthalten üblicherweise Pigment-Bindemittel-Mischungen, denen oft noch weitere Komponenten zugesetzt sind. In allen Fällen kommt es im FTIR-Spektrum zu Überlagerungen der Banden von den verschiedenen Mischungskomponenten, die eine eindeutige Identifizierung einzelner Bestandteile erheblich erschweren. Die Option der Spektren-Subtraktion[35] kann dabei nur dann sinnvoll eingesetzt werden, wenn in Zweikomponentenmischungen eine der Substanzen bekannt ist, also bspw. ein unbekanntes Pigment in einem bekannten Bindemittel vorliegt. Oft ist aber weder das Bindemittel noch das Farbmittel bekannt.
Sind im FTIR-Spektrum einer Malschichtprobe nur bestimmte Wellenzahlenbereiche des Fingerprintbereichs sichtbar und nicht durch Banden des Bindemittels oder durch Füllstoffe überlagert, kann die Identifizierung des synthetischen organischen Pigments zwar gegebenenfalls trotzdem anhand des Spektrums möglich sein, aber meist nur unter günstigen Umständen und/oder mit einem relativ hohen Auswertungsaufwand (Vgl. Kapitel 7 (Ullmann); *Gemälde 2: Gesichter in Kreisfiguration, 1923; Rote Malschichtbereiche [R05; Gemälde 2]).*
Für die eindeutige Identifizierung von synthetischen organischen Pigmenten anhand ihrer FTIR-Spektren ist des Weiteren eine möglichst vollständige Referenzspektrenbibliothek grundlegende Vorraussetzung. Weitgehende Übereinstimmung im Fingerprintbereich mit geringen Abweichungen lassen zwar Rückschlüsse auf die Pigmentklasse zu (Vgl. Abb. 31), fehlen jedoch für den jeweiligen

33 Eine der Ausnahmen bilden in diesem Zusammenhang die Triarylcarbonium-Pigmente mit komplexen Anionen. Die Verbindungen enthalten meist die in Pigmenten sonst selten anzutreffenden Elemente Molybdän und/oder Wolfram. Die Pigmente werden durch Komplexierung von Farbstoffen mit Heteropolysäuren wie Phosphorwolfram- oder Phosphormolybdänsäure bzw. Phosphorwolframmolybdänsäure, gegebenenfalls auch Kupfer-1-hexacyanoeisen-2-säure sowie Siliciummolybdänsäure hergestellt [Vgl. Kapitel 2.3.2.7. sowie Herbst/Hunger (1995), S. 548-550].
34 Farblackproben sind vor allem dann problematisch, wenn es sich um auf Substrat gefällte Farbstoffe handelte. [Vgl. Wagner (1928), S. 313-329]: Echte Farblacke sind u.a. unlösliche Erdalkali- oder Mangansalze, die nicht zwangsläufig ein Substrat aufweisen müssen. Wird ein Farbstoff vom anorganischen Substrat nur adsorptiv gebunden, kann mit keiner großen Echtheit gerechnet werden. [Vgl. Wagner (1928), S. 323]: Bei der Herstellung von Farblacken aus basischen Farbstoffen auf anorganischen Adsorbentien beträgt die Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe unter normalen Bedingungen nicht mehr als 5% (!).
35 Übliches Spektrenbearbeitungs-Tool in der gängigen FTIR-Software. Von dem FTIR-Spektrum der Probe wird das Spektrum eines bekannten Materials rechnerisch abgezogen. Dabei wird vorausgesetzt, dass ein anteiliger Mischungsbestandteil der Probe bekannt ist oder zumindest durch Gruppenfrequenzen oder typischen Banden zum Teil ‚sichtbar' ist bzw. identifiziert werden kann.

Untersuchungszeitraum Referenzspektren relevanter Verbindungen, können konkrete Zuordnungen bzw. Pigment-Identifizierungen nur unter Vorbehalt durchgeführt werden. In solchen Fällen kann weder ausgeschlossen werden, dass es sich um ein nicht als Referenz vorhandenes Material handelt, noch, dass eventuell ein Pigment oder eine Pigmentmischung der gleichen Pigmentklasse[36] vorliegt (Vgl. Kapitel 7; *Gemälde 1: Komposition mit zwei Akten, um 1925; Gelbe und hellgrüne Malschichten (R14/15 und R08/09; Gemälde 1*).

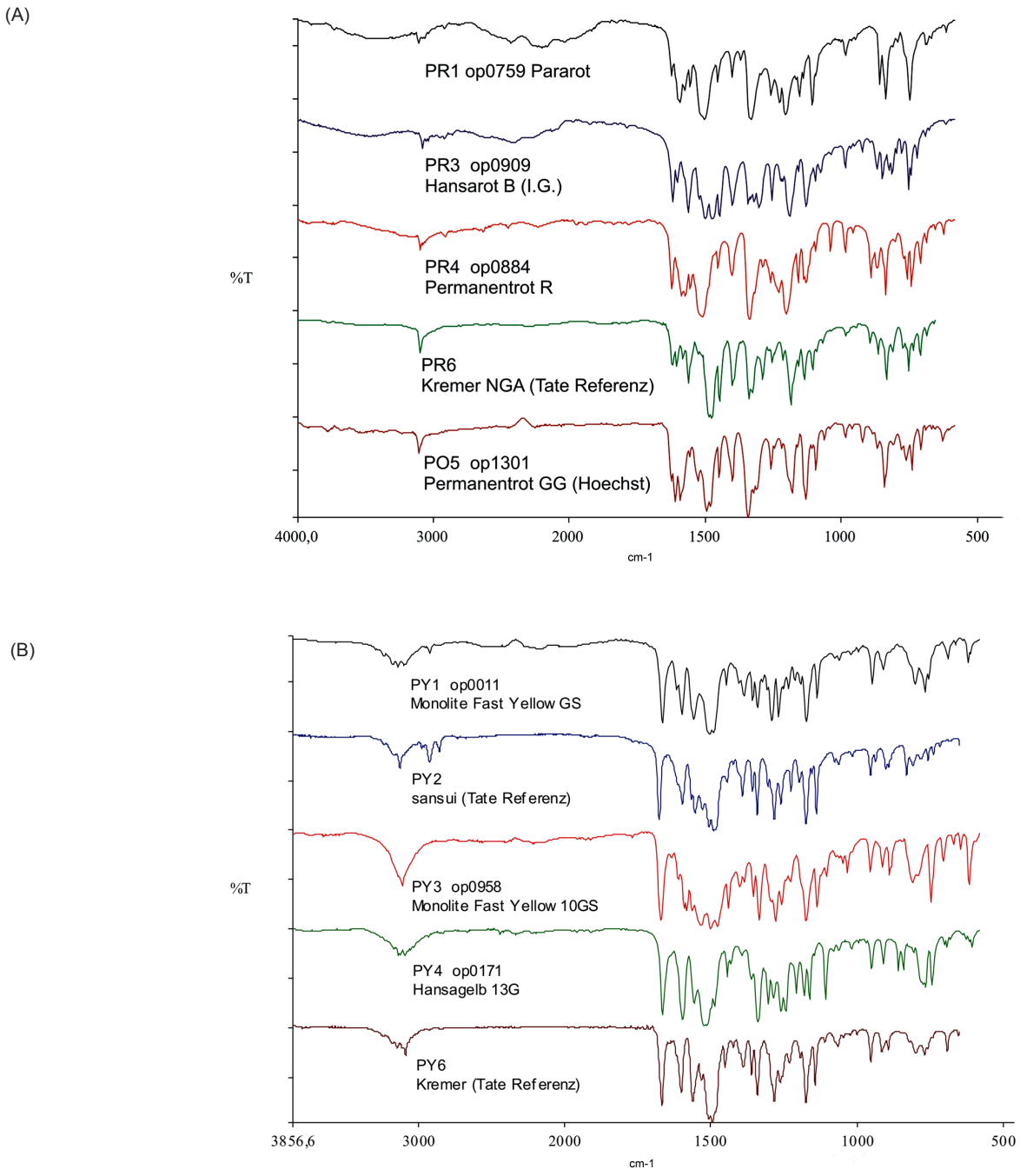


Abb. 31: FTIR-Spektren von fünf Monoazogelbpigmenten (A) und fünf ß-Naphthol-Pigmenten (B); Verbindungen, die zur gleichen Pigmentklasse gehören, weisen im Fingerprintbereich des Spektrums zwischen etwa 1500-700 cm^{-1} zum Teil erhebliche Ähnlichkeiten auf.

36 Vgl. Colour Index (1956), Vol. 3, S. 3022 ff.: C.I. 11690, Monoazogelbpigment ohne PY-Nummer; als Nebenkomponente in Mischungen bestimmter Pigmente derselben Klasse, wie z. B. in Hansa Yellow GE, PY 6. Oder: C.I. 11735, ebenfalls als Nebenkomponente in Mischungen, wie z.B. in Hansa Yellow A (ähnlich PY 1).

Die Farbmittelproben aus der technologischen Sammlung sind mehrheitlich zwar reine Pigmente bzw. Farbstoffe, allerdings befinden sich auch einige verschnittene Materialien, Farblacke sowie Pigmentmischungen und als Ausnahmefälle auch bereits mit einem Bindemittel versetzte Pigmentpräparate in der Kollektion. Zum Teil konnte das Material durch die Kombination aller verfügbaren Literaturquellen mit den Ergebnissen der im Rahmen dieser Arbeit eingesetzten analytischen Methoden (RFA und FTIR) identifiziert werden; bei einigen Proben reichten die Informationen aber nicht für eine eindeutige Identifizierung aus.
Im folgenden Abschnitt werden die Grenzen der Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel mit FTIR an ausgewählten Proben aus der technologischen Sammlung diskutiert; die unterschiedlichen Problemstellungen werden dabei unterteilt in:

A: Pigmentmischungen
B: Verschnittene Pigmentproben
C: Farblacke mit geringem Farbstoffanteil
D: Farblacke aus Farbstoffmischungen
E: Pigment-Bindemittel-Mischungen

A: Pigmentmischungen
In Pigmentmischungen überlagern sich die Banden von zwei oder mehreren Farbmitteln; eine eindeutige Identifizierung wird dadurch schwieriger. Insbesondere in den zeitgenössischen Künstlerfarben liegen zum Teil sogar mehr als zwei Farbmittel in einem Farbton vor.[37] Bei der Ausmischung mit weiteren Tubenfarben steigt die Anzahl der Komponenten im Probematerial und damit die Anzahl der sich überlagernden Banden im FTIR-Spektrum. Der zusätzliche Einsatz von Trennverfahren ist üblicherweise aber auch schon für die Identifizierung von zwei nebeneinander vorliegenden synthetischen organischen Farbmitteln erforderlich.
Unter den Proben der Sammlung befinden sich nur wenige Pigmentmischungen. An einem Beispiel kann jedoch gezeigt werden, dass bei reinen Pigmentproben (ohne Bindemittel und Füllstoffe) gegebenenfalls auch eine Identifizierung ohne Trennungsverfahren möglich ist. Bei der Probe handelt es sich um das grüne *ICI*-Pigment *Vynamon Green 5GS* (1958), Inv. 475. Trotz der Bandenüberlagerungen konnten im FTIR-Spektrum der Probe sowohl charakteristische Banden des Phthalocyanin-Grünpigments PG 7 (etwa 1390-1096 cm^{-1}) als auch des Diarylgelb-Pigments PY 14 (etwa 1460-1670 cm^{-1}) zugeordnet werden (Abb. 32, 33).
Damit gehört das grüne Pigment möglicherweise zu den gelbstichigen Grüntönen, die durch die Kombination von dem preisgünstigen PG 7 mit gelben Pigmenten (in dem Fall mit dem Diarylgelb-Pigment PY 14) hergestellt werden. Das bromsubstituierte PG 36 ist wesentlich gelbstichiger als PG 7, aber teurer.[38]

37 Vgl. Schmincke (2005)/Mussini, S. 6: Der Farbton *Karmin*, Nr. 358, enthält eine Mischung aus den Pigmenten PR 245 (Diketo-Pyrrolo-Pyrrol), PV 42 und PV 19 (Chinacridon).
38 Herbst/Hunger (1995), S. 460-461.

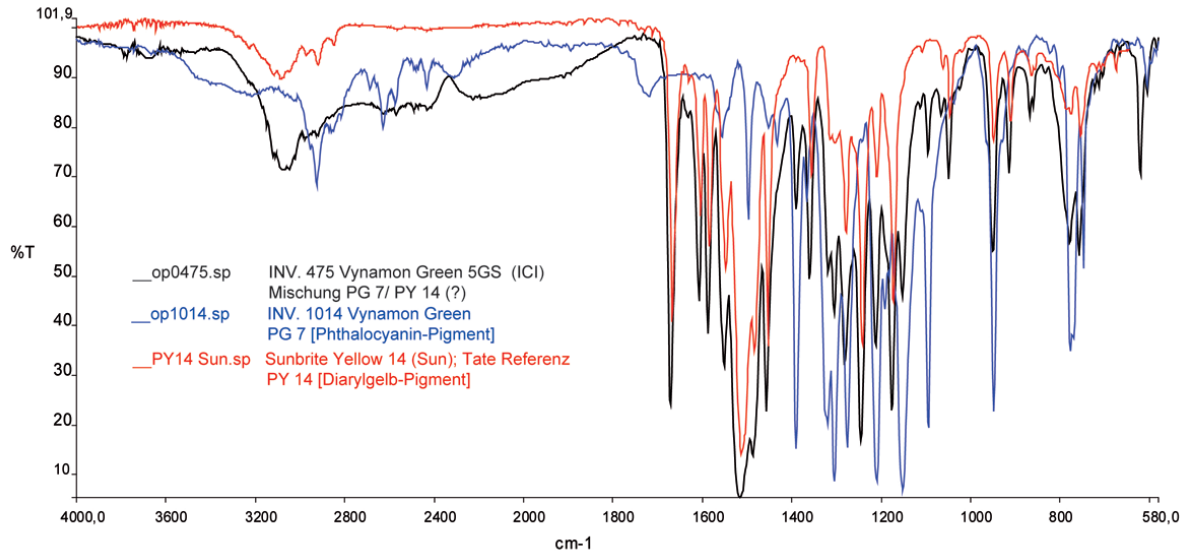


Abb. 32: FTIR-Spektrum von Inv. 475 *Vynamon Green 5GS* (schwarzes Spektrum), mit den Spektren von PG 7 (blaues Spektrum) und PY 14 (rotes Spektrum).

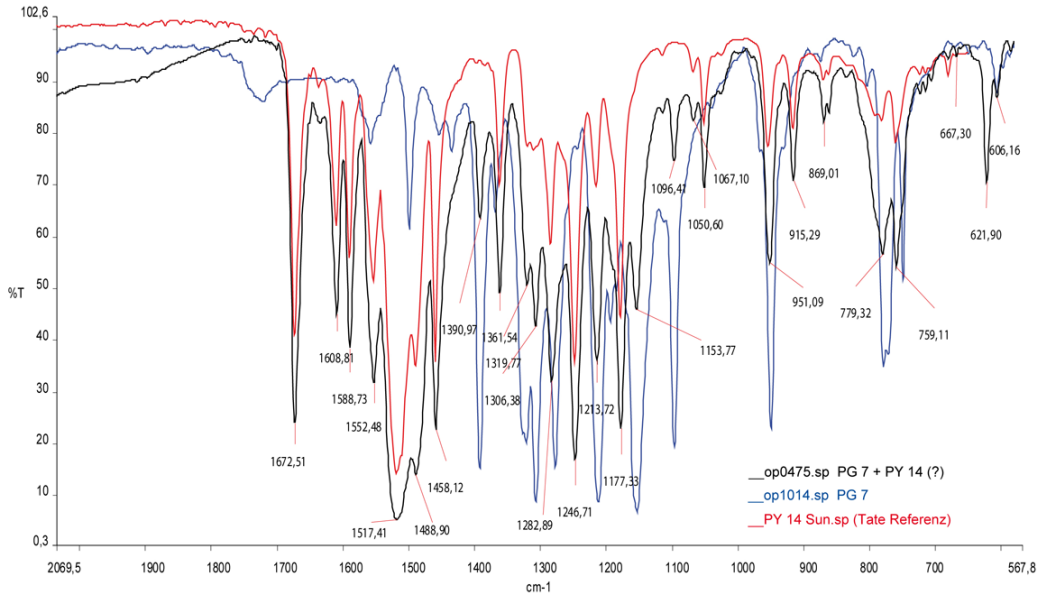


Abb. 33: Detail des FTIR-Spektrums von Inv. 475 *Vynamon Green 5GS* (PG 7 + PY 14 ?); schwarzes Spektrum, mit den Spektren von PG 7 (blaues Spektrum) und PY 14 (rotes Spektrum).

B: Verschnittene Pigmentproben

In den FTIR-Spektren von verschnittenen Pigmentproben überlagern die teilweise sehr breiten Banden des Füllstoffs den bandenreichen und charakteristischen Fingerprintbereich des Pigments und erschweren dadurch die Interpretation. Als Füllstoff, Verschnittmittel oder bei Farblacken auch als Substrat wird häufig Bariumsulfat ($BaSO_4$) eingesetzt, entweder als mineralischer Baryt oder gefälltes Blanc Fixe. Bei der Herstellung von Farblacken wird das Substrat nicht immer zugesetzt, sondern zum Teil auch aus der Lösung mit ausgefällt.

Bei einigen Pigmentproben aus der Sammlung konnte schon durch die Auswertung der RFA-Messungen festgestellt werden, dass es sich um – meist mit dem erwähnten Bariumsulfat – verschnittene Pigmente bzw. Farblacke handelt. Bei der FTIR-Spektrenauswertung war daher zu beachten, dass bei diesen Proben im Wellenzahlenbereich zwischen ~1000 und ~1200 cm^{-1} und ~610 und ~630 cm^{-1} Bariumsulfat-

Banden auftreten. In vielen Fällen konnte das synthetische organische Pigment trotzdem identifiziert werden, so zum Beispiel in einer blauen Probe von *ICI* (Inv. 1003) und in einem stark verschnittenen Präparat des Herstellers *Siegle* (Inv. 1063).
Die blaue *ICI*-Pigmentprobe *Blue Lake 19797*, Inv. 1003, ist mit Bariumsulfat verschnitten. Trotzdem konnte durch charakteristische Banden und Peaks zwischen ~1610 und ~1290 cm^{-1} und ~986 und ~720 cm^{-1} Phthalocyaninblau PB 15 als blaues Farbmittel identifiziert werden. Erheblich schwieriger erwies sich die Bestimmung des Blaupigments in der Probe *Echtlichtblau (Siegle),* Inv. 1063. Diese enthält einen sehr hohen Anteil Barium, wie aus den RFA-Ergebnissen ersichtlich war. Das FTIR-Spektrum zeigt neben den $BaSO_4$-Banden nur sehr geringe Intensitäten im Bereich zwischen ~1610 und ~1290 cm^{-1} und ~986 und ~720 cm^{-1}, allerdings konnten die vorhandenen schwachen Peaks dem Referenzspektrum von Phthalocyaninblau (Inv. 123, *Monastral Fast Blue*, *ICI*) zugeordnet werden (Abb. 34).
Es sei noch angemerkt, dass bei Proben, die Calciumcarbonat ($CaCO_3$) als Füllstoff enthalten, durch die Behandlung mit verdünnter Salzsäure (HCl) die Carbonatanteile (Wellenzahlenbereich zwischen ~1350 und ~1550 cm^{-1}) herausgelöst werden und dadurch eine deutliche Verbesserung der Spektrenqualität erreicht werden kann.[39] [Vgl. Kapitel 7/ Ullmann: *Gemälde 1: Komposition mit zwei Akten, um 1925; Gelbe und hellgrüne Malschichten (R14/15 und R08/09; Gemälde 1)*].

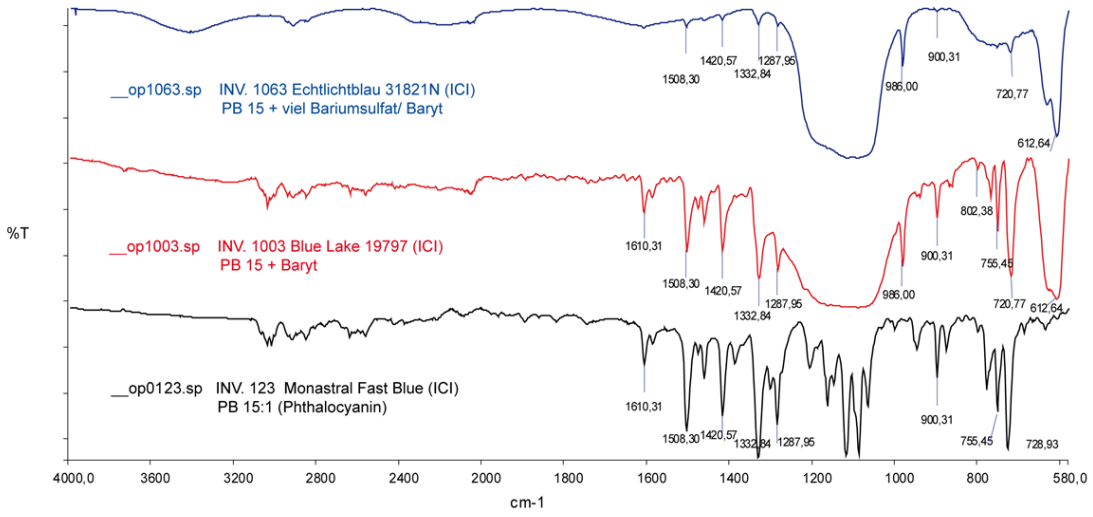


Abb. 34: FTIR-Spektren von zwei verschnittenen Blaupigmenten [Inv. 1063, *Echtlichtblau 31821N*, Phthalocyaninblau (?) + $BaSO_4$ (blaues Spektrum); Inv. 1003, *Blue Lake 19797*, Cu-Phthalocyaninblau + Baryt (rotes Spektrum)] mit einem Spektrum von Phthalocyaninblau PB 15:1 [Inv. 123, *Monastral Fast Blue*, PB 15:1 (schwarzes Spektrum)].

C: Farblackproben mit geringem Farbstoffanteil

Einige Farblackproben, die einen sehr hohen Substratanteil aufweisen, konnten mit den angewendeten Methoden (RFA, FTIR) nicht identifiziert werden. Zum Teil handelt es sich dabei um Proben, die Tonerdehydrat enthalten, so bspw. die blaue Zinn-Aluminium-Farblack-Probe (RFA: Al, Sn) *Blauer Lack, dunkel (Kaufhaus Oberpollinger)*, Inv. 1040. Aluminiumoxydhydrat lässt sich im FTIR-Spektrum anhand der breiten Banden um 1100 cm^{-1} und 570 cm^{-1} und der breiten OH-Bande bei etwa 3450 cm^{-1} identifizieren (Abb. 35); diese Banden sind für Al-Lacke auf Tonerde charakteristisch.[40] Der blaue Farbstoff konnte nicht identifiziert werden, dazu war das FTIR-Spektrum zu wenig aussagekräftig [Vgl. auch Kapitel 7 (Ullmann), *Gemälde 1: Komposition mit zwei Akten, um 1925; Rote, dunkelrote und violette Malschichtbereiche (R01-04/11, R12 und R05/10; Gemälde 1)]*.

39 Vgl. Johnson/Learner (2005).
40 Vgl. Hummel/Scholl (1981), S. 70.

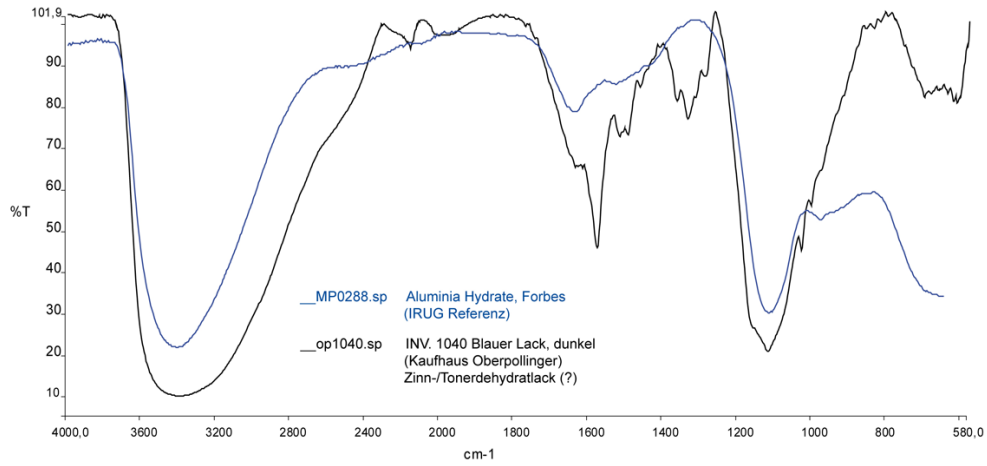


Abb. 35: FTIR-Spektrum von der Pigment-Probe *Blauer Lack, dunkel (Kaufhaus Oberpollinger)*, Inv. 1040 (schwarzes Spektrum), mit einem Referenzspektrum von Aluminiumoxydhydrat/Tonerde (blaues Spektrum) aus der IRUG-2000 Datenbank.

D: Farblacke aus Farbstoffmischungen

Bandenreiche FTIR-Spektren mit ausgeprägtem Fingerprintbereich, die eine hohe aber nicht vollständige Übereinstimmung mit einem Referenzspektrum zeigen, können bei Pigmenten, die durch die Bildung von schwerlöslichen Farbstoff-Salzen mit Erdalkalimetallen bzw. durch Komplexbildung hergestellt werden, auch auf die Verwendung von mehr als einem Farbstoff hindeuten. Allerdings lässt sich das anhand des FTIR-Spektrums meist nicht verifizieren.

Bei der blauen Probe *Fanalbremerblau G Supra (I.G.)*, Inv. 1064 (Triarylcarbonium) handelt es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um ein Pigment, in dem zwei Farbstoffe komplexiert vorliegen. Entsprechend des *Colour Index*-Eintrags (1956) dürfte es sich dabei um eine ähnliche Konstitution wie PB 8 (42140/42040) handeln. PB 8 wird durch die PTMA[41]-Komplexierung einer Kombination von zwei verschiedenen basischen Farbstoffen hergestellt, und zwar aus Basic Blue 5 (42140) und Basic Green 1 (42040).

Diese *Colour Index*-Information konnte mit den eingesetzten analytischen Methoden jedoch nicht verifiziert werden; stattdessen verdeutlicht die Ähnlichkeit und weite Übereinstimmung des FTIR-Spektrums der Probe *Fanalbremerblau G supra (I.G.)*, Inv. 1064, mit einer Referenz von PB 3 *Brillfast Sky Blue 3862*, Inv. 623, dass hier Verwechslungen möglich sind und teilweise schon bei geringen Abweichungen im Fingerprintbereich des Spektrums nur noch eine Pigmentklassenzuordnung des untersuchten Farbmittels durchgeführt werden kann (Abb. 36).

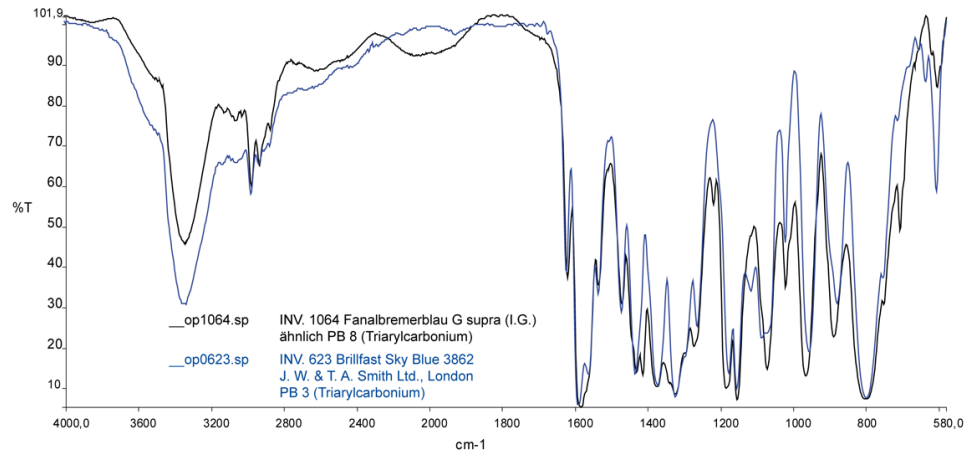


Abb. 36: FTIR-Spektrum der Probe *Fanalbremerblau G supra (I.G.)*, Inv. 1064 mit einem Spektrum von PB 3 *Brillfast Sky Blue 3862*, Inv. 623: Nach der Information aus dem Colour Index 1956 handelt es sich bei dem Pigment um einen PTMA-Lack aus einer Mischung der basischen Farbstoffe Basic Blue 5 (42140) und Basic Green 1 (42040).

41 PTMA = Phosphorwolframmolybdänsäure [Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 556].

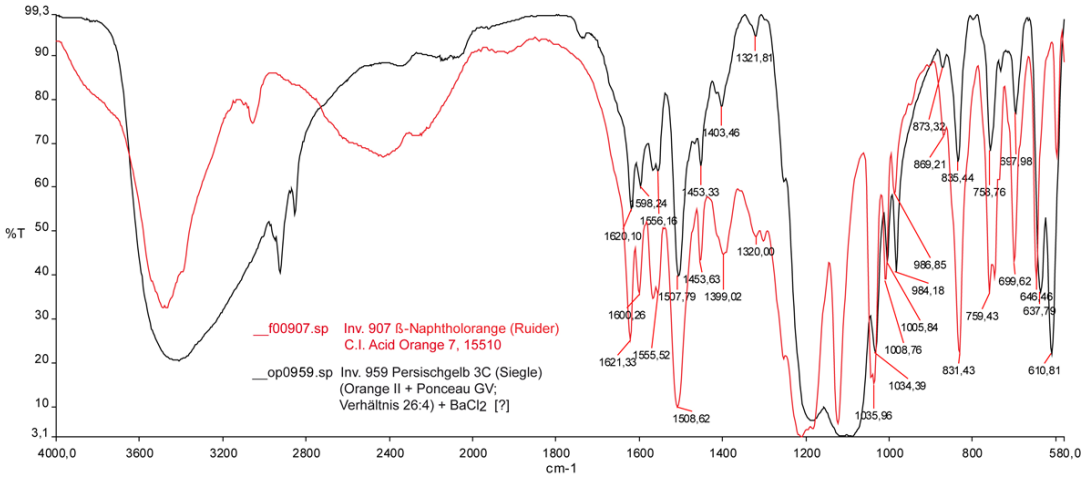


Abb. 37: FTIR-Spektrum der Probe Inv. 959, *Persischgelb 3C* (*Siegle*; laut Rezeptur durch Verlackung von *Orange II* und *Ponceau GV* im Verhältnis 26:4 mit $BaCl_2$ hergestellt) mit einem Referenzspektrum der Probe *ß-Naphtholorange,* Inv. 907 (Acid Orange 7, 15510).

Ein anderes Beispiel für Farbstoffmischungen in Farblacken und die begrenzten Möglichkeiten, diese mit FTIR nachzuweisen bzw. zu identifizieren, ist die Probe *Persischgelb 3C* (*Siegle*), Inv. 959. Der Farblack wurde laut Rezeptur (*Siegle*-Preislisten, 1912, *BASF*-Archiv) durch Verlackung von zwei Monoazofarbstoffen (*Orange II* und *Ponceau GV* im Verhältnis 26:4/ Gewichtsanteile) mit Bariumchlorid ($BaCl_2$) hergestellt. Im FTIR-Spektrum konnte in wichtigen Bereichen des Fingerprints Übereinstimmung mit dem Spektrum von *ß-Naphtholorange,* INV. 907 [Acid Orange 7 (15510); entspricht *Orange II*], festgestellt werden (Abb. 37). Ob noch ein zweiter Farbstoff vorliegt, konnte nicht geklärt werden (Vgl. Kapitel 6.3.6. und Abb. 26; Farblack-Rezeptur). Im FTIR-Spektrum gibt es dafür keine eindeutigen Hinweise.

E: Pigment-Bindemittel-Mischungen

Bei der materialwissenschaftlichen Untersuchung von Kunst- und Kulturgut werden häufig Malschichtproben analysiert, die üblicherweise Pigment-Bindemittel-Mischungen enthalten. Im FTIR-Spektrum kommt es dadurch zu Bandenüberlagerungen der verschiedenen Komponenten. Häufig wird dadurch der Fingerprintbereich von den gegebenenfalls im Probenmaterial enthaltenen synthetischen organischen Pigmenten überlagert und die charakteristischen IR-Absorptionsbanden verdeckt. Um diesem Problem zu begegnen, sind verschiedene Extraktions- oder Trennungsverfahren bekannt, die zum Teil zu einer deutlichen Verbesserung der Spektrenqualität führen können bzw. eine Identifizierung der Mischungskomponenten erst ermöglichen.[42] Im Rahmen der vorliegenden Arbeit spielten die Problemstellungen bei der Identifizierung von Pigment-Bindemittel-Mischungen bei der Auswertung der Messergebnisse der Sammlungs-Proben allerdings nur eine untergeordnete Rolle und wurden erst im Zuge der Untersuchung von Malschichtproben von zwei Marianne Ullmann-Gemälden (Wien Museum) aus den 1920er Jahren relevant (Vgl. Kapitel 7/ Ullmann: *Gemälde 1: Komposition mit zwei Akten, um 1925* und *Gemälde 2: Gesichter in Kreisfiguration, 1923*).

Im Bestand der technologischen Sammlung befinden sich nur sehr wenige Farben bzw. Pigment-Bindemittel-Mischungen. Fast alle Farbmittel liegen in Pulverform oder als Granulat vor und nur in wenigen Fällen als bindemittelhaltige Präparate. Zur letztgenannten Kategorie gehört die blaue Probe *Encelackblau 5 G (BASF)*, Inv. 1028. Laut *Colour Index*-Notiz handelt es sich bei dem Material um ein nitrocellulosehaltiges Pigmentpräparat;[43] dies konnte durch die Auswertung des FTIR-Spektrums verifiziert werden (Abb. 38, 39). Als Farbmittel wurde Phthalocyaninblau PB 15 nachgewiesen. Obwohl das FTIR-Spektrum von den Nitrocellulose-Banden dominiert wird, können die charakteristischen Absorptionsbanden von PB15:1 noch zugeordnet werden (RFA: Hauptelement Cu).

42 Vgl. Johnson/Learner (2005).
43 Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Vol. 5 (Original), S. 5463: Ence Lacquer Colours; BASF: Pigment Compositions for colouring lacquers containing nitrocellulose.

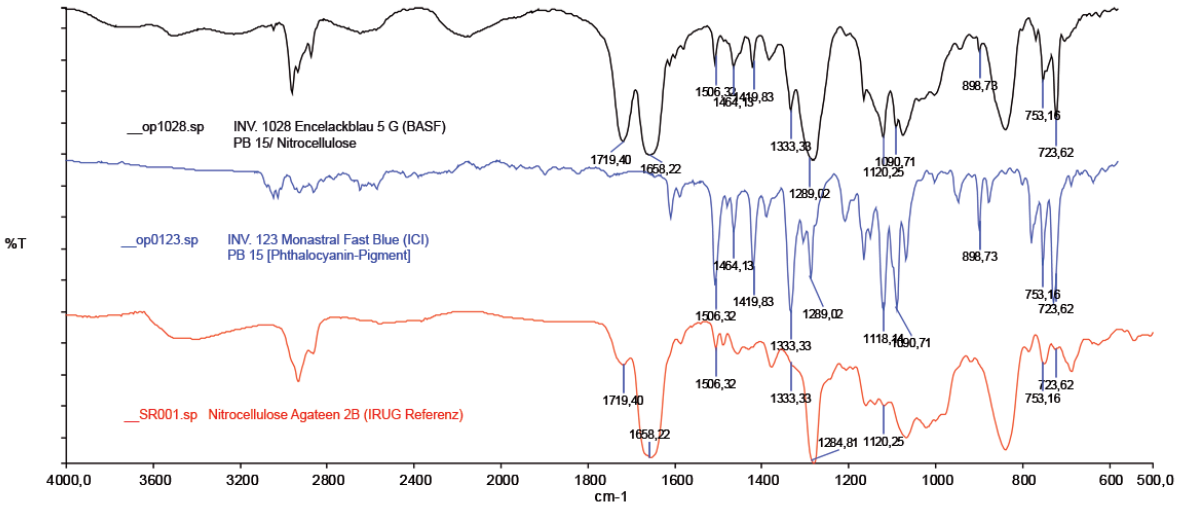


Abb. 38: FTIR-Spektrum der Probe *Encelackblau 5G (BASF)*, Inv. 1028, mit einem PB 15 Referenz-Spektrum (*Monastral Fast Blue*, *ICI*, Inv. 123) und einer IRUG-Referenz von Nitrocellulose.

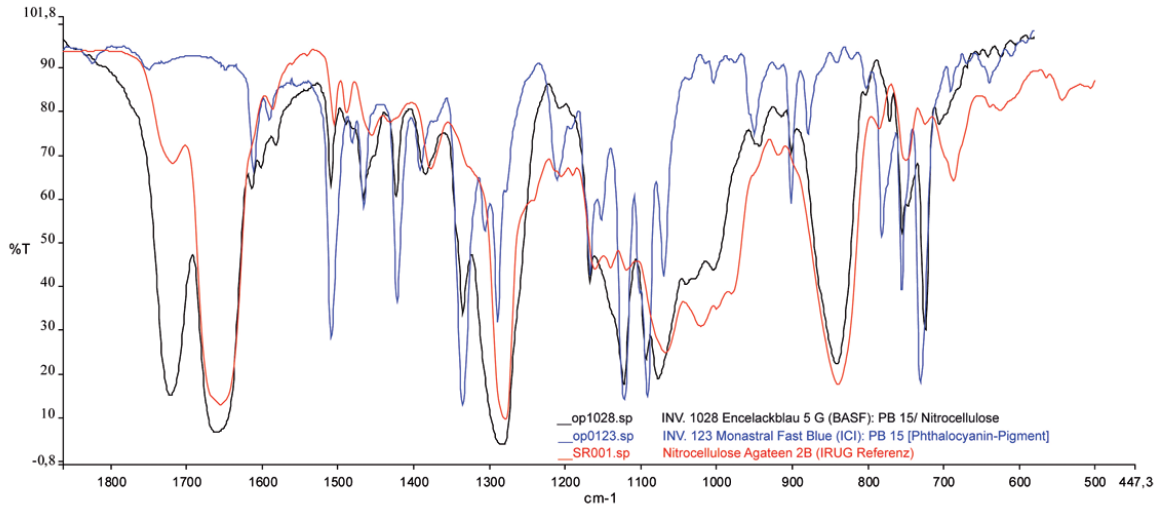


Abb. 39: Detail aus Abb. 37: FTIR-Spektrum der Probe *Encelackblau (BASF)*, Inv. 1028, mit einem PB 15 Referenz-Spektrum (Inv. 123) und einer IRUG-Referenz von Nitrocellulose.

6.5. Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten die meisten der etwa 700 katalogisierten synthetischen organischen Farbmittel der Sammlung charakterisiert und identifiziert werden. Dabei erwies sich die Kombination von Literatur- und Archivrecherche mit den Ergebnissen der RFA sowie der Vergleich mit FTIR-Referenzspektren[44] als erfolgreiche Methode, um auch die schwierig einzuordnenden Materialien aus der nichtindustriellen Farbmittel-Produktion beschreiben zu können. Eine Identifizierung war allerdings auch dann noch nicht immer möglich; insbesondere bei Materialmischungen zeigten sich die Grenzen der FTIR, die sich für das Aufgabenspektrum als nicht immer optimal geeignete Methode herausstellte.
Insgesamt zeigt die Gruppe der synthetischen organischen Farbmittel der Sammlung eine sehr heterogene Zusammensetzung. Die industriellen synthetischen organischen Pigmente repräsentieren vor allem Farbmittel, die Mitte des 20. Jahrhunderts am Markt waren und von denen einige zum Teil nicht mehr hergestellt werden. Von vielen der Pigmente sind mehrere Proben verschiedener Hersteller vorhanden. Außergewöhnliche Proben finden sich insbesondere in der Gruppe der Farblacke. Diese waren aber aufgrund ihrer komplexen Zusammensetzung und den gegebenenfalls enthaltenen Farbstoffmischungen mit den eingesetzten Methoden schwierig zu identifizieren. Hier konnten teilweise durch den Einsatz von Polarisationsmikroskopie in Ergänzung zur FTIR-Spektroskopie und RFA entscheidende zusätzliche Informationen gewonnen und dadurch deutlich bessere Ergebnisse erzielt werden.
Die Erfahrungen bei der Identifizierung und Katalogisierung der synthetischen organischen Pigmente und Farbstoffe fungierten dabei als wichtige Voraussetzung für die Arbeit mit komplexen Malschichtproben. Die umfangreiche FTIR-Referenzspektrendatenbank, die im Ergebnis der Aufarbeitung der synthetischen organischen Farbmittel erstellte wurde, gewährleistet zukünftig, dass die Möglichkeiten der FTIR-Spektroskopie bei der Untersuchung von Mal- oder Farbschichtproben an Kunstwerken des 20./21. Jahrhunderts besser ausgeschöpft werden können. Im Zusammenhang mit den im folgenden Kapitel beschriebenen Pigmentuntersuchungen an zwei ausgewählten Gemälden aus dem frühen 20. Jahrhundert, konnte das bereits gezeigt werden.

44 FTIR-Referenzspektren (Tate Organic Pigment Archive, London).

7. Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel an Kunstwerken des frühen 20. Jahrhunderts – Publikation ZKK

Nachdem der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit einerseits auf der instrumentell analytischen Identifizierung und Klassifizierung synthetischer organischer Pigmente liegt, andererseits aber auch die Problematik der Verwendung synthetischer organischer Farbmittel in (Künstler)Farben im frühen 20. Jahrhundert untersucht wurde, konnten in einem weiteren Schritt diese Forschungsaspekte kombiniert und bei der Untersuchung von Malschichtproben von Gemälden aus den 1920er Jahren angewendet werden.
In dem Zusammenhang wurden die ungelösten Fragen zur Pigmentverwendung an dem Gemälde *„Komposition mit zwei Akten“* von My/Marianne Ullmann (Gouache auf Leinwand, 80,0 x 79,8 cm, *Wien Museum*, Inv. 171.986, um 1925), das vor einigen Jahren bereits mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) untersucht wurde,[1] wieder aufgegriffen. Bei den Pigmentuntersuchungen konnten damals die farbgebenden organischen Substanzen nicht identifiziert werden. In die Untersuchung wurde zusätzlich ein weiteres Gemälde von My Ullmann einbezogen und die Ergebnisse unter Berücksichtigung der Quellenliteratur zu synthetischen organischen Farbmitteln in (Künstler)Farben des frühen 20. Jahrhunderts ausgewertet. Als analytische Methoden standen FTIR und RFA zur Verfügung, gegebenenfalls ergänzt durch lichtmikroskopische Methoden.

7.1. Materialanalytische Untersuchungen an zwei Gemälden von My Ullmann (um 1925): „Synthetische organische Pigmente in Künstlerfarben des frühen 20. Jahrhunderts: Möglichkeiten und Grenzen ihrer Identifizierung am Beispiel von zwei Gemälden um 1925 von My/Marianne Ullmann Publikation“. ZKK/ 2007

Schäning, A., Schreiner, M., Mäder, M., Storch, U., „Synthetische organische Pigmente in Künstlerfarben des frühen 20. Jahrhunderts: Möglichkeiten und Grenzen ihrer Identifizierung am Beispiel von zwei Gemälden um 1925 von My/Marianne Ullmann“. In: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, 1/2007, S. 87-110.

1 Schlegel (1998).

Anke Schäning,
Manfred Schreiner,
Michael Mäder,
Ursula Storch

Synthetische organische Pigmente in Künstlerfarben des frühen 20. Jahrhunderts:

Möglichkeiten und Grenzen ihrer Identifizierung am Beispiel von zwei Gemälden um 1925 von My/Marianne Ullmann

Synthetische organische Pigmente sind in der naturwissenschaftlich-analytischen sowie konservatorisch-restauratorischen Fachliteratur ein Bereich, dem erst in den letzten Jahren deutlich wachsendes Interesse zuteil wurde.[1] Einige dieser Pigmente fanden zwar bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts in Künstlerfarben Verwendung, jedoch wurden sie nur verhältnismäßig selten in Kunstwerken aus dieser Zeit identifiziert, obwohl die analytischen Methoden zu ihrem Nachweis seit langem bekannt sind.[2] Neben den nicht immer ausreichend spezifischen und probeverbrauchenden mikrochemischen Testverfahren,[3] sind spektroskopische Methoden wie UV-Vis, Raman- und Infrarotspektroskopie zur Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel geeignet.[4] Insbesondere die Fourier transformierte Infrarotspektroskopie (FTIR) zeigt für reine Materialien gute Ergebnisse, stößt aber durch die relativ niedrige Empfindlichkeit und vor allem schwierige Auswertung von Spektren bei komplexen Mischungen an ihre Grenzen. Dafür notwendige Probenvorbereitungen bzw. -trennungen sind aber bei den meist sehr geringen für eine Analyse zur Verfügung stehenden Probemengen, wie in der Praxis der Kunstanalytik üblich, praktisch nicht möglich.
Chromatographische Methoden[5] und vor allem Verfahren der Massenspektrometrie[6] bzw. deren Kombination wie Pyrolyse-GC/MS[7] haben für den Nachweis synthetischer organischer Farbmittel ein hohes Potential. Mit Laser Desorption Massenspektrometrie (LDMS) konnten kürzlich zudem die analytischen Vorteile der Massenspektrometrie mit der Möglichkeit kombiniert werden, Farbmittel an Malschichtquerschliffen in situ zu untersuchen.[8] Solche relativ teuren und aufwändigen analytischen Methoden stehen allerdings nur selten zur Verfügung.
In der Praxis kommt neben teilweise limitierten gerätetechnischen Voraussetzungen und kleinsten Probemengen noch erschwerend hinzu, dass die synthetischen organischen Farbmittel meist nur in geringer Konzentration in den Malschichtproben selbst enthalten sind. In (Weiß)-Ausmischungen kann die Quantität des synthetischen organischen Pigmentanteils gegebenenfalls unter der Nachweisgrenze der Methode liegen, da die farbstarken Pigmente schon für die gebrauchsfertige Volltonfarben mit Füllstoffen verkollert werden. Noch niedrigere Konzentrationen sind für den Farbstoffgehalt in Farblacken zu erwarten, die bei der Untersuchung von Malschichten des frühen 20. Jahrhunderts auf jeden Fall noch mit zu berücksichtigen sind.[9] Schließlich sei noch angemerkt, dass synthetische organische Farbmittel in Ausmischung mit anorganischen Pigmenten des gleichen Farbtons bei der alleinigen Anwendung elementspezifischer analytischer Methoden leicht „übersehen" werden können.
Im Rahmen einer Dissertationsarbeit,[10] die vor allem der Identifizierung und Katalogisierung synthetischer organischer Pigmente einer historischen Materialsammlung des 19./20. Jahrhunderts gewidmet ist und den Aufbau einer FTIR-Referenzspektrenbibliothek dieser Pigmente umfasst, konnte den Problemstellungen zur Verwendung und Nachweisbarkeit synthetischer organischer Farbmittel an Kunstwerken des frühen 20. Jahrhunderts nachgegangen werden. Von Interesse waren in dem Zusammenhang die ungelösten Fragen zur Pigmentverwendung an dem Gemälde „Komposition mit zwei Akten" von My/Marianne Ullmann (Gouache auf Leinwand, 80,0 x 79,8 cm, Wien Museum, Inv. 171.986) aus den 1920er Jahren, das vor einigen Jahren für eine Diplomarbeit an der Akademie der bildenden Künste Wien mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) untersucht wurde.[11] Bei den Pigmentuntersuchungen konnten damals allerdings die farbgebenden organischen Substanzen nicht identifiziert werden. Diese Untersuchungen wurden wieder aufgegriffen, zusätzlich ein weiteres Gemälde in die Arbeit einbezogen und die Ergebnisse unter Berücksichtigung der Literatur zu synthetischen organischen Farbmitteln in Künstlerfarben des frühen 20. Jahrhunderts ausgewertet. Als analytische Methoden standen vorrangig FTIR und RFA zur Verfügung, gegebenenfalls ergänzt durch lichtmikroskopische Methoden.

Farblacke und synthetische organische Pigmente[12] in Künstlerfarben Anfang des 20. Jahrhunderts

Obwohl das Jahr der Patentierung betreffender Pigmente meist bekannt ist und die Substanzklassen in umfangreichen Katalog[13]- und Standardwerken[14] erfasst wurden, gestaltet sich die genaue Evaluierung ihrer Verwendung in Farbsystemen für den Beginn des 20. Jahrhunderts durch schwer zugängliche oder nicht vorhandene Daten oft schwierig. Dabei waren im Gegensatz zum gegenwärtigen Künstlerfarbensortiment, das zu hohen Anteilen[15] verschiedenste synthetische organische Pigmente enthält, noch weit weniger Substanzen dieser Pigmentklasse bekannt und ihre Verwendung dementsprechend limitiert. Der Einführung dieser synthetischen organischen Farbmittel in Maler- und Künstlerfarben begegnete man damals mit Vorsicht und Skepsis.

Nach den schlechten Erfahrungen mit den unbeständigen so genannten „Teerfarblacken",[16] waren große Teile der farbenverbrauchenden Branchen verunsichert. Insbesondere in Künstlerkreisen war man um die Qualität des Materials besorgt. Durch die oftmals geringe Lichtechtheit der frühen Farblacke, die man aus den neuen synthetischen Farbstoffen herstellte, waren die „Teerfarben" bald ein Synonym für Farbenschwindel und Farbenfälschung. Schreckensmeldungen von verblassten Werbeschriften und verdorbenen Gemälden illustrierten die Vorwürfe an die Farbenhändler und -hersteller.[17] Diese Kritik war vor der Jahrhundertwende durchaus berechtigt, bediente man sich doch lediglich der nuancenreichen neuen Farbstoffe aus der Textilfärberei, um damit wenig echte Farblacke zu produzieren.

Der Erkenntnis, dass durch Bildung entsprechender Metallsalze unlösliche Pigmente hergestellt werden können, folgten um 1900 bald die ersten für Pigmentierungen geeigneten „unlöslichen" Farblacke, die heute als die ältesten synthetischen organischen Pigmente teilweise immer noch in Anwendung sind. Diese neuen stabileren Materialien konnten sich aber zunächst durch die Vorurteile und Pauschalverurteilungen kaum von den minderwertigen lichtunechten „Teerfarblacken" emanzipieren.

Die komplexe Chemie der synthetischen organischen Farbmittel erleichterte die Überzeugungsarbeit nicht gerade, kamen mit den neuen Substanzklassen doch vollkommen neue, oft verwirrende Nomenklaturen ins Spiel. Verkompliziert wurden die Bezeichnungen durch Fabrikationsablauf und Zwischenhandel: „Teerfarben"-Fabriken lieferten den Farbstoff an eine Pigmentfarbenfabrik, welche diesen verlackte oder mit anderen Farben verkollerte und dem fertigen Pigment dann einen neuen Namen gab. Die Pigmentfarbenfabriken lieferten aber nicht direkt an den Verbraucher, sondern an den Händler oder Kleinfabrikanten; dieser benannte die Pigmente erneut anders und verschnitt sie gegebenenfalls.[18] Heute verständigt man sich üblicherweise mit den Colour-Index-Bezeichnungen.[19] Die älteren synthetischen organischen Pigmente oder Farbstoffe sind aber oft noch unter Namen geläufig, die sich entweder abkürzend auf die chemische Fachbezeichnung beziehen oder erste bzw. alte Handelsbezeichnungen als Überbegriff für Pigmente einer spezifischen Gruppe übernehmen.[20]

Angesichts der großen Unsicherheit in Bezug auf die synthetischen organischen Farbmittel wurde den Künstlern des frühen 20. Jahrhunderts angeraten, die Palette auf die so genannten „Normalfarben"[21] zu beschränken. Häufig wurde in Malerbüchern und Schriften zur Kunsttechnologie sogar vor den „unsicheren Teerfarben" gewarnt.[22] Trotzdem sind die Farblacke zu dieser Zeit ein großes Thema, allerdings vor allem auf dem Sektor der Dekorations-, Tapeten- und Druckfarben, der etwa ab dem letzten Viertel des 19. Jahrhunderts einen zunehmend großen Markt für die Farblacke bietet.

Für hochwertige Künstlerfarben muss der Zeitpunkt und Umfang der Einführung von synthetischen organischen Farbmitteln mit Vorsicht beurteilt werden. Schon bei materialanalytischen Untersuchungen[23] an Musterbüchern britischer Farbenhersteller (um 1900) konnte festgestellt werden, dass zwar die angeführten Bezeichnungen bei weitem nicht immer Rückschluss auf die Inhalte der Farben garantieren, aber andererseits die meisten der gefundenen nicht deklarierten Rezepturveränderungen die Farbqualität eher verbesserten. Anilinfarblacke[24] wurden überhaupt nicht nachgewiesen, was die in zeitgleichen Malerbüchern kolportierten Warnungen zumindest für hochwertige britische Künstlerfarben relativiert. Rote natürliche Farblacke, deren Lichtechtheiten oft zu wünschen übrig ließen, wurden gegebenenfalls mit verschiedenen Rezeptur-Kombinationen verbessert.[25] Eine Sonderstellung nimmt synthetischer Alizarinkrapplack ein,[26] der als Ersatz für den natürlichen Farblack schon im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts verwendet wird. Dessen Lichtechtheit wird ab 1921 sogar als Norm für Künstlerfarbentauglichkeit anderer synthetischer organischer Farbmittel herangezogen.[27]

Künstlerfarbenhersteller im Vergleich – Musterkarten und Farbenlisten

Informationen aus der Literatur und Archivmaterial illustrieren die Situation am Künstlerfarbenmarkt recht gut, wobei an dieser Stelle nur einige jener Daten einbezogen werden sollen, die für den Betrachtungszeitraum im frühen 20. Jahrhundert relevant sind.

Nach eigenen Angaben[28] verwendete **Talens** (Apeldoorn) bis 1925 neben synthetischem Alizarinkrapplack von den organischen Pigmenten nur Toluidinrot (C.I. PR3, 12120) und die so genannte „Hansareihe"; diese umfasste als Handelsmarke von Hoechst eine ganze Reihe von nicht nur gelben Pigmenten. In den 1920er Jahren gehörten zu den „Hansa"-Pigmenten: Hansagelb G (C.I. Pigment Yellow 1, 11680; patentiert 1909), Hansagelb 10 G (PY3, 11710; 1911), Hansagelb 5 G (PY5, 11660; 1909), Hansagelb 13G (PY4, 11665; 1909), Hansagelb R (PY10, 12710; vor 1928), Hansagelb GR (PY2, 11730; o. J.), Hansa Yellow 3R (PO1, 11725;

1926) sowie Hansarot G, B (PR3, 12120; 1904), Hansarot GG (PR6, 12090; 1907) und Hansagrün GS (PG9, 49415; Bariumlack; 1910?). Wahrscheinlich kommen davon aber nur PY1, PY3 und PR3 infrage sowie Mischungen von Blaupigmenten mit PY3 für grüne Farbtöne.[29]

In den 1930er Jahren bringt Talens kurzzeitig die „*Orpi – Artists` Oil Colors*“ auf den Markt, die in der Folge sofort heftig durch Doerner[30] angegriffen werden. Die Orpi-Farben werden als im hohen Grade lichtbeständig beworben und sind größtenteils aus neuen organischen 'Pigmentfarbstoffen' hergestellt. Allerdings werden zum größten Teil altbekannte Namen wie Kadmiumrot oder Kobaltblau verwendet, die in der Preisliste mit „P“ gekennzeichnet sind; nach Doerners Ansicht ein zweifelhaftes Unterfangen. Der durch eine Werks-Führung bei IG Farben offenbar beeindruckte Autor zieht nicht in Betracht, dass die Farben von Talens auch die derzeit besten synthetischen organischen Farbmittel enthalten könnten und schreibt: „Die deutsche Industrie liefert unbestritten die besten Teerfarbstoffe der Welt, und die ‚neuen' Pigmentfarbstoffe der Firma Talens wie ‚Kadmiumgelb P' werden an Güte kaum das Hansagelb oder Indanthrengelb usw. erreichen, geschweige denn übertreffen.“[31]

Winsor & Newton (London), bekannt für hervorragende Aquarellfarbenqualität, führt ab 1910 neue Farbtöne ein, die als *Spectrum Red*, *-Violet* und *-Yellow* zunächst den *Artists` Water Colours* vorbehalten sind und als „New Coal Tar Colours of exeptional brillance and durability introduced by us early in 1910" beschrieben werden.[32] Im nächsten verfügbaren Katalog von 1921 werden diese *Spectrum*-Farben nun auch als Ölfarben angeboten. 1935 kommen in der Aquarellfarbenauswahl grüne und blaue Farbtöne dazu und werden als *Winsor Blue* sowie *Winsor Green* aufgelistet; diese sind 1938 auch als Ölfarben erhältlich. Während in den *Spectrum Yellow-*, *Spectrum Red-* und *Spectrum Violet*-Tönen die verwendeten synthetischen organischen Pigmente bzw. Farblacke für diese Zeit nicht identifizierbar sind, kann für die blauen und grünen *Winsor*-Farbtöne angenommen werden, dass es sich um Phthalocyanine handelt (ab 1935 am Markt). Interessanterweise werden alle neuen Pigmente bzw. Farblacke zuerst in den teueren A-Qualitäten (höchste Künstlerqualität) eingeführt. Erklären lässt sich dieser Umstand dadurch, dass die Einführung neuer Qualitätsprodukte mit Innovation sowie Investition verbunden ist, und deshalb zunächst den teuren Sorten vorbehalten blieb.

Leider ist die Quellenlage für die deutschen Künstlerfarbenhersteller nicht sehr ergiebig. Durch die umfangreichen Zerstörungen in den Kriegsjahren sind viele Archivmaterialen verloren gegangen. Die Verknüpfung von Informationen aus zeitgenössischer Fachliteratur mit der Auswertung einzelner Musterkarten vermittelt aber zumindest einen Einblick.[33]

Offenbar verwendete man – in welchem Umfang bleibt unklar – zum Teil wenig lichtbeständige Farblacke. „Gefälschte“ Farben interessierten nicht nur die Fachkreise der Künstler und Dekorationsmaler, sondern fanden durchaus auch Eingang in die Tagespresse. So findet sich am 30. September 1900 in der „Münchner Allgemeinen Zeitung“ eine Notiz in Ergänzung eines zuvor erschienenen Berichtes über gefälschte Farben.[34] Einem Künstler waren etliche Aquarelle verdorben, weil er *Hellrosa Lack* – eine „Anilinfarbe“- der Firma **Schoenfeld & Co.** (Düsseldorf) verwendet hatte. Von Herstellerseite aus wird richtig gestellt, dass Preisliste und Katalog als eigene Rubrik geführt werden und die Schuld in diesem Fall den Künstler selber trifft, der sich nicht genügend über das Material informiert hat.[35] Die bei Eipper aufgeführten Farbenlisten[36] weisen auf ein breites Angebot an Farblacken unterschiedlicher chemischer Konstitution, vor allem aber auf verschiedene Farbtöne von Alizarinfarblacken hin.

Für **Schmincke & Co.** (Düsseldorf) liegen für den Betrachtungszeitraum die Informationen aus den „Maltechnischen Mitteilungen“ und von ausgewählten Farbmusterkarten vor. In der 9. Lieferung der „Maltechnischen Mitteilungen“[37] von Schmincke warnt man vor überstürzter Einführung der „Teerfarblacke“, da viele zwar im Vollton beständig sind, in der Weißausmischung aber oft schnell verblassen. Der beigefügten Auflistung kann entnommen werden, in welchen Schmincke-Farbtönen synthetische organische Farbmittel 1911 enthalten waren: In *Horadam`s Patent-Aquarellfarben* sind das vor allem Alizarinrot-, Alizaringrün- und Alizarinblaufarblacke; in *Mussiniölfarben* nur Alizarinkarmin (Alizarinfarblack). Auf den Etiketten der Schmincke-Farben werden die Teerfarblacke durch die Bezeichnung „T-Farben“ kenntlich gemacht; dazu wird noch die nähere Bezeichnung der Teerfarbstoffe aufgedruckt. In den 1920er Jahren sind die T-Farbensortimente offenbar deutlich ausgeweitet worden. Aus den „Maltechnischen Mitteilungen“ (1925)[38] geht hervor, dass *Indischgelb IIa* eine Mischung einer mit Teerfarblacken versetzten Farbe ist. *Indischgelb-Ersatz*-Farbtöne sind Mischungen von lichtstarken Farblacken. *Indanthrengelblacke* (Kondensationsprodukte der Anthrachinonreihe; Algol-Gelbgruppe; Bayer Produkte) werden in Horadams Aquarellfarben und Mussiniölfarben verwendet; für *Echtviolett* kommt ein Farblack aus Säurealizarinblau zum Einsatz. Indanthrenblau wird in Mussinis *Solidblau* verwendet; *Echtblau* ist ein Farblack aus Helioechtmarin. In den Grüntönen findet sich als *Echtgrün* ein nicht näher beschriebener grüner Teerfarblack. In den Rottönen kommen diverse synthetische organische Farbmittel vor. Der Farbton *Pigmentscharlach* ist ein mit Bariumsulfat verlacktes Naphthalinsulfonsäure-Pigment (C.I. PR60, 16105:1 bzw. C.I. Mordant Red 9; 1902 patentiert). Für die Permanentrotreihe verwendete man ß-Naphthol-Pigmente, z.B. wurde der Farbton *Permanentrot II* aus Helioechtrot RL bzw. Permanentrot 4R (Toluidinrot C.I. PR3, 12120) hergestellt. Alle Farben von Schmincke, die synthetische organische Pigmente oder Farblacke enthalten, sind auch in den 1920er Jahren nach wie vor mit „T“ gekennzeichnet.

Die **Firma Günther Wagner** (Wien-Hannover) zeichnet im ersten Viertel des 20. Jahrhunderts zweimal für neue Künstlerfarbenserien verantwortlich, die in Fachkreisen auf wenig Gegenliebe stoßen. Im Jahr 1911 werden die *Eilidofarben* mit vollständig neuen Tönen von großer Leuchtkraft als Öl-, Tempera- und Wasserfarben eingeführt.[39] Da in dieser neuen Serie alle Farbtöne „Teerfarben" enthielten und mit Phantasienamen benannt wurden, protestierte man gegen deren Verbreitung und Bewerbung. Auf dem Münchner Farbentag 1921 stellte die Firma Günther Wagner *Künstlerölharzfarben nach W. Ostwald* vor.[40] Vor allem Künstler reagierten skeptisch, wurde doch von einigen Teilnehmern vermutet, dass es sich bei den neu vorgestellten Farben eventuell um eine Neuauflage der Eilidotöne handeln könnte. Allerdings stellte sich bei der Untersuchung der „Künstlerölharzfarben nach Ostwald" heraus, dass diese zwar nicht mit den Eilidofarben identisch sind, jedoch die warme Hälfte der Farben aus organischen Farbstoffen besteht, während der kühlere Teil der Farbauswahl anorganische Pigmente und Mischungen derselben enthält. Es wurde ein Hansagelb identifiziert, ein Gelb der Flavanthrenreihe, Töne der Permanentrotreihe, Pigmentscharlache, Krapp- und Alizarinlack sowie ein Violett der Triphenylmethanreihe.[41]

Ergänzend zu den Farbenherstellerinformationen soll noch erwähnt werden, dass in den „Technischen Mitteilungen für Malerei" sowie anderen Fachpublikationen wiederholt Auflistungen derjenigen Handelsnamen von synthetischen organischen Farbmitteln veröffentlicht wurden, die sich als **Empfehlung der Farbenchemiker bzw. Fabrikanten** für die Verwendung in Künstlerfarben verstehen. Die Auswahl erfolgte vor allem hinsichtlich der Lichtbeständigkeit und Bindemittelverträglichkeit. Als Beispiele sind die Angaben von Krais (1915)[42] und von Trillich (1925)[43] im Anhang tabellarisch zusammengestellt (Tab. A, Tab. B). Wertvoll werden diese Informationen aber vor allem dann, wenn diese „primären" Produkte der Farbenindustrie mit der tatsächlichen Praxis der Farbenfabrikation in Zusammenhang gebracht werden. So sind in diesem Kontext die Kommentare zur Eignung einzelner synthetischer organischer Farbmittel bzw. „Pigmentfarbstoffe" des Farbenchemikers Dr. H. Wagner[44] interessant, der als Leiter der chemisch-technischen Werkstätten der Kunstgewerbeschule in Stuttgart einen Artikel zur „Fabrikation der Künstlerfarben"[45] 1924 in der Farbenzeitung publizierte. Die dort erwähnten synthetischen organischen Farbmittel entsprechen im Wesentlichen jenen lichtecht beurteilten Produkten, die in Tabelle B (Trillich, 1925) aufgelistet sind und die sich – laut Wagner – in der Dekorationsmalerei teilweise schon bewährt haben. In den Gelbtönen beurteilt Wagner die Hansagelbmarken G (PY1), 5G (PY5), die aber nicht ganz ölecht sind, für Künstlerfarben geeignet; für wässrig anzureibende Farben gibt es keine Bedenken. So sei Hansagelb 5G in Wasserfarbenanreibung „vollkommen", während Hansagelb G „wenigstens in konzentrierter Form ebenso gut lichtecht" ist. – Hansagelb 10G (PY3) ist, laut Wagner, 1924 für eine Beurteilung noch zu kurz am Markt! – Das Siriusgelb G [Schultz (1931) Nr.1289, Antrachinonküpenfarbstoff] entspricht dem grünstichigen Hansagelb 10G, weist aber auch eine gewisse Ölunechtheit auf und dunkelt in diesem Bindemittel nach. Helioechtgelb 6GL (PY23) und Indanthrengelb R (C.I. Vat Yellow 1) zeigen von allen den zur Verfügung stehenden gelben synthetischen organischen Farbmitteln die beste Lichtechtheit. Für die Orangetöne erwähnt Wagner Litholechtorgane R (PO5) und Tuskalinorange GN (C.I. 12080, ß-Naphthol, ohne C.I. PO-Nr.), beide sehr gut lichtecht aber nicht ganz ölecht. Für rote Künstlerfarbtöne kann Wagner von den damals verfügbaren roten „Teerfarbstoffen" kaum einen für Künstlerzwecke besonders geeignet hervorheben. Am ehesten seien Permanentrot R (PR4) – mennigerote Farbe – und Helioechtrot RL (PR3), „…der bekannte, sehr gut licht-, aber nicht ganz ölechte Farbstoff im Zinnoberton"[46] sowie Helioechtkarmin CL (saurer Azofarbstoff, Ba-Lacke) im Karminton geeignet. Für Rosatöne sind das „ausgiebige" Helioechtrosa RL (PR89) und auch die neueren blaustichigen Algolbrilliantrosamarken (Anthrachinonküpenfarbstoffe) brauchbar. Wagner warnt aber vor den blaustichigen Palatinchromrot BLX und Pigmentscharlach 3 BL (beide PR60), die bei sehr guter Lichtechtheit zwar öl- und wasserecht sind, aber durch geringe Säure- und Alkalibeständigkeit leicht einen Farbumschlag nach Gelb aufweisen. Karminroten Alizarinlacken werden von Wagner allgemein gute Beständigkeiten bescheinigt, diese lassen aber mit Zunahme des Blaustichs an Lichtechtheit nach. Daher stehen die violetten sauren Alizarine Helioechtviolett AL (saurer Anthrachinonfarbstoff, erst im C.I. 1956 aufgelistet, C.I. 58300) oder Säurealizarinblau BB (C.I. Mordant Blue 23, 58610, Schultz Nr. 790), die beide unter dem Namen *Echtviolett* und *Alizarinviolett* schon seit einiger Zeit Eingang in die Künstlerfarbenskala gefunden haben, hinter den roten Hydroxyanthrachinonen deutlich zurück. Generell sind von den Alizarinen die rotvioletten und bordeauxroten Töne wie Alizarinbordeaux B, Alizarincyclamin R (C.I. Mordant Dye, 58615) oder Anthracenblau WRL (C.I. Mordant Blue 32, 58605) wesentlich besser lichtecht als die violetten. Helioechtviolett 2RL (für RRL = C.I. 13430, Pigment ohne PV-Nr.) erwähnt Wagner als neues Farbmittel, dessen Lichtechtheitsprüfung noch ausstehe. Bei den Blautönen ist Indanthrenblau am lichtechtesten, lässt aber in Weißausmischungen (besonders mit Zinkweiß) nach. Helioechtblaulacke werden von Wagner hinsichtlich der Lichtechtheit dem *Echtviolett* ähnlich eingestuft; die Heliomarine ebenso. Heliomarine 2GL (Mischung aus Helioechtblau/Anthrachinon und Methylenblau) kommt als Ersatz für Pariserblau zum Einsatz, allerdings nur in Schul- oder Schablonierfarben. Für grüne Farbtöne standen 1924 laut Wagners Ausführungen nur wenige geeignete synthetische organische Farbmittel zur Verfügung. Lediglich von den grünen sauren Alizarinfarbstoffen kommt Alizarincyaningrün 3G (C.I. Acid Green 25, 61570) mit guter Wasser-, Öl- und Lichtechtheit speziell für Mischungen mit Gelb in Frage. Wagner erwähnt, dass solche Mischungen auf dem

Sektor der Schulmalfarben schon seit längerer Zeit als Ersatz für Grünfarben aus Gummigutt und Preußischblau im Gebrauch sind.
Obwohl die Summe aller oben genannten Informationen sich zu einem Bild der tatsächlich in Künstlerfarben der 1920er Jahre zu erwartenden synthetischen organischen Farbmitteln verdichtet, handelt es sich dabei natürlich nur um eine „Minimal- bzw. Empfehlungsliste". Einerseits kann weder davon ausgegangen werden, dass sich alle Künstlerfarbenhersteller auf diese beschränkten, noch dass die Möglichkeiten tatsächlich ausgeschöpft wurden. Andererseits hatten nicht alle Künstler immer beste Qualität bzw. „Künstler"-Farben im Gebrauch. Üblicherweise liegen in den seltensten Fällen konkrete Informationen über den Malmaterialeinsatz vor. Auch von den Wiener Kinetisten und insbesondere My/Marianne Ullmann, deren Werke aus den 1920er Jahren hinsichtlich der Verwendung synthetischer Farbmittel exemplarisch zur Untersuchung herangezogen wurden, lagen keine Hinweise auf die Herkunft der verwendeten Farben vor, so dass bei den Pigmentuntersuchungen auf keine komplementären Informationen über das Künstlermaterial zurückgegriffen werden konnte. Selbstverständlich muss davon ausgegangen werden, dass in Wien um 1920 neben den lokalen Farbenprodukten auch die britischen und französischen Künstlerfarben sowie die deutschen Sorten erhältlich waren.

Pigmentuntersuchungen an zwei kinetistischen Gemälden aus den Sammlungen des Wien Museums

In Anbetracht der großen Skepsis der Künstler vor den so genannten „Teerfarben" in Malschichten des frühen 20. Jahrhunderts tatsächlich synthetische organische Farbmittel anzutreffen, ist zunächst vor allem mit einem gewissen „Zufall" verbunden. Zwecks Vorauswahl waren daher im Vorfeld des Projektes stichprobenartig verschiedene Gemälde der Kinetismus-Sammlung des Wien Museums untersucht worden. Allerdings musste dabei bereits festgestellt werden, dass zumeist traditionell anorganische Pigmente in Verwendung waren bzw. keine Anhaltspunkte für andere gefunden werden konnten. Die Untersuchungen konzentrierten sich daher auf die Ullmann-Gemälde „Komposition mit zwei Akten" (um 1925), Inv. 171.986, Gouache auf Leinwand, und „Gesichter in Kreisfiguration" (1923), Inv. 171.330, Öl auf Leinwand. Die beiden Arbeiten gehören zu den Hauptwerken des Wiener Kinetismus, der als einzige abstrakte Kunstrichtung in der österreichischen Zwischenkriegszeit lange nur am Rande verschiedener Ausstellungen thematisiert wurde. Im Frühjahr 2006 widmete das Wien Museum unter dem Titel „Kinetismus – Wien entdeckt die Avantgarde" dieser Bewegung jedoch eine eigene Sonderausstellung.[47]
Marianne/My Ullmann (1904 – 1994) studierte an der Wiener Kunstgewerbeschule und besuchte in den frühen 1920er Jahren die Abteilung für Ornamentale Formenlehre bei Franz Cižek, dem bekannten Pionier der Kunsterziehung.[48] Aus der Beschäftigung mit den avantgardistischen Kunstströmungen der Zeit hatte er durch gezielte Übungen zu Expressionismus, Kubismus und Futurismus mit seinen Schülern seit 1918 den so genannten „Kinetismus" entwickelt: Unter dem Motto „Neues Fühlen, neues Denken, neues Sehen" sollte nicht nur ein zeitgemäßer formaler Ausdruck für Kunst bzw. angewandte Kunst entstehen, sondern eine gänzlich neue, von Phantasie und innerem Rhythmus geprägte Lebensweise. Der Begriff Kinetismus wurde dabei vom griechischen Wort „kinesis" (= Bewegung) abgeleitet.
Marianne/My Ullmanns „Gesichter in Kreisfiguration" (1923) und „Komposition mit zwei Akten" (1925) sind zwei sehr typische Beispiele für Werke aus der Blütezeit des Kinetismus, indem sie beide deutlich die Zerlegung einer Bewegung in mehrere Phasen abbilden (Abb. 1 und 12). Sind es in dem einen Gemälde die Teile eines oder mehrerer Gesichter – Augen, Münder, Nasen – die ihre Position im Raum verändern, scheinen es in dem anderen Werk zwei weibliche Akte zu sein, die in einer Art Tanz dargestellt sind. In beiden Gemälden entsteht die formale Dynamik vor allem durch einander schneidende Kreise und Linien. Die dadurch entstehenden Kreissegmente und kubistisch wirkenden Flächen erscheinen in farblichen Abstufungen und Tonwertnuancen wie parallel gegeneinander verschoben und lassen sich so als in der Zeit betrachtete Bewegungsabfolgen lesen. Vielfach wurde der Kinetismus als österreichischer Futurismus interpretiert. Die Kinetisten selbst waren hingegen um eine strikte Abgrenzung bemüht. Leopold Wolfgang Rochowanski, ehemaliger Cižek-Schüler und Chronist des Kinetismus, formulierte den Unterschied so: „Der Futurismus gibt nur den Eindruck der Bewegung, hat also eine impressionistische Quelle. Der Kinetismus dagegen gibt den rhythmischen Ablauf der Bewegung. Er gibt die Bewegung eines Objektes, die Bewegung durch Objekte hindurch oder an Objekten vorbei, er gibt die Bewegung eines Objektes an gleichzeitig bewegten Objekten vorüber."[49]
Die Umstrukturierung der Abteilung für Ornamentale Formenlehre, Cižeks Pensionierung und die Übersiedlung der wichtigsten Vertreterinnen des Kinetismus ins Ausland ließen diesen kulturhistorisch hoch interessanten Beitrag zur österreichischen Avantgarde der 1920er Jahre bald wieder in Vergessenheit geraten.

Problemstellung und analytische Untersuchungsmethoden

Bei den materialanalytischen Untersuchungen an den Kinetismus-Gemälden galt das Interesse vor allem der Überprüfung von Erkenntnissen aus der Literaturauswertung hinsichtlich der Verwendung synthetischer organischer Farbmittel in Künstlerfarben der 1920er Jahre. Dazu sollten die Möglichkeiten zur Identifizierung dieser Pigmente bzw.

Farblacke an originalen Malschichtproben mit der in der kunstanalytischen Praxis weit verbreiteten *Fourier transformierten Infrarotspektroskopie (FTIR),* unterstützt durch lichtmikroskopische Methoden, ausgewertet und kritisch interpretiert werden. Weiterführende analytische Methoden wie z.B. Chromatographie oder Massenspektrometrie standen im Rahmen der hier vorgestellten Arbeit nicht zur Verfügung bzw. konnte auch aufgrund des sehr dünnen Malschichtauftrages nicht das dafür notwendige Probenmaterial zur Verfügung gestellt werden.

Für eine Voruntersuchung der Malmaterialien wurde zunächst die Methode der *Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)* angewendet[51, 52], die eine Charakterisierung der oberflächennahen Farbmittel und Füllstoffe hinsichtlich ihrer elementaren Zusammensetzung direkt an den Objekten ermöglicht. Der wesentliche Nachteil der RFA liegt jedoch darin, dass die so genannten leichten Elemente mit niedriger Ordnungszahl wie Kohlenstoff, Sauerstoff oder Stickstoff nicht bzw. nur unter ganz bestimmten gerätetechnischen Voraussetzungen nachgewiesen werden können. Damit sind die meisten synthetischen organischen Farbmittel (Kohlenwasserstoff-Verbindungen) mit Hilfe der RFA nicht identifizierbar und die Methode für deren Nachweis ungeeignet. Allerdings sind elementspezifische Methoden insofern interessant, als die Abwesenheit anorganischer bunter Farbmittel in Malschichten umgekehrt darauf hinweist, dass organische Pigmente oder Farblacke vorliegen müssen.

Prinzipiell lassen sich synthetische organische Farbstoffe und Pigmente sehr gut mit Hilfe der FTIR-Spektroskopie identifizieren, allerdings nur dann, wenn die charakteristischen Banden im so genannten „Fingerprintbereich" zwischen etwa 1700 und 580 cm^{-1} nicht durch andere Komponenten gestört oder überlagert sind.[50] Ferner muss die Verfügbarkeit einer entsprechenden FTIR-Referenzspektrendatenbank unbedingt vorausgesetzt werden. Im Gegensatz zur Voruntersuchung mit RFA war es für die Durchführung der FTIR notwendig, wenige Partikel aus dem jeweiligen Farbbereich zu entnehmen. Dabei ist anzumerken, dass im Vergleich zur minimalen Probemenge für die FTIR-Spektroskopie, die Anfertigung von angeschliffenen Malschichtquerschnitten oft den wesentlich größeren Eingriff erfordert und bei empfindlichen und/oder intakten Oberflächen nicht vertretbar scheint. Bei der Pigmentanalyse an dem Gemälde „Komposition mit 2 Akten" (Gemälde 1, Abb. 1) in Gouachetechnik musste daher aufgrund der mageren, spröden, sehr dünnen aber geschlossenen Malschicht auf komplementäre Querschliffuntersuchungen verzichtet werden; allerdings konnten in einigen Fällen Streupräparate für Untersuchungen mit Hilfe der Polarisationsmikroskopie angefertigt werden. Das Werk „Gesichter in Kreisfiguration" (Gemälde 2, Abb. 12), in Ölfarben ausgeführt, erlaubte zumindest eine Probenentnahme aus dem Bereich der untersuchten roten Malschicht, da sich dieses Farbfeld am unmittelbaren Rand des Objektes befand. Der Querschliff wurde unter Normallicht (sichtbarer Bereich) wie auch mit Hilfe der UV-Fluoreszenzmikroskopie ausgewertet und konnte hier bezüglich der Zusammensetzung der Malschicht und Pigmentverteilung wichtige ergänzende Informationen liefern.

Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)

Die Röntgenfluoreszenzanalyse wurde mit einem tragbaren RFA-Gerät des Institutes für Naturwissenschaften und Technologien an der Akademie der bildenden Künste Wien durchgeführt, das im Rahmen einer Dissertation entwickelt wurde und bereits zur zerstörungsfreien Materialbestimmung bei verschiedenen Kunstwerken eingesetzt werden konnte. Der Messkopf des Systems besteht aus einer 50-Watt-Röntgenröhre, einem Silicium-Driftkammer-Detektor (SDD) und zwei Laser-Pointern als Positionierungssystem. Das Gerät ermöglicht zerstörungsfreie Analysen mit einem Strahldurchmesser von ca. 1 mm. Bei der Messung trifft die primäre Röntgenstrahlung senkrecht auf die zu untersuchende Oberfläche. Die Energie der angeregten Röntgenfluoreszenzstrahlung ist charakteristisch für die vorhandenen chemischen Elemente und wird von dem Halbleiterdetektor (SDD) unter einem Winkel von 45° zur Objektoberfläche detektiert. Für alle Messungen wurde eine Anregungsspannung von 35 kV gewählt; der Röhrenstrom betrug 0,6 mA und die Aufzeichnungszeit pro Spektrum 100 Sekunden.[53]

FTIR – Spektroskopie

Die FTIR-Analysen wurden mit einem Gerät der Firma Perkin Elmer, Typ Spectrum 2000, kombiniert mit einem Mikroskop (i-Series) durchgeführt. Die Malschichtprobe wurde dabei unmittelbar nach der Entnahme auf einer Diamantzelle präpariert und im Transmissionsmodus gemessen. Alle Messungen wurden mit einer 100 µm Blende bei einer Auflösung von 4 cm^{-1} im Scanbereich 4000-580 cm^{-1} vorgenommen. Dabei wurde jede Probe an mindestens drei verschiedenen Positionen gemessen. Die aufgenommenen Spektren wurden rechnerisch nachbearbeitet, um einen Vergleich mit Referenzdaten zu ermöglichen. Dabei wurde zunächst eine Basislinienkorrektur durchgeführt und anschließend das Spektrum normiert und geglättet. Alle genannten Operationen sind rechnerische Nachbearbeitungen, die bei geringer Probemenge oder schwer zu präparierenden Substanzen einen Vergleich mit anderen, meist in größerer Intensität vorliegenden Spektren ermöglichen, jedoch nicht die Qualität – also beispielsweise das Signal-Rausch-Verhältnis – verbessern können.

Gemälde 1: Komposition mit zwei Akten, um 1925

Das Gemälde „Komposition mit zwei Akten", 1925, Gouache auf Leinwand, 80,0 x 79,8 cm (Inv. 171.986) von My/Marianne Ullmann (Abb. 1) wurde bereits im Jahr 1989 im Rahmen einer Diplomarbeit an der Akademie der bildenden Künste Wien untersucht, dokumentiert und restauriert.[54]

Die materialanalytischen Untersuchungen zur Identifizierung der verwendeten Pigmente wurden damals nur mit Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) durchgeführt.[55] Allerdings konnten nicht alle verwendeten Pigmente identifiziert werden, da die nachgewiesenen chemischen Elemente in den gelben, roten, violetten und hellgrünen Farbbereichen vor allem Bestandteile der Füllstoffe, Substrate oder auch Weißausmischungen waren. Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchungen wurden die RFA-Messungen neuerlich in jenen Arealen durchgeführt, die für die Analyse mit Hilfe der FTIR beprobt werden sollten.

Erwartungsgemäß konnten die Pigmentuntersuchungen mit *Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)*[56] nur für wenige der verwendeten Farben eindeutige Ergebnisse bringen, da für die meisten Farbtöne zumindest anteilig synthetische organische Farbmittel verwendet wurden (RFA-Messpunkte in Abb. 1). Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen sind tabellarisch zusammengefasst (Tab. 1). Die aufgelisteten Elemente entsprechen der qualitativen elementaren Zusammensetzung der Farbe im gemessenen Farbton. Ferner ist zu berücksichtigen, dass durch den sehr dünnen Auftrag der Gouachefarbe die Elemente von Bestandteilen der Grundierung (Ca, Zn, Pb) immer miterfasst werden.

Die Malschichtproben für die *Fourier transformierten Infrarotspektroskopie (FTIR)* wurden in den gleichen

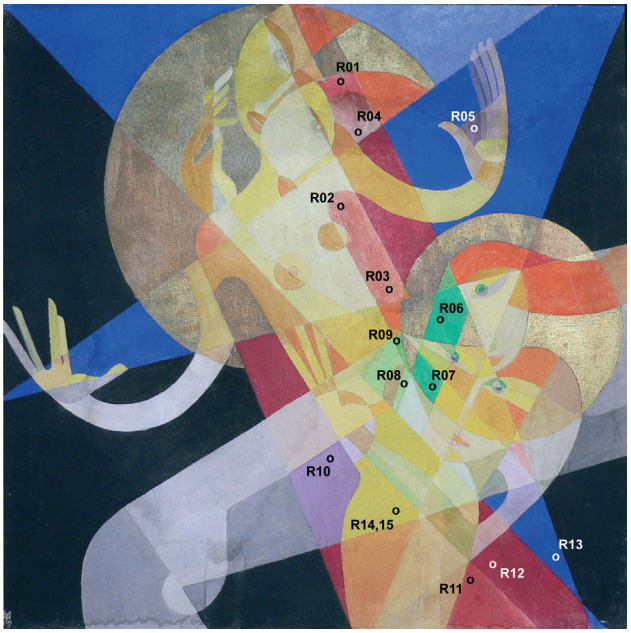


Abb. 1 Gemälde 1: My/Marianne Ullmann „Komposition mit zwei Akten", 80,0 x 79,8 cm, Gouache auf Leinwand, 1925, Wien Museum; RFA-Messpunkte

Messpunkte	**Farbe**	**Nachgewiesene chemische Elemente**[1]	**Pigmente und Füllstoffe** (Material)
	Grundierung[2]	**Ca**, **Zn**, Pb, (Fe), (Sr)	Kreide (Calciumcarbonat), Zinkweiß (Zinkoxid), Bleiweiß (basisches Bleicarbonat)
	Orange[2]	Ca, **Pb**	Grundierungsanteile; Mennige, Bleiweiß (basisches Bleicarbonat)
R01, R04	Hellrot	**Ca**, **Ba**, Pb, (Fe), (Sr), (S?)	Grundierungsanteile; Bleiweiß (basisches Bleicarbonat), Bariumsulfat, roter Farblack
R02	Hellrot/Orange	**Ca**, **Ba**, **Pb**, Zn, (Fe), (Sr), (S?)	Grundierungsanteile; Bleiweiß (basisches Bleicarbonat), Bariumsulfat, roter Farblack
R03	Hellrot/Orange (heller)	**Ca**, **Ba**, Pb, Zn, (Fe), (Cu), (Sr), (S?)	
R05	Violett	**Ca**, Ba, **Pb**, Zn, (Fe), (Cu), (Sr), (S?)	Grundierungsanteile; Bleiweiß (basisches Bleicarbonat), Bariumsulfat, blau-/rot-violetter Farblack
R06/R07	Grün	Ca, **Cu**, **As**, (Fe), (Pb)	Grundierungsanteile; Schweinfurter Grün (Kupferarsenitacetat)
R08, R09	Hellgrün	**Ca**, Ba, Pb, Fe, (Zn), (S?)	Grundierungsanteile; Bariumsulfat, blau-gelbe Mischfarbe, gelber Anteil: Monoazogelbpigment
R10	Violett hell	Ca, Ba, **Pb**, Zn, (Sr), (S?)	Grundierungsanteile; Bariumsulfat, Bleiweiß (basisches Bleicarbonat), blau-/rot-violetter Farblack
R11	Hellrot	**Ca**, **Ba**, Pb, (Fe), (Cu), (Sr), (S?)	Grundierungsanteile; Bleiweiß (basisches Bleicarbonat), Bariumsulfat, roter Farblack
R12	Dunkelrot	**Ca**, Ba, Pb, (Fe), (Zn), (S?)	Grundierungsanteile; Bariumsulfat, Alizarinkrapplack (PR 83)
R13	Blau	**Ca**, Fe, S, Si, (Zn)	Grundierungsanteile; Ultramarin
R14, R15	Gelb	**Ca**, Ba, Pb, Fe, (Zn), (S?)	Grundierungsanteile; Bleiweiß (basisches Bleicarbonat), Bariumsulfat, Monoazogelbpigment

[1] Hauptbestandteile (>10%) = fett gedruckt, Nebenbestandteile (1-10%) = normal gedruckt, Spurenbestandteile (<1%) = in Klammern
[2] Untersuchungsergebnisse für die Grundierung und die orangefarbige Malschicht übernommen aus Schlegel (1998)

Tab. 1 Zusammenfassung der RFA-, FTIR- und PLM-Ergebnisse („Komposition mit zwei Akten", Gemälde 1); Messpunkte siehe Abb. 1 (unterlegte Messbereiche enthalten Anteile synthetischer organischer Farbmittel)

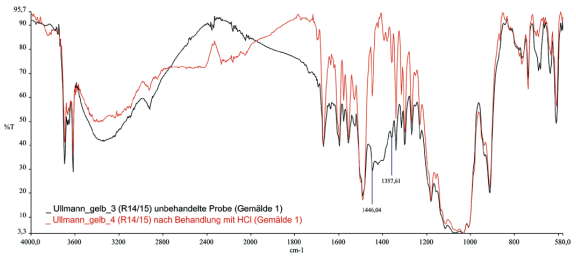


Abb. 2 Spektrum der gelben Malschichtprobe (korrespondierende RFA-Messpunkte R14 und R15; Gemälde 1) im Vergleich mit dem Spektrum der gleichen Probe nach Behandlung mit verdünnter HCl, welches die Identifizierung von einem Monoazogelbpigment (ähnlich PY1) ermöglichte

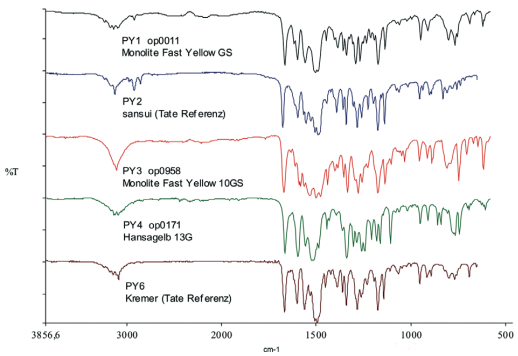


Abb. 3 FTIR-Referenzspektren von unverlackten Monoazogelbpigmenten (PY1, PY3, PY4 =institutseigene Materialsammlung; PY2, PY6 =Tate/London)

Farbbereichen des Gemäldes entnommen, in denen die RFA-Messungen durchgeführt worden sind und in denen allen Barium nachgewiesen werden konnte [Bariumsulfat ($BaSO_4$), Füllstoff und/oder Substrat]. Bei der FTIR-Spektrenauswertung war daher zu beachten, dass bei den meisten Proben im Wellenzahlenbereich zwischen ~1000 und ~1200 cm^{-1} Bariumsulfat-Banden auftreten und teilweise die Banden der Farbmittel überlagern. Durch den Bindemittelanteil der Gouachemalerei zeigten sich außerdem in manchen Spektren Banden von Gummen (Doublett zwischen ~1000 und ~1100 cm^{-1}), auf die in der Interpretation der Ergebnisse nicht näher eingegangen wird.[57]

Für die Auswertung der Untersuchungsergebnisse sind im folgenden Abschnitt nur Proben aus jenen Farbtönen bzw. Messbereichen von Interesse, in denen zumindest anteilig synthetische organische Pigmente oder Farblacke nachgewiesen werden konnten. Insbesondere handelt es sich dabei um die gelben (R14 und R15), hellgrünen (R08 und R09) die hellroten (R01-R04, R11) und dunkelroten (R12) sowie violetten (R05 und R10) Bereiche. Auf die Farbtöne aus Messbereichen, in denen lediglich anorganische Buntpigmente nachgewiesen werden konnten („Orange“→ Bleimennige; R06 und R07→ Schweinfurtergrün; R13→ Ultramarin)[58], wird im folgenden Abschnitt nicht näher eingegangen.

Gelbe und hellgrüne Malschichten [R14, R15 sowie R08, R09]

Obwohl nach den Voruntersuchungen mit der RFA davon ausgegangen werden konnte, dass in dem untersuchten Gemälde tatsächlich verschiedene synthetische organische Pigmente und Farblacke vorliegen, gestaltete sich deren Identifizierung schwierig. Aussagekräftige FTIR-Messergebnisse konnten vor allem für die gelben (R14 und R15) und hellgrünen Proben (R08 und R09) erzielt werden. Diese zeigten im Fingerprintbereich ein für synthetische organische Farbmittel typisch bandenreiches Spektrum, allerdings war der Bereich zwischen ~1350 und ~1450 cm^{-1} durch Carbonatbanden überlagert. Daher wurde nach der FTIR-Messung der unbehandelten Probe versucht, die Füllstoffanteile (z.B. Calciumcarbonat) mit verdünnter Salzsäure (HCl) herauszulösen.[59] Besonders erfolgreich angewendet werden konnte die Methode bei der gelben Malschichtprobe (R14/15). Dazu wurde die Malschichtprobe auf einem Objektträger mit verdünnter HCl versetzt, die Lösung anschließend eingedampft und der Rückstand auf die Diamantzelle präpariert. Bei der neuerlichen Aufnahme des FTIR-Spektrums konnte im Bereich zwischen ~1350 und ~1450 cm^{-1} eine deutliche Verbesserung der Bandenintensitäten festgestellt werden (Abb. 2).

Der Vergleich des Spektrums mit FTIR-Referenzspektren[60] zeigte eine weitgehende Übereinstimmung mit den Spektren unverlackter Monoazogelbpigmente, insbesondere mit Pigment Yellow 1 (PY1). Die breite Bande im Bereich zwischen ~1000 und ~1200 cm^{-1} sowie die Peaks bei 607 und 635 cm^{-1} können dem Bariumsulfat-Gehalt ($BaSO_4$) zugerechnet werden. Im Bereich um 1600 und 1660 cm^{-1} finden sich die typischen schmalen Banden der Monoazogelbverbindungen. Unter Berücksichtigung der für die 1920er Jahre kolportierten Monoazogelbpigmente kommerzieller Bedeutung[61] mussten neben PY1 vor allem PY3, PY5 und PY6 in Betracht gezogen werden, deren Referenzspektren ergänzt um PY2 und PY4 auch zur Verfügung standen (Abb. 3). Für das in den 1920er Jahren wichtige PY5 lag allerdings keine Referenz vor. Bei der Interpretation des Messergebnisses konnte PY3 aufgrund deutlicher Abweichungen vom Probespektrum der gelben Probe bald ausgeschlossen werden. Im Vergleich mit den anderen Monoazogelbspektren zeigte PY1 die verhältnismäßig beste Übereinstimmung. Allerdings treten auch hier einige Abweichungen auf. So finden sich z.B. im Spektrum der gelben Malschichtprobe bei 1573 und 1529 cm^{-1} zusätzliche Peaks. Interessanterweise tritt die Absorption bei 1573 cm^{-1} in keinem der Monoazogelbvergleichsspektren auf, während der Peak bei 1529 cm^{-1} in den Spektren von PY2 und PY6 aber festgestellt werden kann. Bei 1214 cm^{-1} fehlt ein Peak im Spektrum der Probe; die Absorption bei 1196 cm^{-1} deutet sich zumindest als Schulter an (Abb. 4).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in der gelben Malschichtprobe eine weitgehende Übereinstimmung mit den in der eigenen Referenzdatenbank vorhandenen Spektren unverlackter Monoazogelbpigmente, insbesondere mit PY1 festgestellt werden konnte. Die geringen Abweichungen konnten nicht geklärt werden, deuten aber auf Unterschiede zwischen dem Monoazopigment aus der Malschichtprobe und dem PY1-Referenzmaterial „Monolite Fast Yellow GS“ aus dem Jahr 1952 (ICI) hin.[62] Beachtet werden muss, dass teilweise Pigment-Mischungen der gleichen Pigmentklasse im Handel waren. Diese können anteilig Verbindungen enthalten, die wiederum nicht als einzelne Pigmente gehandelt wurden, deren Zusammensetzung aber bekannt ist. Für Monoazogelbpigmente sind solche Mischungen vereinzelt durch Verweise im Colour Index belegt.[63] Ferner muss auf das Fehlen des Spektrums von PY5, ein für den Betrachtungszeitraum wichtiges Pigment, in der eigenen Referenzdatenbank hingewiesen werden.

Hinsichtlich der hellgrünen Malschicht (R08 und R09) konnte im Vorfeld der Analysen bereits durch Beobachtungen im Stereomikroskop beobachtet werden, dass es sich um eine Mischung aus gelben und blauen Pigmentanteilen handelt. Das FTIR-Spektrum der hellgrünen Malschicht (R08/09) zeigte dann auch ähnliche Banden wie die gelbe Probe, jedoch teilweise von anderen Komponenten überlagert. Im Spektrenvergleich mit dem Referenzspektrum von PY1 wurde zumindest eine Übereinstimmung mit den wichtigsten Monoazogelb-Banden festgestellt (Abb. 5). Allerdings konnte der blaue Anteil der Farbe weder durch die RFA-Ergebnisse noch durch die Auswertung des FTIR-Spektrums näher definiert werden, so dass zusätzlich ein Durchlichtpräparat[64] der Probe angefertigt wurde. Im Streupräparat liegen neben einzelnen blauen Partikeln vor allem Konglomerate gelber und blauer Anteile vor, die teilweise optisch grün ergeben (Abb. 6). Damit kann eindeutig das Vorliegen einer Pigmentmischung verifiziert werden, auch wenn eine Identifizierung des blauen Anteils mit Hilfe der PLM nicht möglich ist. Generell ist die Verwendung von Blau-Gelb-Mischungen als grünes Farbmittel durchaus nicht ungewöhnlich. Viele der so genannten „grünen Lacke“ werden im 19. bzw. frühen 20. Jahrhundert durch Mischung von gelben (Pflanzen)-Lacken und Preußischblau erzeugt. Wagner[65] erwähnt die Möglichkeit, Grünmischungen aus Monoazogelbpigmenten und Miloriblau bzw. später dann auch mit Indanthrenblau sowie Heliogenblau herzustellen. Preußischblau ist aber im vorliegenden Fall auszuschließen, da weder die $[Fe(CN)_6]^{3-}$-IR-Absorptionsbande bei 2090 cm^{-1} auftritt, noch mit der RFA ein signifikanter Eisenanteil detektiert wurde.

Exkurs: Monoazogelbverbindungen (Abb. 7)

Die in den gelben und hellgrünen Farbtönen nachgewiesenen synthetischen organischen Pigmente gehören zu den Monoazogelbverbindungen des Typs „Hansagelb“, die als erste hochbeständige synthetische organische Gelb-

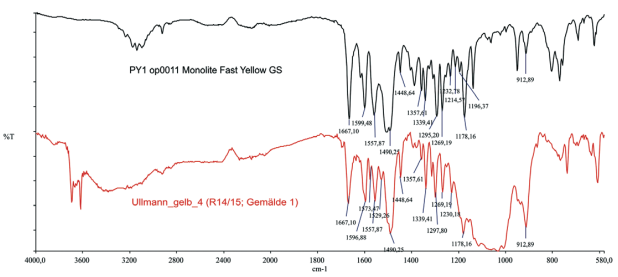
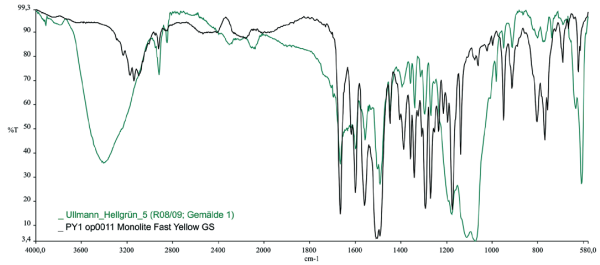


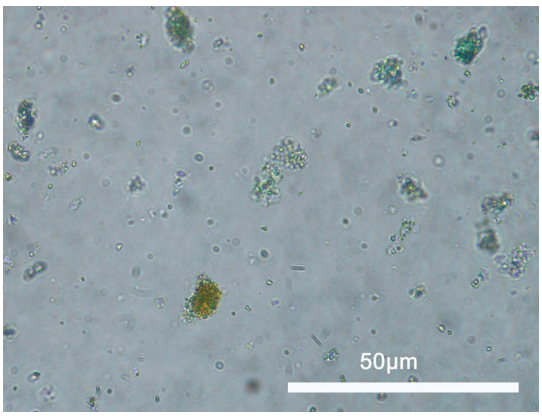
Abb. 4 FTIR-Spektrum der gelben Malschichtprobe (RFA-Messpunkte R14 und R15; Gemälde 1) mit einem Referenzspektrum von einem Monoazogelbpigment/ PY1(institutseigene Materialsammlung, Inv.11, Monolite Fast Yellow GS, ICI 1952)

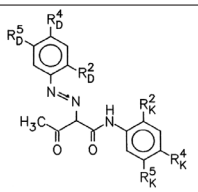
Abb. 5 Spektrum der hellgrünen Malschicht (korrespondierende RFA-Messpunkte R08/09; Gemälde 1) mit einem Referenzspektrum von einem Monoazogelbpigment/ PY1 (institutseigene Materialsammlung, Inv.11, Monolite Fast Yellow GS, ICI 1952)



pigmente 1910 auf den Markt kamen.[66] Hansagelb G (C.I. Pigment Yellow 1, 11680) war der erste Vertreter dieses Typs und ist als Synonym für diese Verbindungen in die Geschichte eingegangen. Schon 1897 war ein Patent auf die Kupplung von 1,3 Diketo-Verbindungen mit Diazoniumsalzen zu gelben Farbstoffen angemeldet worden.[67] Mit der Entdeckung der Acetessigarylide als Kupplungskomponenten konnten dann erstmals schwerlösliche organische Gelbfarbkörper hergestellt werden. Das erste Hansagelb

Abb. 6 Durchlichtpräparat der hellgrünen Malschichtprobe (R08/09, Gemälde 1), linear polarisiertes Durchlicht (Pol θ)

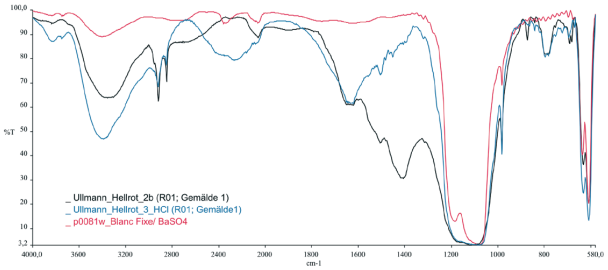




C.I. Name	Formel Nr.	R^2_D	R^4_D	R^5_D	R^2_K	R^4_K	R^5_K	Nuance
PY 1	11680	NO_2	CH_3	H	H	H	H	gelb
PY 2	11730	NO_2	Cl	H	CH_3	CH_3	H	rotstichig-gelb
PY 3	11710	NO_2	Cl	H	Cl	H	H	stark grünstichig-gelb
PY 5	11660	NO_2	H	H	H	H	H	stark grünstichig-gelb
PY 6	11670	NO_2	Cl	H	H	H	H	gelb

Abb. 7 Unverlackte Monoazogelbpigmente [nach Herbst/Hunger (1995): S. 228]

Abb. 8 Spektrum der hellroten Malschichtprobe (korrespondierende RFA-Messpunkte R01-R04, R11; Gemälde 1) im Vergleich mit dem Spektrum der gleichen Probe nach Behandlung mit verdünnter HCl und einem Referenz-Spektrum von Blanc Fixe/Bariumsulfat (Institutseigene Materialsammlung, Inv.81)



wurde 1909 für Meister, Lucius & Brüning (später Hoechst AG) patentiert und war ein Jahr später kommerziell erhältlich. Nach Pigment Yellow 2, Pigment Yellow 4 (11665), Pigment Yellow 5 (11660), Pigment Yellow 6 (11670), alle 1909 patentiert, wurde 1911 Pigment Yellow 3 (11710) entdeckt. Das im Vergleich zum PY1 grünstichigere Gelb ist zwar etwas lösungsmittelempfindlicher, weist aber in Weißausmischungen eine bessere Licht- und Wetterechtheit auf.
Interessant ist, dass etwa zeitgleich mit der Einführung der Hansagelb-Pigmente 1911 schon ein Patent zur Herstellung von Diarylpigmenten, der wichtigsten Gruppe der Disazopigmente, eingereicht wurde. Da die gelben Monazopigmente der Hansa-Gelb-Reihe wesentlich lichtechter als die Diarylgelbpigmente waren, blieb das Patent bis 1935 (Vulcan-Echtgelb, PY 13, 21100) ungenutzt.[68]

Rote, dunkelrote und violette Malschichtbereiche [R01-R04, R11, R12 und R05, R10]

Im Gegensatz zu der Auswertung der FTIR-Spektren der hellgelben und hellgrünen Partien, waren die Messungen von den Proben der hellroten (R01-R04, R11) und violetten (R05, R10) Malschichtbereiche weit weniger aussagekräftig. Lediglich im dunkelroten Farbton (R12) konnte der synthetische organische Farbmittelanteil eindeutig identifiziert werden. In den hellroten und violetten Bereichen wurden zwar Farblacke nachgewiesen, allerdings blieben deren Farbstoffanteile mit den angewendeten Methoden unidentifizierbar.
Die hellrote Malschicht (R01-R04, R11), insbesondere der Bereich der Proben R01 und R04, war durch einen früheren Wasserschaden stark beschädigt worden und die Farbe auf die Leinwandrückseite ausgeblutet. Während der Restaurierungsmaßnahmen 1998 stellte sich heraus, dass bei einer Behandlung der roten Farbbereiche mit Ethanol ein Farbumschlag nach Orange auftritt.[69] Da mit Hilfe der RFA erwartungsgemäß keine Elemente eines roten anorganischen Pigments festgestellt werden konnten, dafür aber eindeutig Barium, ist dies ein Indiz für das Vorliegen eines lösungsmittelempfindlichen synthetischen organischen Farbmittels bzw. eines Farblacks auf Bariumsulfat. Diese Vermutungen konnten durch die FTIR-Analyse allerdings nur insofern verifiziert werden, als dass im Spektrum der hellroten Probe zwar eindeutig die Baryt- und Calciumcarbonatbanden auftreten, jedoch keine signifikanten Banden für synthetische organische Farbmittel im typischen Fingerprintbereich zu erkennen sind. In ähnlicher Vorgehensweise wie bei den gelben Malschichtproben konnten dann auch bei der hellroten Probe die Carbonat-Anteile erfolgreich mit HCl herausgelöst und dadurch zumindest im Wellenzahlbereich zwischen 1700-1200 cm^{-1} Absorptionsbanden festgestellt werden (Abb. 8). Allerdings waren diese zu wenig charakteristisch, um diesen Bereich mit Referenzspektren relevanter Farbstoffe vergleichen zu können. Da durch die Beobachtungen am Gemälde bekannt war, dass der rote Farblack offenbar eine gewisse „Löslichkeit“ in Ethanol besitzt (Ausbluten bzw. Randbildung), wurden noch Versuche mit organischen Lösungsmitteln in Betracht gezogen, welche aber leider auch zu keinem Ergebnis führten. Dies kann einerseits auf den geringen Farbstoffanteil im Lack zurückzuführen sein, vor allem fiel aber die zur Verfügung stehende Probemenge so gering aus, dass die Lösungs- und Trennversuche sehr limitiert waren. Im Durchlichtpräparat einer Probe der hellroten Malschicht (Abb. 9) sind zumindest die tafeligen Partikel mineralischen Baryts mit einem nicht näher identifizierbaren roten Farbstoff zu erkennen.
Auch im IR-Spektrum der violetten Malschichtprobe (R05, R10) treten keine typischen Banden eines organischen Farbmittels auf. Ähnlich wie bei den Proben der hellroten Malschicht konnte durch die Behandlung mit HCl zwar auch der Carbonat-Anteil herausgelöst werden, brachte aber hinsichtlich der Identifizierung des Farbmittels der violetten Probe keine relevanten Verbesserungen. Die Aufnahme des Streupräparates aus dem betreffenden Bereich (Abb. 10) zeigt rotviolette bzw. blauviolette Partikel, die auf die Verwendung eines Farblackes hinweisen. Die deutlich unterschiedliche Farbigkeit der Agglomerate ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass verschiedene Farbstoffe verwendet wurden und vermutlich ein Misch- bzw. Kombinationsfarblack vorliegt. Mineralischer Baryt kann im Präparat nicht festgestellt werden;

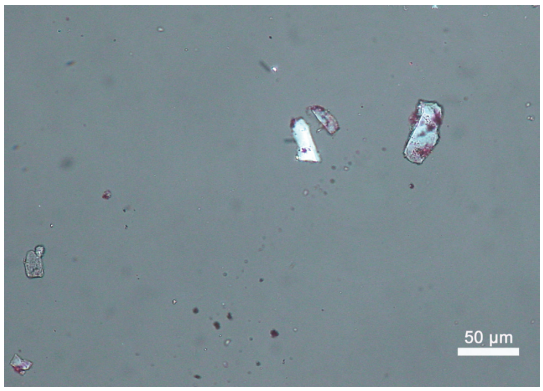


Abb. 9 Durchlichtpräparat der hellroten Malschichtprobe (R01, Gemälde 1), linear polarisiertes Durchlicht (Pol θ)

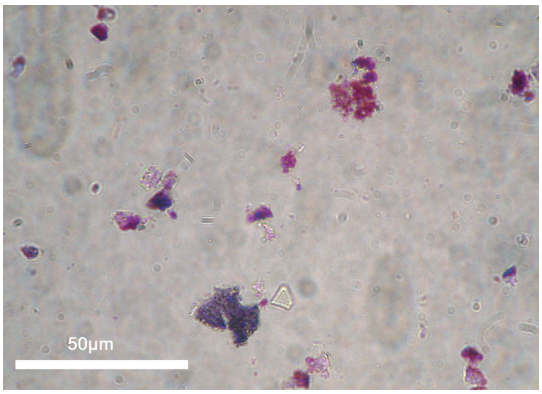


Abb. 10 Durchlichtpräparat der violetten Malschichtprobe (R05, Gemälde 1), linear polarisiertes Durchlicht (Pol θ)

der mit der RFA detektierte Bariumgehalt legt aber nahe, dass der Farblack zumindest anteilig gefälltes Bariumsulfat als Substrat enthält.

Zusammenfassend muss für die Analysenergebnisse der hellroten (R 01-04, R11) und violetten (R05, R10) Proben festgestellt werden, dass in diesen offenbar sehr hohe Anteile von Substraten, Füllstoffen bzw. Weißausmischungen vorliegen und aufgrund der geringen Anteile organischer Farbmittel eine nähere Identifizierung der farbgebenden Komponenten mit den zur Verfügung stehenden Untersuchungsmethoden insbesondere FTIR nicht möglich ist. Aus der Literatur ist aber bekannt, dass in Künstleraquarellfarben der 1920er Jahren ‚Echtviolett' als Farbton bereits etabliert war und vorrangig aus blau-violetten Alizarinlacken hergestellt wurde.[70]

Bei den rot/violetten Farbtönen des untersuchten Gemäldes konnte schließlich in den dunkelroten bzw. krappfarbigen Partien (R12) ein synthetisches organisches Pigment eindeutig identifiziert werden. Aufgrund der guten Übereinstimmung des FTIR-Spektrums mit dem Referenzspektrum eines Alizarinkrapplacks (Inv. 408 Alizarinkrapplack H4 I.G.; PR83:1) der institutseigenen Materialsammlung war es möglich, das synthetische organische Pigment als Metallkomplexsalz von 1,2-Dihydroxyanthrachinon [C.I. Pigment Red 83; 58000:1] zu bestimmen (Abb. 11). Die gegenüber der Referenzprobe zusätzliche Bande bei 873,5 cm^{-1} im Spektrum der Malschichtprobe ist dem Calciumcarbonatanteil zuzurechnen. An dieser Stelle sei noch angemerkt, dass es sich bei Proben des frühen 20. Jahrhunderts eigentlich um Aluminium-Calciumkomplexsalze des 1,2–Hydroxyanthrachinons handeln müsste, da die Lacke ursprünglich an Aluminiumoxydhydrat als Träger adsorbiert vorlagen.[71] Ein eventueller Aluminiumanteil war allerdings mit der RFA-Messung an Luft nicht erfassbar, jedoch konnte in einer Probe des oben erwähnten eigenen Referenzmaterials Aluminium bei einer RFA-Messung im Vakuum detektiert werden. Ein Vergleich dieses Pigments mit einem modernen PR83:1 (Calciumkomplexsalz, EC Pigments, Tate-Referenz) zeigte keine signifikanten Unterschiede im FTIR-Spektrum.

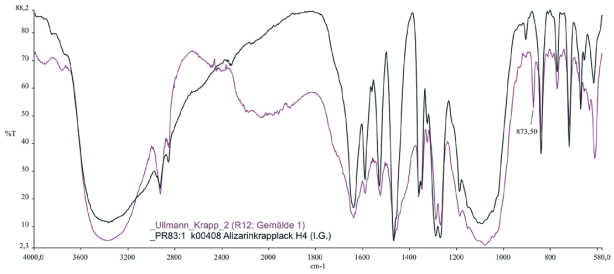


Abb. 11 Spektrum der dunkelroten Malschicht (RFA-Messpunkt R12; Gemälde 1) mit einem Referenzspektrum von Alizarinkrapplack, PR 83:1 (insititutseigene Materialsammlung, Inv. 408)

Exkurs: Synthetischer Alizarinkrapplack

Das in der krappfarbigen Malschicht (R12) identifizierte Komplexsalz des 1,2-Dihydroxyanthrachinons wird nach der Colour-Index-Systematisierung als Pigment Red 83:1 erfasst und gehört zur Klasse der Hydroxyanthrachinon-Pigmente. Der so genannte Alizarinkrapplack findet sich heute noch in entsprechenden Farbtönen von Künstlerfarben. In der europäischen Malerei hat Krapplack als einer der ältesten roten Farblacke eine lange Tradition. Während man früher die Farbstoffextrakte aus der Krappwurzel[72] verlackte, wurden diese seit dem letzten Viertel des 19. Jahrhunderts sukzessive von synthetischem Alizarin verdrängt. Dessen synthetische Herstellung war bereits 1868 von Graebe und Lieberman entdeckt worden, konnte aber erst 1875 durch Caro (damaliger Forschungsdirektor der BASF) großtechnisch umgesetzt werden. Die Alizarinsynthese[73] im industriellen Maßstab sorgte dann innerhalb kurzer Zeit für den Niedergang der Produktion natürlichen Krapps und verdrängte diesen fast vollständig aus der Färberei wie auch bald aus der Krapplackfabrikation. Für die Herstellung der Lacke aus dem synthetischen Alizarin (C.I. Mordant Red 11, 58000) wurde dieses als Beizenfarbstoff nach dem so genannten „Krappverfahren" gefällt. Die Rezepturen wurden meist in empirischen Verfahren ermittelt, aber grundsätzlich kann der Herstellungsprozess für

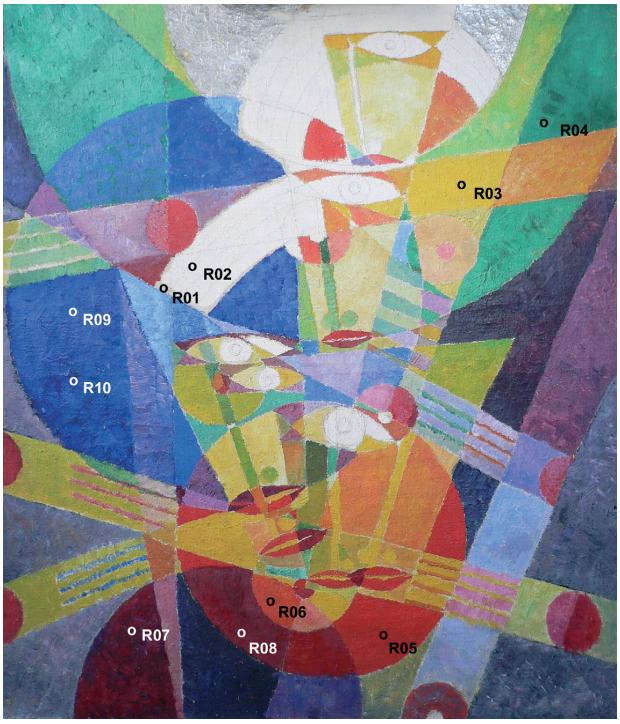


Abb. 12 Gemälde 2: My/Marianne Ullmann „Gesichter in Kreisfiguration", 65,0 x 55,0 cm, Öl/ Leinwand, 1923, Wien Museum; RFA-Messpunkte

das frühe 20. Jahrhundert nach Wagner[74] folgendermaßen beschrieben werden: Zunächst wurde Tonerdehydrat (Aluminiumoxydhydrat) ausgefällt, gewaschen und anschließend mit Natriumphosphat, Calciumchlorid sowie dem Farbstoff bzw. Alizarin (in Teig) und Türkischrotöl versetzt. Das inzwischen am Markt anzutreffende PR83:1 liegt nicht mehr an Aluminiumoxydhydrat als Träger adsorbiert vor, sondern wird heute durch die Behandlung einer alkalischen Alizarinlösung mit einer Lösung von Calciumchlorid hergestellt.[75]

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts begegnete man dem synthetischen Alizarinkrapplack in Künstlerfarben lange mit Skepsis. Noch 1904 bemüht sich der Aufsatz „Kann künstliches Alizarin den Krappfarbstoff in der Malerei ersetzen?"[76], mit falschen Vorurteilen aufzuräumen. Zu dem Zeitpunkt liegen aber bereits 25jährige Erfahrungen mit den aus künstlichem Alizarin hergestellten Krapplacken vor.[77] Erst in den 1920er Jahren kann sich der Alizarinkrapplack etablieren,[78] zeitgleich sind jedoch schon andere Produkte der Farbenchemie im Handel, die sich als lichtbeständigere Substitute anbieten. Heute wird dem Pigment PR83:1 kaum mehr industrielle Bedeutung beigemessen. Im Vergleich mit anderen modernen Rotpigmenten, weist PR83:1 unbefriedigende Echtheitseigenschaften auf. Selbst in Künstlerfarbenkrapptönen finden sich schon für „permanente" Marken modernere synthetische organische Pigmente, wie beispielsweise PR206/73920 (Chinacridon/Chinacridonchinon Mischkristalle)[79] für *Permanent Alizarin Crimson* (Artists` Water Colour) von Winsor&Newton oder PR177; 65300 (Anthrachinon) für den gleichen Farbton in Artists` Oil Colour vom selben Hersteller.

Gemälde 2: Gesichter in Kreisfiguration, 1923

Mit dem Werk „Gesichter in Kreisfiguration", 1923, Öl auf Leinwand, 65,0 x 55,0 cm (Inv. 171.330), wurde ein zweites Gemälde von My Ullmann materialanalytischen Untersuchungen unterzogen (Abb. 12). Das unsignierte Werk war in der Sammlung des Wien Museums lange Zeit irrtümlicherweise Erika Giovanna Klien (1900-1957) zugeschrieben gewesen, die ebenfalls zur Gruppe der Wiener Kinetisten zählte. Weder Farbigkeit noch Formenkanon passen in das Œuvre Kliens, stattdessen zwingt sich die Ähnlichkeit zu Ullmanns kräftigem Kolorit und der fragmentierten Körperlichkeit – Augen, Münder – nahezu auf. Im Gegensatz zu dem in Wasserfarbentechnik ausgeführten Gemälde „Komposition mit zwei Akten", handelt es sich bei diesem Objekt um eine ölgebundene Malerei.

Die Untersuchungen mit Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) bestätigten die für den Zeitraum maßgeblich bekannten anorganischen Pigmente. Wie aus der Tabelle (Tab. 2) ersichtlich ist, konnte auch bei diesem Objekt eine Grundierung aus Kreide und Zinkweiß mit geringen Bleiweiß-Zusätzen bestimmt werden. Im Gegensatz zu Gemälde 1 wurde jedoch für die Gelb- und Grünpartien Chromgelb und Schweinfurter Grün und für die blauen Bereiche das auch im Bild 1 nachgewiesene Ultramarin verwendet. Auffallend ist ferner der Nachweis von Quecksilber bzw. Zinnober in den Rotpartien.

Für die FTIR-Analyse wurden in gleicher Verfahrensweise wie bei dem Gemälde 1 die Malschichtproben aus den mit der RFA gemessenen Farbbereichen entnommen. Bei der Spektrenauswertung war zu beachten, dass bei allen Proben der Ölmalerei Banden des Bindemittels auftreten. Charakteristisch für trocknende Öle ist die schmale Carbonylbande zwischen 1750 und 1740 cm^{-1}, die sich in allen Spektren findet. Im Wesentlichen konnten die RFA-Ergebnisse für jene Farbtöne bestätigt werden, in denen nur anorganische Pigmente nachgewiesen wurden (R03 → Chromgelb; R04→ Schweinfurtergrün; R09 und R10→ Ultramarin, Zinkweiß).[80] Darüber hinaus wurden in den Messbereichen der Orange/Rot-Farbtöne R05, R06, R07 und R08 auch synthetische organische Farbmittel festgestellt.

Rote Malschichtbereiche [R05]

Besonders interessant war die Probe der roten Malschicht (R05), deren Farbigkeit nach den RFA-Ergebnissen (Hauptmengen Quecksilber und Barium) zunächst vor allem dem Zinnoberanteil zugeschrieben wurde. Allerdings zeigte sich in der Auswertung der FTIR-Messungen aus diesem Farbbereich, dass eindeutig eine Beimischung eines syn-

Messpunkte	Farbe	Nachgewiesene chemische Elemente[1]	Pigmente und Füllstoffe (Material)
R01/02	Weiß/Grundierung	**Ca**, Pb, **Zn**, (S), (Fe), (P)	Kreide (Calciumcarbonat), Zinkweiß (Zinkoxid), Bleiweiß (basisches Bleicarbonat)
R03	Gelb	Ca, **Cr**, **Pb**, Zn, (Ar)	Chromgelb (Bleichromat), Zinkweiß(Zinkoxid)
R04	Grün	Ca, **Cu**, Zn, **As**, Sr, S	Schweinfurter Grün (Kupferarsenitacetat)
R05	Rot	Ca, **Ba**, **Hg,** S	Zinnober, Monoazorotpigment [ß-Naphthol-Pigment (?)], Bariumsulfat
R06	Orange	Ca, Ba, **Cr**, **Pb**, Hg, Zn	Mischung aus Rot und Gelb
R07/08	Dunkelrot/Krapp	**Ca**, Ba, **Pb**, **Zn**, Cu	Alizarin-Krapplack in Ausmischung
R09/10	Blau	Ca, **Fe**, Zn, Cr	Ultramarin, Zinkweiß (Zinkoxid), Cr?
Hauptbestandteile (>10%) = fett gedruckt, Nebenbestandteile (1-10%) = normal gedruckt, Spurenbestandteile (<1%) = in Klammern			

Tab. 2 Zusammenfassung der RFA- und FTIR-Ergebnisse („Gesichter in Kreisfiguration", Gemälde 2): Messpunkte siehe Abb. 12 (unterlegte Messbereiche enthalten Anteile synthetischer organischer Farbmittel)

thetischen organischen roten Pigments vorliegt. Neben den Barytbanden (1200-1050 cm^{-1}) und den scharfen Banden zwischen 700-600 cm^{-1} treten auch zwischen 1650 und 1300 cm^{-1} Absorptionsbanden auf, die zwar keine starken Intensitäten aufweisen, jedoch dezidiert bei allen aufgenommenen Spektren der Probe vorliegen. Dieser Bereich zählt zum Fingerprintbereich für organische Materialien, und gegebenenfalls kann aus diesem bereits eine limitierte Anzahl von Peaks bzw. Banden verwendet werden, um zwischen verschiedenen synthetischen organischen Pigmenten einer Klasse zu unterscheiden.[81]

Für die Probe der roten Malschicht konnte im Wellenzahlenbereich von 1650-1300 cm^{-1} eine sehr gute Übereinstimmung mit den Absorptionsbanden von C.I. Pigment Red 3, 12120 (so genanntes Toluidinrot) aus der ß-Naphtholklasse festgestellt werden (Abb. 13). Prinzipiell sind auch die Fingerprintbereiche verlackter ß-Naphtholpigmente (wie PR49, PR53; beide im Entstehungszeitraum des Objektes schon am Markt) den Absorptionsmustern der ß-Naphthole ähnlich, konnten aber durch eindeutige Abweichungen im genannten Wellenzahlenbereich von vornherein ausgeschlossen werden.

Um die Zulässigkeit der Interpretation der gemessenen Probe als PR3 zu überprüfen, wurde der betreffende Abschnitt des Spektrums auch mit anderen Referenzspektren von roten synthetischen organischen Pigmenten der ß-Naphtholklasse verglichen, die am Beginn des 20. Jahrhunderts bereits in Verwendung waren. Dabei standen FTIR-Spektren von PR1, PR3, PR4, PR6 und PO5 zur Verfügung (Abb. 14). Die orangefarbigen Nuancen entsprachen nicht dem Farbton der untersuchten Malschicht; daher fielen die fehlenden PO2 und C.I. 12080 (keine PO-Nr.) wenig ins Gewicht. Da im Spektrum der roten Malschichtprobe nur der Bereich zwischen 1750-1400 cm^{-1} beurteilt werden konnte, wurden die ß-Naphthol-Spektren (ohne PO5) untereinander im Abschnitt

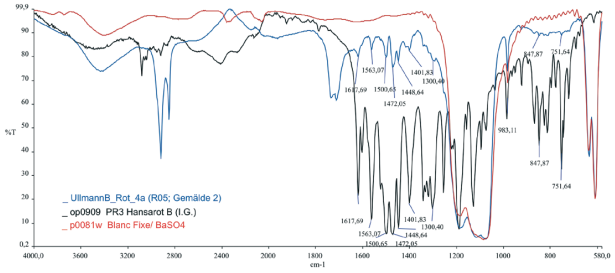


Abb. 13 Spektrum der roten Malschicht (korrespondierender RFA-Messpunkt R05; Gemälde 2) mit Referenzspektren von Blanc Fixe/Bariumsulfat (institutseigene Materialsammlung, Inv.81) und PR3/ Hansarot B (institutseigene Materialsammlung, Inv.909)

von 1750-1400 cm^{-1} verglichen und dabei deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Pigmenten festgestellt. Der direkte Vergleich dieser Sequenz mit dem Spektrum der roten Malschichtprobe zeigte gute Übereinstimmung mit den Absorptionsbanden der PR3-Referenz, während für die anderen roten ß-Naphtholpigmente neben jeweils einzelnen Teilübereinstimmungen doch deutliche Abweichungen und Verschiebungen festzustellen sind (Abb. 15a/b).

Von der roten Malschicht konnte zur Ergänzung der RFA- und FTIR-Untersuchungen noch eine Probe aus dem unteren Randbereich des Gemäldes entnommen und in Polyestergießharz[82] eingebettet werden. Für die Charakterisierung der Pigmente der Malschicht wurde der Querschliff sowohl im Normallicht als auch in UV-Fluoreszenz ausgewertet. Dabei war die Zusammensetzung der roten Malfarbe von Interesse. Im Normallicht (Abb. 16) zeigt die Probe einen intensiven orange-roten Farbton, in dem nur wenige dunkelrote Zinnober-Partikel unterschiedlicher Größe zu erkennen sind. Auffällig ist die Farbstärke der eingebetteten Malschicht, die im Normallicht kaum eine sichere morphologische Beurteilung zulässt. In der UV-Fluoreszenzaufnahme ist die Zusammensetzung der Probe

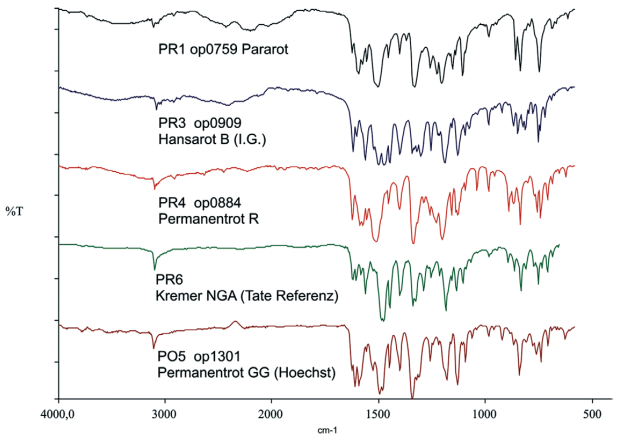


Abb. 14 FTIR-Referenzspektren von ß-Naphthol- Pigmenten (PR1, PR3, PR4, PO5 =institutseigene Materialsammlung; PR6 =Tate/London)

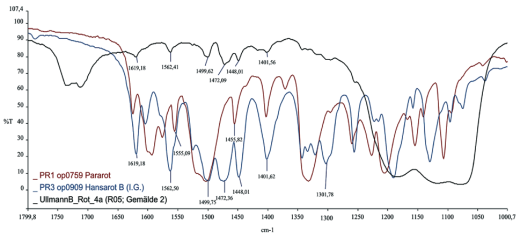
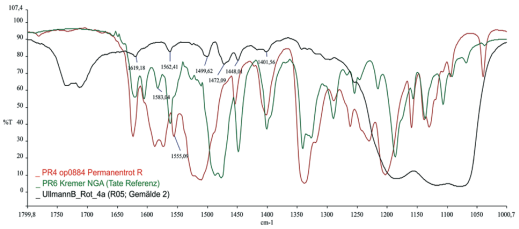


Abb. 15a Vergleich des Spektrums der roten Malschichtprobe (UllmannB_Rot_4a, R05; Gemälde 2) mit Referenzspektren roter ß-Naphthol-Pigmente (PR1, PR3 =institutseigene Materialsammlung) im Wellenzahlenbereich zwischen ca.1790 und 1000 cm-1

Abb. 15b Vergleich des Spektrums der roten Malschichtprobe (UllmannB_Rot_4a, R05; Gemälde 2) mit Referenzspektren roter ß-Naphthol-Pigmente (PR4 =institutseigene Materialsammlung; PR6 =Tate/London) im Wellenzahlenbereich zwischen ca.1790 und 1000 cm-1



dann deutlicher zu beobachten (Abb. 17). Hier lassen sich in der feinkörnigen Struktur neben den dunkelroten Zinnoberpigmentkörnern hellrote bis rosa/weiße Bereiche differenzieren. Bei diesen dürfte es sich um Bariumsulfat mit Anteilen des synthetischen organischen Rotpigments handeln. Die Feinkörnigkeit des Füllstoffes deutet darauf hin, dass hier kein natürlicher Schwerspat sondern gefälltes Bariumsulfat (Blanc Fixe) vorliegt, das viel kleinere Partikel als die typisch tafeligen Kristalle des mineralischen Baryts aufweist.

Zusammenfassend kann unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus RFA, FTIR sowie der Querschliffbeurteilung festgestellt werden, dass es sich bei Rot (Malschichtprobe R05) um eine Mischung aus einem roten synthetischen organischen Pigment – PR3 (ß-Naphthol-Pigment), Blanc fixe ($BaSO_4$) und Zinnober (HgS) handelt. Wahrscheinlich wurde das Pigment bereits als Verschnittfarbe in den Handel gebracht. Die gleichmäßige Verteilung der Zinnoberrotkörner in der Probe und die Homogenität legen nahe, dass die Komponenten der Farbe nicht von der Künstlerin selber gemischt wurden. Die im Zusammenhang mit der Untersuchung der roten Malschichtprobe diskutierten roten ß-Naphthol-Pigmente geben Anlass, diese Pigmentklasse im folgenden Abschnitt genauer zu erörtern, zumal deren Vertreter zu den ältesten synthetischen organischen Pigmenten zählen und in Künstlerfarben des frühen 20. Jahrhunderts prinzipiell mit diesen Farbmitteln gerechnet werden muss.

Exkurs: ß-Naphthol-Pigmente (Abb. 18)

Neben den gelbstichig orangen bis blaustichig roten ß-Naphthol-Pigmenten gehören auch die roten verlackten ß-Naphthol-Pigmente sowie die verlackten BONS-Pigmente zu den ersten synthetischen Pigmenten überhaupt, die Ende des 19. bzw. Anfang des 20. Jahrhunderts entdeckt wurden und als Azopigmente bzw. verlackte Azopigmente klassifiziert werden. Die ß-Naphthol-Pigmente stehen dabei exemplarisch für die historische Entwicklung der organischen Pigmente: Zunächst als Entwicklungsfarbstoffe auf der textilen Faser angewandt, folgte bald deren Herstellung in Gegenwart eines anorganischen Trägermaterials bei der Farblackfabrikation, bis man dann erkannte, dass die Substrate keinen Einfluss auf die Echtheiten der Farbmittel haben, und reine Verbindungen produzierte.[83] Als das älteste synthetische organische Pigment überhaupt kann *Pararot*, PR1 (12070) bezeichnet werden. Auf der Grundlage des Prinzips der Herstellung von ß-Naphthol-Entwicklungsfarbstoffen (1880) für die so genannte Eisfärberei, konnte 1885 erstmals das Pigment Pararot (PR1) unter der Verwendung von 4-Nitroanilin als Diazokomponente durch Kupplung von ß-Naphthol synthetisiert werden.[84] Das wenig lichtechte und heute kaum mehr den Anforderungen entsprechende Pigment kam 1889 in den Handel (Meister, Lucius & Brüning, später Hoechst), ist aber heute nur noch für billige Druckfarben von Bedeutung. Zu den heute noch viel produzierten ß-Naphthol-Pigmenten gehört das 1905 patentierte *Toluidinrot,* PR3 (12120). Die Echtheit des Pigments ist nur im Vollton akzeptabel und sinkt in Weißausmischungen schnell ab; das Pigment ist gegen aromatische Lösungsmittel nicht stabil. Trotzdem findet PR3 bis heute auch in Künstlerfarben Verwendung, allerdings nicht in den Sorten der höchsten Qualitätsstufe. Im Winsor & Newton International Catalogue (2004) findet sich PR3 beispielsweise in „Designers Gouache“ anteilig in den Farbtönen Nr.

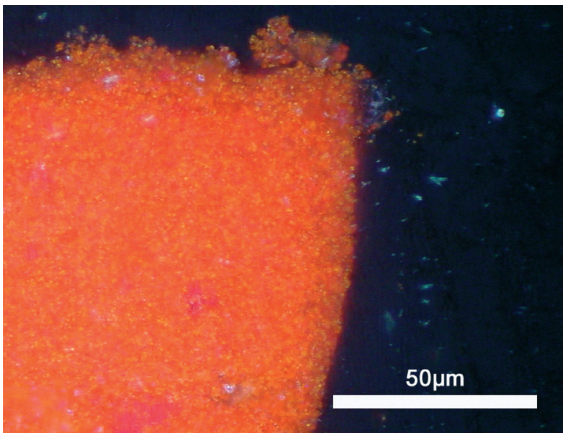


Abb. 16 Lichtmikroskopische Aufnahme des Querschliffs der roten Malschichtprobe (R05; Gemälde 2)

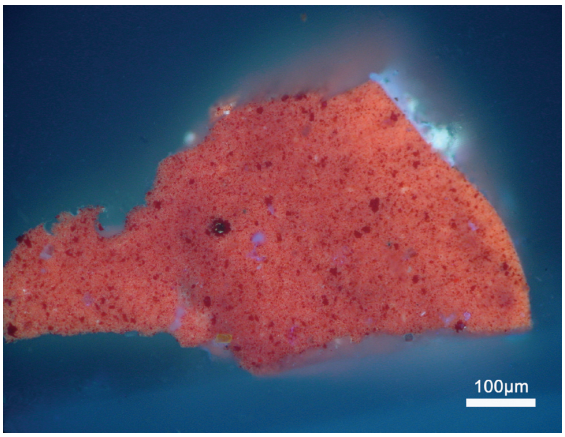
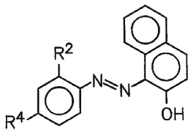


Abb. 17 UV-Fluoreszenz-Aufnahme des Querschliffs der roten Malschichtprobe (R05; Gemälde 2)

249 „Flame Red“ (PR3, PR4) und Nr. 297 „Grenadine“ (PR4, PR3).

In die Gruppe der ß-Naphthol-Pigmente gehören auch noch das 1906 entdeckte etwas hellere und gelbere *chlorierte Pararot, PR4* (12085) und aus 1907 *Parachlorrot, PR6* (12090), ein Stellungsisomer von PR4. Parachlorrot wurde auf dem Markt als Hansarot GG (aber: Hansarot B = PR3!) eingeführt. Während Pigment Red 4 heute immer noch in speziellen Gebieten Verwendung findet, ist die Marktbedeutung von Pigment Red 6 stark abnehmend.[85] Orangefarbige ß-Naphtholpigmente sind das schon 1895 entdeckte *Ortho-Nitranilinorange, PO2* (12060), ein Stellungsisomer des PR1 und *Dinitroanilinorange, PO5* (12075). Verlackte ß-Naphthol-Pigmente, einige auch schon sehr lange am Markt (z.B. *Litholrot PR49*/15630, 1899 patentiert und *Lackrot C PR53*/15585, 1902 entdeckt), sind durch ihren Salzcharakter zwar im Vergleich zu den ß-Naphthol-Pigmenten migrations- und lösungsmittelbeständiger, allerdings meist weniger lichtecht.[86]

Der oben diskutierte Befund der Beimengung eines ß-Naphthol-Pigments zu einer zinnoberroten bzw. sogar zinnoberhaltigen Farbe ist nicht nur unter dem Aspekt der Verwendung synthetischer organischer Pigmente in Künstlerfarben interessant, sondern steht gleichzeitig in der Tradition der so genannten *Zinnoberersatz-Pigmente*. Auf diese wird im folgenden Abschnitt näher eingegangen.



C.I. Name	Formel Nr.	R^2	R^4	Trivialnamen
PO 2	12060	NO_2	H	Orthonitranilinorange
PO 5	12075	NO_2	NO_2	Dinitranilinorange
PR 1	12070	H	NO_2	Pararot/Paratoner
PR 3	12120	NO_2	CH_3	Toluidinrot
PR 4	12085	Cl	NO_2	chloriertes Pararot
PR 6	12090	NO_2	Cl	Parachlorrot

Abb. 18 ß-Naphthol-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995): S. 285]

Zinnoberersatz-Pigmente

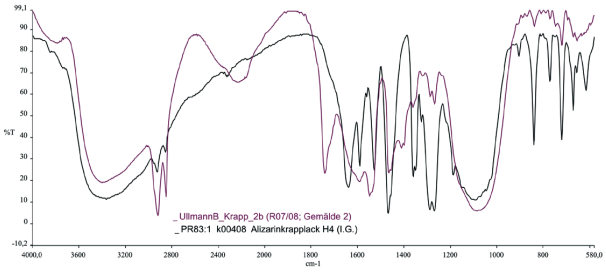
Obwohl von den ß-Naphthol-Pigmenten zwar vor allem PR3 als Ersatz für Zinnober prädestiniert war, ist das Pigment bei weitem nicht das einzige Substitut für das traditionelle Rotpigment. Generell kamen die *Zinnoberersatz-Pigmente* sowohl aus Kostengründen als auch aufgrund der schlechten Beständigkeit von echtem Quecksilbersulfid-Pigment zum Einsatz. Schon aus dem ausgehenden 19. Jahrhundert sind Untersuchungen zur Zusammensetzung solcher Substitute bekannt. Bottler identifiziert bereits 1898 bei der Analyse von verschiedenen „künstlichen“ Rottönen den Zinnoberersatz als Mennige. Die feurige Färbung war in einem Fall mit *Rose bengale*[87] (Xanthenfarbstoff; Schultz (1931): Nr. 597; C.I. Acid Red 94/45440 oder CI. Acid Red 93/45435) und im anderen Fall mit einer Mischung von *Rose bengale* und *Cochenillescharlach 2R* (Monoazofarbstoff; C.I. Acid Red o. Nr. /14810; z.B. *Helio Red BL* (IG) ein Calciumsalz, das für Pigmente verwendet wird) erzielt worden. In einem Farbton (Carminette) konnte Mennige, die mit Eosin gelblich gefärbt wurde, nachgewiesen werden.[88] Die durch Schönung von Mennige mit oft nur wenig lichtbeständigen Farbstoffen hergestellten Zinnoberersatzpigmente waren in ihrer Farbigkeit nur wenig beständig. Zinnobersubstitute, die man ausschließlich aus Farblacken oder synthetischen organischen Pigmenten herstellte, wurden in englischen Quellen auch als “Vermilionettes“ bezeichnet.[89] Generell sind unter dem Begriff Zinnoberersatz verschiedene Materialien gehandelt worden, die teilweise Vermischungen bzw. Verschnitte mit Bleimennige oder mit Bariumsulfat sind, manchmal aber auch aufgefärbte reine Mennige. Schönungen mit unterschiedlichen synthetischen organischen Pigmenten, Farblacken oder auch Substitute, die bei Lichteinwirkung ihre Farbe komplett verlieren, sind bekannt.[90]

Auch die Verwendung von Toluidinrot PR3 als Zinnoberersatzpigment war durchaus üblich. Schon Wagner schreibt 1924[91] von *Helioechtrot RL* (PR3), dem „…bekannte(n), sehr gut licht-, aber nicht ganz ölechte(n) Farbstoff im Zinnoberton" und De Keijzer erwähnt PR3 als Zinnoberersatz.[92] Gettens konnte 1954 bei der Untersuchung von angeblich früher chinesischer Keramik Zinnoberimitate nachweisen und identifizierte in einem Fall das erwähnte Toluidinrot PR3 und in einem anderen Fall eine Mischung aus Eosin (C.I. Acid Red 87/45380) und 1-(o-chloro-p-nitrophenylazo)-2-naphthol auf Bariumsulfat.[93] Als Zinnoberersatz-Pigmente der institutseigenen Materialsammlung konnten bariumverlacktes PR49 (ß-Naphthol, Ba; „Litholrot"; Inv.1082) und PR53 (ß-Naphthol, „Lackrot C"; Inv.1083) identifiziert werden. Beide Pigmentproben sind außerdem mit Bariumsulfat verschnitten. Heute wird Zinnoberrotton in hochwertigen Künstlerfarben beispielsweise mit Diketo-pyrrolo-pyrrol (DPP)-Pigmenten nachgestellt, allerdings sind diese hochbeständigen heterocyclischen Pigmente erst seit den frühen 1980er Jahren auf dem Markt.[94]

Orange und dunkelrote krappfarbige Farbbereiche [R06, R07 und R08]

Nach der ausführlichen Diskussion der Untersuchungsergebnisse für die rote Malschichtprobe (R05) ist noch zu ergänzen, dass auch in den Bereichen Orange (R06) und Krapp (R07 und R08) des Gemäldes *„Gesichter in Kreisfiguration"* anteilig synthetische organische Pigmente vermutet wurden. Allerdings konnten diese nur teilweise nachgewiesen werden. Bei den orangefarbigen Farbtönen handelt es sich um gelb-rote Ausmischungen, die schon bei der makroskopischen Untersuchung der Malschichtoberfläche als solche beurteilt werden konnten. Durch die RFA-Messungen wurden in dem betreffenden Bereich vor allem Quecksilber, Chrom sowie Barium nachgewiesen; das FTIR-Spektrum zeigte Teilübereinstimmungen mit einer Chromgelbreferenz und Bariumsulfat, während der Zinnoberanteil im Streupräparat verifiziert werden konnte. Die Anteile des in R05 gefundenen Monoazorotpigments konnten hier nicht nachgewiesen werden, sind aber wahrscheinlich als Bestandteil der roten Farbe auch für den rot-gelb ausgemischten Bereich anzunehmen. Die Untersuchungen

Abb. 19 Spektrum der dunkelroten krappfarbigen Malschicht (RFA-Messpunkte R07/08; Gemälde 2) mit einem Referenzspektrum von Alizarinkrapplack, PR 83:1 (institutseigene Materialsammlung, Inv. 408)



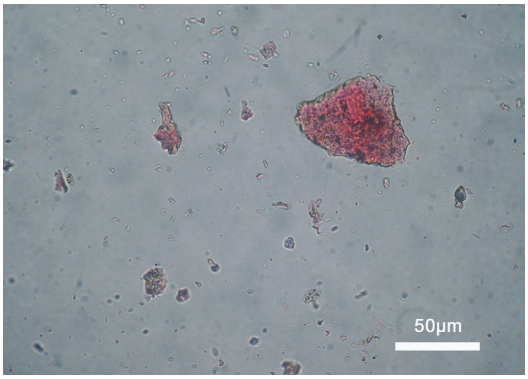


Abb. 20 Durchlichtpräparat der dunkelroten krappfarbigen Malschichtprobe (R07 und R08, Gemälde 2), linear polarisiertes Durchlicht (Pol θ)

der dunkelroten krappfarbigen Malschicht (R07 und R08) brachten ebenfalls keine ganz eindeutigen Resultate; auch diese Bereiche sind sehr stark ausgemischt. Im FTIR-Spektrum der Probe ist der Krapplackanteil aber evident (Abb. 19). Auch im Durchlichtpräparat konnten rote Farblackpartikel verifiziert werden (Abb. 20).
Insgesamt fällt damit die Anzahl der am Gemälde 2 *„Gesichter in Kreisfigoration"* festgestellten synthetischen organischen Pigmente relativ gering aus. Offenbar liegen diese hier nur in den roten Farbtönen vor und sind zum Teil als Beimischung des zinnoberhaltigen Rotpigments nachweisbar. Die Verwendung von Alizarinkrapplack entspricht dem Entstehungszeitraum und konnte bereits am Gemälde „Komposition mit zwei Akten" verifiziert werden.

Schlussbetrachtung

Die Ergebnisse der Pigmentuntersuchungen an zwei Gemälden aus den 1920er Jahre entsprechen weitgehend dem Bild, das sich in den materialtechnologischen Quellen dieser Zeit hinsichtlich der Verwendung synthetischer organischer Farbmittel in Künstlerfarben abzeichnet. Während für die Farbenherstellung einerseits bereits wachsende Paletten von synthetischen organischen Farbmitteln zur Verfügung standen, die sich durch verbesserte anwendungstechnische Eigenschaften zunehmend von den früheren „unbeständigen" Produkten der Farbstoffindustrie emanzipieren konnten, blieb andererseits die Skepsis der Verbraucher groß. Diese Situation spiegelte sich auch im Künstlerfarbenhandel wider, der dem Aufklärungsbedarf nachzukommen versuchte. So wurde zumindest von den bekannteren Herstellern begonnen, Informationen über die Farbenqualitäten zu veröffentlichen. Im Spannungsfeld zwischen den damals verfügbaren Farbensortimenten und der Wahlmöglichkeiten der Künstler innerhalb dieser, darf bei Pigmentuntersuchungen an Gemälden der 1920er Jahre demnach keineswegs mit uniformen Resultaten gerechnet werden. In diesem Sinne lassen sich die

Untersuchungsergebnisse der vorliegenden Studie weder qualitativ noch quantitativ verallgemeinern, können aber dennoch wichtige Aspekte hinsichtlich der differenzierten Beurteilung von Künstlerfarben des frühen 20. Jahrhunderts beitragen.

An den exemplarisch untersuchten Kunstwerken konnten mit Hilfe der Methodenkombination von RFA, FTIR-Spektroskopie und lichtmikroskopischen Untersuchungsverfahren unterschiedliche, synthetische organische Pigmente bzw. Farblacke nachgewiesen und zum Teil auch identifiziert werden. Am Gemälde *„Komposition mit zwei Akten"* (Gemälde 1) in Gouachetechnik wurde ein Monoazogelb (ähnlich PY1) und Alizarinkrapplack (PR83) nachgewiesen. Daneben wurden ein nicht näher identifizierbarer roter und ein rot/blau-violetter Farblack bestimmt. Im hellgrünen Farbbereich konnte eine Mischung aus Gelb und Blau nachgewiesen und der gelbe Anteil als Monoazogelb (ähnlich PY1) identifiziert werden. Im Gemälde *„Gesichter in Kreisfiguration"* (Gemälde 2) in Öltechnik wurde ein rotes Monoazopigment der ß-Naphthol-Klasse als vermutlich industriell beigemischte Komponente von Zinnoberrot sowie Alizarinkrapplack festgestellt. Damit waren die Resultate der Pigmentuntersuchungen am zweiten Gemälde im Vergleich zu den Ergebnissen an der Gouachemalerei zwar hinsichtlich anteiliger, synthetischer organischer Farbmittel unauffälliger, allerdings kam durch den Befund der Beimischung eines synthetischen organischen Rotpigments zu Zinnober noch der interessante Aspekt der „Verfälschung" anorganischer Farbmittel ins Spiel.

Obwohl die Auswertung der Untersuchungsergebnisse gezeigt hat, dass der Identifizierung synthetischer organischer Farbmittel in komplexen Mischungen mit den eingesetzten analytischen Verfahren Grenzen gesetzt sind, konnte durch den komplementären Einsatz von FTIR-Spektroskopie, Polarisationsmikroskopie und RFA deren Potential hinsichtlich des Untersuchungsschwerpunktes deutlich verbessert werden. Hervorzuheben ist, dass die Möglichkeiten der FTIR-Spektroskopie erst durch eine umfangreiche IR-Referenzspektrendatenbank synthetischer organischer Farbmittel ausgeschöpft werden konnten. Eine besondere Herausforderung stellen die verwendeten Farblacke dar, die zwar durch Polarisationsmikroskopie charakterisiert, aber nicht näher identifiziert werden konnten. Hier sind weiterführende Untersuchungen unter Anwendung zusätzlicher Trennmethoden und analytischer Verfahren erforderlich, die eine molekulare Charakterisierung der Farbmittel erlauben. Durch die außerordentliche Bandbreite der Farbstoffe in Lacken bzw. Mischlacken des frühen 20. Jahrhunderts sind solche Untersuchungen vor allem in Kombination mit weiterreichenden Studien zur Farblackfabrikation des frühen 20. Jahrhunderts ein anspruchsvolles Forschungsgebiet.

Farbton	Wasserfarben	Ölfarben
Gelb	Hansagelb 5G, G, R, (M. L & B) [C.I. Monoazogelbpigmente, 5G = PY 5, 11660; G = PY 1, 11680; R = PY 10, 12710] Heliochromgelb GL (By) [Monoazopyrazolon-Pigment, C.I. 12720; Schultz (1931) Nr. 733] Helioechtgelb 6GL [CI PY 23, 60520], GL, RL (By) Litholechtgelb GG extra, R (BASF) [Monoazogelb-pigment, Schultz (1931) Nr. 25N, C.I. 14800] Siriusgelb G (BASF) [Anthrachinonküpenfarbstoff Schultz (1931) Nr. 1289, C.I. 59000]	Hansagelb G, R (M. L&B) Heliochromgelb GL Helioechtgelb 6GL, GL, RL (By)
Orange	Litholechtorange R (BASF) [Monoazo-ß-Naphtholpigment C.I. PO 5, 12075]	Litholechtorange R (BASF)
Rot	Alizarinlack aus V1 extra (By) Helidonrot 3B (M. L&B) [Anthrachinonküpen-farbstoff, Schultz (1931) Nr. 1354] Algolrot 5G (By) [Anthrachinonküpenfarbstoff, Schultz (1931) Nr. 1218, C.I. Vat Dye] Helioechtrosa RL [Anthrachinonfarbstoff, für Farblacke, ? C.I. PR 89, 60745] Helioechtrot 2 GL (By) Litholechtscharlach RN (BASF) [C.I. PR 3, 12120] Permanentrot 2G extra (Agfa) [θ Monolite Red 2G, Schultz (1931) Nr. 72; C.I. PO 5, 12075]	Alizarin 1B extra-Lack (By) [Alizarin = Anthrachinonbeizenfarbstoff; Schultz (1931) Nr. 1141; C.I. Mordant Red 11, 58000] Alizarin V1 extra-Lack (BASF) Helioechtrosa RL (By) Helioechtrot 3GL, RL (By) [RL = C.I. PR 3, 12120] Permanentrot 2G extra (Agfa) Algolrot 5G (By)
Violett	Brilliantalizarinbordeaux R (By) [Schultz (1931) Nr. 1162, C.I. Mordant Red 45, 58230] Alizarin-Eisenlack aus V2 bläulich (BASF) Indanthrenviolett RR extra (BASF) [Anthrachinon-küpenfarbstoff, Schultz (1931) Nr. 1265; C.I. Vat Violet 1, 60010]	Alizarinbordeaux B (By) [Schultz (1931) Nr. 1141] Alizarin-Eisenlack aus V2 bläulich (BASF) Indanthrenviolett RR extra (BASF)) [Anthrachinonküpenfarbstoff]
Blau		Algolblau 3R (By) [Anthrachinonküpenfarbstoff, Schultz (1931) Nr. 1222, C.I. Vat Violet 15, 63355] Indanthrenblau GGSZ und RL (BASF) [Anthrachinon-küpenfarbstoff, C.I. Vat Dyes]
(By) = Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co. Leverkusen; (Agfa)= Actien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation; (BASF) = Badische Anilin- und Soda- Fabrik, Ludwigshafen; (M. L&B) = Farbwerke vorm. Meister Lucius & Brüning, Höchst		

Tab. A Vorschlag geeigneter "Teerfarbstofflacke" für die Verwendung in Künstlerfarben aus dem Jahr 1915 [Krais (1915): S. 121]; gegebenenfalls ergänzt durch recherchierte Angaben und Nummern aus den Farbstofftabellen (Schultz, 1931, 7. Auflage) und/oder Colour-Index-Nummern (1956, 2. Auflage)

Farbton	Farbenfabriken, vorm. Friedr. Bayer & Co. Leverkusen	BASF Badische Anilin- und Soda- Fabrik, Ludwigshafen	Farbwerke, vorm. Meister Lucius & Brüning, Höchst
Gelb	**Helioechtgelb 6GL** [C.I. PY 23, 60520] **Helioechtgelb H 10 GT, H 5 G** [Monoazogelb-pigmente, ähnlich PY 1] **Heliochromgelb GL** [Monoazopyrazolon-Pigment, C.I. 12720; Schultz (1931) Nr. 733]	**Litholechtgelb GN, GR, 5G, 10GL, 10G** [Monoazogelbpigmente, vgl. PY 1] **Indanthrengelb GL dopp., RL dopp.** [Anthrachinonküpenfarbstoffe, GL dopp.= C.I. Vat Yellow 1, 70600]	**Hansagelb 10G, 3G, G, GR** [C.I. Monoazogelb-pigmente, 10G = PY 3, 3G = PY 6, G = PY 1, GR = PY 2]
Orange		**Litholechtorange RN** [Monoazoorange-pigment, C.I. PO 6, 12730]	**Hansaorange R** [C.I. PO 6, 12730]
Rot	**Algolrot 5 G** [Anthrachinonküpenfarbstoff, Schultz (1931) Nr. 1218, C.I. Vat Red 42, 61650] **Helioechtrosa RL** [Anthrachinonfarbstoff, für Farblacke, ? C.I. PR 89, 60745] **Alizarinrot 1B extra, 3B extra** **Brilliantalizarinbordeaux R** [C.I. Mordant Red 45, 58230] **Alizarinbordeaux B** [C.I. Mordant Violet 26, 58500]	**Litholechtscharlach GN u. RN** [C.I. PR 3, 12120] **Palatinchromrot BL** [verlacktes Naphthalinsulfonsäure-Pigment, Schultz (1931) Nr. 253, C.I. PR 60 bzw. Mordant Red 9; 16105:1 = Ba-Salz] **Alizarin V 1 und V 2a** [siehe Tab. A]	**Hansarot GG, B** [ß-Naphthol-Monoazopigmente; GG = C.I. PR 6, 12090; B = C.I. PR 3, 12120] **Alizarin I B extra** [Anthrachinonbeizenfarbstoff; Schultz (1931) Nr. 1141; C.I. Mordant Red 11, 58000 bzw. PR 83:1, 58000:1]
Violett	**Algolbrilliantviolett R 29 300** [Anthrachinonküpenfarbstoff, Schultz (1931) Nr. 1223 ; C.I. Vat Violet 17, 63365]	**Indanthrenbrilliantviolett RRP** [Anthrachinonküpenfarbstoff, Schultz (1931) Nr. 1265, C.I. Vat Violet 1, 60010]	
Blau	**Heliomarin RL** [Schultz (1931) Nr. 1187; =C.I. Acid Blue 43, 63000; Mischung von Alizarinsaphirol (= Helioechtblau) mit Methylenblau, Lacke auf Tonerde] **Helioechtblau BL conc. als Barium-Tonerdelack** [C.I. Acid Dye, 63005; = Alizarindirektblau]	**Anthrazenblau WRL extra** [C.I. Mordant Blue 32, 58605] **Anthrazenblau SWX extra N.** [C.I. Mordant Blue 32, 58605, für SWX extra] **Indanthrenblau GGSL dopp., GGSNL dopp.** [Anthrachinonküpenfarbstoffe, C.I. Vat Blue 4, 69800]	**Alizarindirektblau SE** [Anthrachinonfarbstoff; C.I. Acid Blue 68, 63330] **Indanthrenbrilliantblau R** [Anthrachinonküpenfarbstoff, C.I. Vat Blue] **Indanthrenblau GGSNL** [C.I. Vat Blue 4, 69800]
Grün		**Pigmentgrün B** [C.I. PG 8, 10006] **Grün PLX** [C.I. Acid Green 1, PG 12, beide 10020] **Indanthrenolive GL dopp.** [Anthrachinonküpenfarbstoff, C.I. Vat Green]	**Naphtolgrün B** [Nitrosofarbstoff, C.I. Acid Green 1, 10020] **Alizarindirektgrün G** [Säurefarbstoff der Anthrachinonreihe, Schultz (1931) Nr. 1202, C.I. 61575]
Schwarz		**Indanthrengrau BL dopp.** [C.I. Vat Black 16 für 3B, Vat Black 29 für BG]	

Tab. B Von Fabrikanten im Jahr 1924 vorgeschlagene synthetische organische Farbmittel für die Verwendung in Künstlerfarben, wenn die Lichtechtheit des Alizarinkrapplacks als Norm zugrunde gelegt würde [Trillich (1925): S. 38]; gegebenenfalls ergänzt durch recherchierte Angaben und Nummern aus den Farbstofftabellen (Schultz, 1931, 7. Auflage) und/oder Colour-Index-Nummern (1956, 2. Auflage)

Zusammenfassung

Obwohl synthetische organische Pigmente in Künstlerfarben des frühen 20. Jahrhunderts bereits Verwendung finden, sind nur wenige Nachweise an Kunstwerken aus dieser Zeit bekannt und publiziert. Im Rahmen einer Dissertation konnten zwei Gemälde (1923 und 1925) des Wiener Kinetismus von My/Marianne Ullmann (1904-1994) aus dem Besitz des Wien Museums materialanalytisch untersucht werden, um die Verwendung dieser Farbmittel in Künstlerfarben des frühen 20. Jahrhunderts zu überprüfen. Mit Hilfe der Kombination von Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA), Infrarotspektroskopie (FTIR-Mikroskopie) und ergänzender Querschliff- und Streupräparateauswertung mit Licht- bzw. Polarisationsmikroskopie war es möglich, an beiden Kunstwerken synthetische organische Pigmente nachzuweisen und teilweise zu identifizieren. Der Beitrag diskutiert die Untersuchungsergebnisse und fasst die Verwendung synthetischer organischer Farbmittel in Künstlerfarben der 1920er Jahre zusammen, wobei auf gelbe Monoazopigmente ("Hansagelb", z.B. PY1, PY3) und im Zusammenhang mit Zinnoberersatz auf rote ß-Naphthol-Pigmente (z.B. Toluidinrot, PR3) näher eingegangen wird.

Abstract

Although several synthetic organic pigments have been used in early 20th century artists` paints, there are only few evidences on works of art published. As part of a PhD project paint material investigations were carried out on two paintings (1923 and 1925) of the period of Viennese Kineticism by My/Marianne Ullmann (1904-1994) by courtesy of Wien Museum, Vienna. Based on the combination of energy dispersive x-ray fluorescence analysis (XRF) and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) as well as optical microscopy (PLM), red and yellow synthetic organic pigments of the early 20th century could be detected and identified for both paintings. The paper provides a historical perspective on the usage of synthetic organic pigments in artists´ paints in the 1920ies and addresses the issues of the yellow mono azo pigments (Hansagelb, e.g. PY1, PY3) and the red ß-naphthol pigments (e.g. Toluidinred, PR3) relating to "vermilionettes".

Abbildungsnachweis

Abbildungen 1-6; 8-17; 19-20: Anke Schäning
Tabellen 1-2, A-B: Anke Schäning
Abb. 7: nach Herbst, W., Hunger, K., 1995: S. 226
Abb. 18: nach Herbst, W., Hunger, K., 1995: S. 282

Danksagung

Die Gemälde für die Untersuchungen wurden vom Wien Museum zur Verfügung gestellt. Für die freundliche Kooperation sei an dieser Stelle Mag. Elisabeth Woelfl-Graff und Mag. Christiane Rainer gedankt.
Besonderer Dank geht an Dr. Tom Learner (Tate Modern, London) für die freundliche Unterstützung durch Bereitstellung von FTIR-Referenzspektren synthetischer organischer Pigmente.
Prof. Dr. Christoph Herm wird für die Diskussion des Manuskripts gedankt.

Anmerkungen

1 De Keijzer (1988, 1998, 1999, 2002); Strauß (1984), Frowein (2004)
2 Venkataraman (1977); Peters, Freeman (1995)
3 De Keijzer (1990); Kalsbeek (2005)
4 UV-Vis: Billmeyer et al (1981); Raman: Guineau (1989); IR/ FTIR: Derrick et al (1999); McClure (1968)
5 Milovanović (1982); Strauß (1984); Halpine (1996), Bommel et al (2005)
6 Bennett et al (1990); Learner (2004)
7 Sonoda (1999)
8 Vgl. Wyplosz (2003), Boon et al (2002)
9 Vgl. Wagner (1928): S. 313 ff.: Der Anteil des verlackten Farbstoffes beträgt gängigerweise nur wenige Prozent im Verhältnis zu den Substraten; dazu kommen noch Füllstoffe.
10 Schäning (2007)
11 Schlegel (1998)
12 Pigmente werden als im Anwendungsmedium unlösliche Farbmittel definiert im Gegensatz zu Farbstoffen, die in molekular gelöster Form im Applikationsmedium vorliegen. Die Unlöslichkeit kann bei einem Farbstoff durch Verlacken erzielt werden. Echte Farblacke sind u. a. unlösliche Erdalkali- oder Mangansalze, die nicht zwangsläufig ein Substrat aufweisen müssen. Wird ein Farbstoff vom anorganischen Substrat nur adsorptiv gebunden, kann bei dem Produkt mit keiner großen Echtheit gerechnet werden. Bei der Herstellung von Farblacken aus basischen Farbstoffen auf anorganischen Adsorbenten beträgt die Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe unter normalen Bedingungen nicht mehr als 5% (!). Vgl. Wagner (1928): S. 323
13 Farbstofftabellen von G. Schultz (erschienen seit 1888 in 7 Auflagen, 7. Aufl. 1931-39); Colour-Index (1. Aufl. 1925, 2. Aufl. 1956, 3. Aufl. 1971-97, 4. Aufl. (2003 als Online-Publikation, wird ständig aktualisiert)
14 Venkataraman (1971); Lewis (1988); Herbst, Hunger (1995); Kittel (2003): S. 244-276
15 Die Auswertung ausgewählter Tubenfarbenangebote von Winsor & Newton (The International Catalogue, 2004), zeigt folgendes Ergebnis: In der Produktgruppe "Artists` oil colour" (beste Künstler-Qualität) sind bei 120 aufgelisteten Tubenfarben in 46 Farbtönen (etwa 38%) synthetische organische Pigmente, teilweise in Mischung mit anorganischen Pigmenten, enthalten. Die „Winton Oil Colour" Tubenfarben (Studien-Qualität) weisen bei 56 Farbtönen 23 synthetische organische Pigmente auf (etwa 41%); „Designers Gouache" in 56 von 90 Farbtönen (etwa 62%) und "Artists` Water Colour" in 37 von 91 Farben (etwa 41%). Ein ähnliches Ergebnis resultiert aus der Auswertung des Schmincke-Listen von 2005: In den Künstler-Harz-Ölfarben „Mussini" sind in 42 von 92 Farben synthetische organische Pigmente enthalten (etwa 46%); bei „HKS Designers Gouache" sogar in 48 von 60 Farben (80%). Vgl. auch: Frowein (2004)
16 Als Teerfarben wurden ursprünglich die synthetischen organischen Farbmittel bezeichnet; die Destillation von Steinkohlenteer als Abfallprodukt der Gasbeleuchtungsindustrie stellte als „Mutterindustrie" Chemikalien zur Verfügung, die als Ausgangsprodukte in der Farbenchemie eingesetzt wurden (erster synthetischer Farbstoff: Mauvein, 1856, W. Perkin).
17 Keim (1904): S. 26
18 Wagner (1924): S. 160
19 Colour-Index (siehe Anmerkung 13): International gültiges System zur Bezeichnung von Pigmenten und Farbstoffen. Die Colour-Index-Namen sind Buchstaben-Zahlen Kombinationen mit fünfstelliger Formel-Nummer. Für die synthetischen organischen Pigmente ist die Bezeichnung nach Colour-Index essentiell und wird wie ein „Name" zur Verständigung gehandhabt.
20 „Hansagelb" für gelbe Monoazoverbindungen verschiedener Konstitution (z. B. PY1, 1909 patentiert) dürfte davon noch die bekannteste sein. „Toluidinrot" war bzw. ist dagegen schon weniger geläufig. Diese Trivialbezeichnung ist für Pigment Red 3 (PR3; 1904 patentiert) teilweise noch üblich. Litholrot (PR49; 1899 patentiert) und Litholrubin (PR57; 1903 patentiert) sind weitere Beispiele.
21 Normalfarben-Skala der Deutschen Gesellschaft für rationelle Malverfahren (Adolf Wilhelm Keim-Gesellschaft): Bereits 1886 von A. Keim als eine Liste von unbedenklichen und „echten", aber vor allem auch reinen, unverschnittenen Malerpigmenten für Öl- und Wandmalerei zusammengestellt; in den folgenden Jahrzehnten mehrfach revidiert. Vgl. dazu: Eibner (1915)
22 Keim (1910), Eibner (1909)
23 Townsend et al (1995): S. 76
24 Der Begriff „Anilinfarben" fasst großzügig alle Farbstoffe zusammen, die aus Anilinbasen und deren Derivaten hergestellt sind; er wurde und wird aber oft synonym zu „Teerfarben" im Allgemeinen verwendet.
25 Townsend et al (1995): S. 76; Vgl. auch De Keijzer, Van den Berg (2003): Untersuchungen zu roten Farblacken bei Van Gogh (1853-1890)
26 Alizarinsynthese 1868 durch Graebe/ Liebermann; 1871 Beginn der großtechnischen Produktion (BASF)
27 Trillich (1925): S. 38
28 Höchtl (1994): S. 29; schriftliche Mitteilungen der Firma Talens vom 21. März 1994
29 De Keijzer (1999): S. 374
30 Doerner (1931): S. 150
31 Ebenda
32 Winsor & Newton Archivmaterial: Katalog 1914
33 siehe auch Eipper (1997): S. 1-21; zusammenfassende Auflistung vereinzelter Preislisteninhalte von Lukas, Schmincke & Co., Wagner und Schall-Farben im Zeitraum 1900-1970; einige Preislisten auch aus den 1920er Jahren
34 Technische Mitteilungen für Malerei, Leipzig, 15. Oktober 1900, XVII Jg., Nr. 8: „Warnung vor Anilinfarben", S. 1
35 Technische Mitteilungen für Malerei, Leipzig, 1. November 1900, XVII Jg., Nr. 9: „Ueber die Anilinfarben der Firma Dr. Fr. Schönfeld & Co. in Düsseldorf", S. 1-2
36 Vgl. Eipper (1997): S. 4 ff.
37 Krais (1911): S. 203
38 Schmincke & Co., Maltechnische Mitteilungen (1925)
39 Vgl. Notiz in: Technische Mitteilungen für Malerei, 28. Jg./ Nr. 12, 1911, S. 112: Eilidofarben
40 Eibner, Wolf (1922): S. 21 ff.
41 Ebenda
42 Krais (1915): S. 121
43 Trillich (1925): S. 38/39
44 Dr. Hans Wagner, Chemiker, gab 1928 in erster Auflage „Die Körperfarben"(Berlin, 1928) heraus. Die 2. Auflage folgte 1936. Das Fachbuch wird dann deutlich erweitert, aktualisiert und unter dem Titel „Pigmente. Herstellung, Eigenschaften, Verwendung" von Hans Kittel (Stuttgart 1960) neu herausgegeben und hat mit der 2. Auflage 2003 (neuer Titel „Pigmente, Füllstoffe und Farbmetrik", nun als 5. Band der übergeordneten Titels: Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen) nach wie vor einen festen Platz in der Fachliteratur.
45 Wagner (1924): S. 1456 ff.
46 Ebenda, S. 1549
47 Kinetismus – Wien entdeckt die Avantgarde, Ausstellung im Wien Museum, A-1040 Wien, 25. Mai- 1. Oktober 2006
48 Vgl. Franz Cižek, Ausstellungskatalog (1985); Platzer, Storch (2006); Laven (2006)
49 Rochowanski (Typoskript), o. J.

50 Learner (1998): S. 7-20
51 Janssens, Van Grienken (2004)
52 Desnica (2005); Desnica, Schreiner (2006)
53 Mäder, Schreiner (2005)
54 Schlegel (1998)
55 Die RFA-Untersuchungen wurden damals von Dr. M. Schreiner, Institut für Farbenlehre und Farbenchemie, Akademie der bildenden Künste Wien, durchgeführt.
56 Mäder, Schreiner (2005), interner Untersuchungsbericht Nr. 2005/12
57 Der Nachweis von Gummen wurde im Rahmen der Diplomarbeit Schlegel ausschließlich mit mikrochemischen Testverfahren durchgeführt. Vgl. Schlegel (1998)
58 Die RFA-Interpretation für „Orange", R06 und R07 und R13 konnte mit polarisationsmikroskopischer Auswertung von Durchlichtpräparaten verifiziert werden.
59 Vgl. auch Johnson, Learner (2005)
60 FTIR-Spektrenbibliothek der institutseigenen Materialsammlung sowie Referenzspektren der Tate (London)
61 Burr, Rowe (1928); Wagner (1924): S. 1456 ff.
62 Monoazogelbpigmente (insbesondere PY1) früheren Herstellungsdatums standen nicht zur Verfügung. Das IR-Spektrum des verwendeten PY1-Referenzmaterials aus dem Herstellungsjahr 1952 (ICI) stimmt mit dem Spektrum eines heute produzierten PY1/Tate Referenz völlig überein.
63 Vgl. Colour Index (1956), Vol. 3, S. 3022 ff.: C.I. 11690, Monoazogelbpigment ohne PY-Nummer; als Nebenkomponente in Mischungen bestimmter Pigmente derselben Klasse, wie z. B. in Hansa Yellow GE, PY6. Oder: C.I. 11735, ebenfalls als Nebenkomponente in Mischungen, wie z.B. in Hansa Yellow A (ähnlich PY1).
64 Alle Durchlichtpräparate wurden mit dem thermoplastischen Einschlussmittel Cargille Meltmount® 1.662 angefertigt.
65 Wagner (1923): S. 1549; Wagner (1939): S. 359
66 Herbst, Hunger (1995): S. 219
67 Ebenda
68 Herbst, Hunger (1995): S. 245 ff.
69 Schlegel (1998)
70 Vgl. Maltechnische Mitteilungen (1925): Säurealizarinblau für *Echtviolett*
71 Herbst, Hunger (1995): S. 511
72 Der Farbstoff-Gehalt der Krappwurzel beträgt nur ca. 1-4 % und besteht aus einer Gruppe von etwa 20 verschiedenen gelben, roten und braunroten Antrachinonfarbstoffen. Deren unterschiedliche Zusammensetzung bestimmt die verschiedenen Krappsorten und Qualitäten. Der rote Farbstoff Alizarin (arabisches/levantinisches Wort für Krapp: „Al Izari") bildet dabei den Hauptanteil der Farbstoffe. Vgl. Reckel (1990): S.74; Schweppe, Winter (1997): S. 109 ff.
73 Unabhängig davon arbeitete in England W. Perkin an einem Verfahren der Alizarinsynthese. Allerdings wurde H. Caro das Patent in Berlin am 25.6.1869 einen Tag früher erteilt, als W. Perkin in London, was auf die schleppende Arbeitsweise des britischen Patentamtes zurückzuführen war. Vgl. Garfield (2002): S. 86
74 Wagner (1939): S. 408
75 Herbst, Hunger (1995): S. 511 ff.
76 Täuber (1904): S. 191-192
77 Ebenda: Kommentar von A. W. Keim zum oben genannten Artikel.
78 Vgl. Anmerkung 27
79 Eigentlich vorrangig im Automobilbereich für Metallic-Lacke im Einsatz. Vgl. Herbst, Hunger (1996): S. 479
80 Die RFA-Interpretation für R03, R04 konnte mit polarisationsmikroskopischer Auswertung von Durchlichtpräparaten verifiziert werden; R09 und R10 durch Querschliffuntersuchung. R01 und R02. Weißpigmente/Grundierung wurden nicht weiter untersucht.
81 Suzuki et al (1997): S. 648
82 Wolf-Polyester-Eingießharz, Type GT, Fa. Wolf, Wien. Bei der Einbettung von Materialproben, die synthetische Komponenten enthalten, kann unter Umständen das eingesetzte Gießharz Bestandteile der Probe lösen oder andere Wechselwirkungen mit der zu untersuchenden Substanz eingehen. Diese Problematik wurde bei der untersuchten Malschichtprobe nicht festgestellt.
83 Herbst, Hunger (1995): S. 281
84 Herbst, Hunger (1995): S. 280
85 De Keijzer (1999): S. 369
86 Herbst, Hunger (1995): S. 326
87 Rose bengale: Schultz-Farbstofftabellen (1931, 7. Auflage) Nr. 595, 597 = Alkalisalze des Tetrajoddichlorfluoresceins
88 Bottler (1898): S. 12
89 Gettens, Feller, Chase (1993): S. 171
90 Ebenda
91 Wagner (1924): S. 1549
92 De Keijzer (1999): S. 370
93 Gettens, Feller, Chase (1993): S. 171
94 Vgl. Schmincke Katalog 2005, Mussini Künstler-Harz-Ölfarben: Nr. 364, Zinnoberrotton = PR255, Diketo-Pyrrolo-Pyrrol

Bibliographie

Bennett, J. A., Schweikert E. A. , Van Vaeck, L., Adams, F. C., „Analysis of multicomponent dye samples with laser microprobe mass spectrometry„. In: Journal of Trace and Microprobe Techniques, 1990, S. 279-292

Billmeyer, F. W., Kumar, R., Saltzman, M.: „Identification of Organic Colorants in Art Objects by Solution Spectrophotometry„. In: Journal of Chemical Education, Vol. 58, Nr. 4, 1981, S. 307-313

Boon, J. J., Keune, K., Learner, T., „Identification of pigments and media from a paint cross-section by direct mass spectrometry and high-resolution imaging mass spectrometric and microspectroscopic techniques". In: ICOM-CC Preprints 13th Triennial Meeting Rio de Janeiro, 22.-27.9. 2002, London, 2002, Vol.1, S. 223-230

Bommel, M. v., Geldof, M., Hendriks, E., „An investigation of organic red pigments used in paintings by Vincent van Gogh (November 1885 to February 1888)". In: ArtMatters: Netherlands technical studies in art, Ed. Waanders, Zwolle, Vol. 3, 2005, S. 111-137

Bottler, K., „Ueber künstliche Mineralfarben„. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 15. Jg./ Nr. 9, 1898, S. 12

Burr, A. H., Rowe, F. M., „The Constitution of Hansa Yellow 3G, 5G, and 10G (M.L.B.), and Permanent Yellow R and 4R (A.G.F.A.)". In: Journal of the Society of Dyers and Colourists, 44, 1928, S. 205-207

Colour Index, 2nd ed., Vol. 1-4, Society of Dyers and Colorists, Bradford, and American Association of Textile Chemists and Colorists, Research Triangle Park, NC, 1956; Supplement 1963

Colour Index, 3rd ed., Vol. 1-5, Society of Dyers and Colorists, Bradford, and American Association of Textile Chemists and Colorists, Research Triangle Park, NC, 1971; Vol. 5

De Keijzer, M., Van den Berg, K. J., „Onderzoek naar rode lakken". In: Materialtechnische informatie over beeldende Kunst en vormgeving, KM 47, Perceptie, 2003, S.14-17

De Keijzer, M., „The History of modern synthetic inorganic and organic artist `s pigments". In: Contributions to Conservation, Ed. Mosk, J.A.; N. H. Tennent, London, 2002, S.42-54

De Keijzer, M., „Microchemical analysis of synthetic organic artists` pigments discovered in the 20th century". In: ICOM-CC Preprints, 9th Triennial Meeting Dresden, 26.-31.8.1990, Grimstad, K. (ed.), Paris, 1990, Vol. 1, S. 220-225

De Keijzer, M., „A survey of red and yellow modern synthetic organic artists' pigments discovered in the 20th century and used in oil colours". In: ICOM-CC Preprints,12th Triennial Meeting Lyon, 29. 8. - 3. 9. 1999, London, 1999, Vol. 1, S. 369-374

De Keijzer, M., „The colourful twentieth Century". In: Modern Art: The restoration and techniques of modern paper and paints, Proceedings of a Conference, London, May 22nd, 1989, UIKC, Fairbrass, S.; Hermans, J. (ed.), 1989, S. 13-20

De Keijzer, M., „The blue, violet and green modern synthetic organic pigments of the twentieth century used as artist's pigments". In: Preprints of contributions to the Modern Organic Materials Meeting. Edinburgh, 14-15 April, 1988, SSCR, Edinburgh, S. 97-103

Derrick, M. R., Stulik, D., Infrared spectroscopy in conservation science (Scientific tools for conservation). Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1999

Desnica, V., Schreiner, M., „A LabVIEW-controlled portable x-ray fluorescence spectrometer for the analysis of art objects". In: X-Ray Spectrometry 35, 2006, S. 280-286

Desnica, V., Development, Construction and Application of a Portabel X-Ray Fluorescence Device for Analysis of Art Objects, Dissertation, TU Wien, 2005

Doerner, M., „Zur Abwehr!". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 47. Jg./ Nr. 13, 1931, S. 149-150

Eibner, A., „Die Normalfarben-Skala der Deutschen Gesellschaft für rationelle Malverfahren„. In: 3. Stück der Monographien zur Maltechnik, München, 1915

Eibner, A., Wolf, L., „Die Gegensätze zwischen Stoff-Normung und Ton-Normung in den Künstlerölharzfarben nach Ostwald der Firma Günther Wagner Hannover". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 38. Jg./ Nr. 2, 1922, S. 21 ff.

Eipper, P.-B., Vier Künstlerfarbenhersteller zwischen 1900 und 1970. Die Reinigung von Gemäldeoberflächen mit wässrigen Systemen, Bern, 1997

Franz Čižek (1865 –1946) – Pionier der Kunsterziehung. Ausstellungskatalog des Historischen Museums der Stadt Wien, Wien, 1985

Frowein, S., Synthetische organische Pigmente in zeitgenössischen Künstlerfarben: Angebot, neue Entwicklungen und Nachweismöglichkeiten. Diplomarbeit, TU München, 2004

Garfield, S., Lila. Wie eine Farbe die Welt veränderte, Berlin, 2002

Gettens, R. L., Feller, R. L., Chase, W. T., „Vermillion and Cinnabar". In: Artists' Pigments. A Handbook of Their History and Characteristics, Vol. 2, Ashok Roy (ed.), Washington, 1993, S. 159-182

Guineau, Bernard, „Non-Destructive Analysis of Organic Pigments and Dyes using Raman Microprobe, Microfluorometer or Absorption Microspectrophotometer„. In: Studies in Conservation, 34/1, 1989, S. 38-44

Halpine, S. M., „An improved dye and lake pigment analysis method for high-performance liquid chromatography and diode-array detector". In: Studies in Conservation, 41/2, 1996, S. 76-94

Herbst, W., Hunger, K., Industrielle Organische Pigmente. Herstellung, Eigenschaften, Anwendung, VCH Weinheim, 1995

Höchtl, S., Untersuchung, Konservierung und Restaurierung von Gouachebildern, Marianne (MY) Ullmann. Diplomarbeit, Akademie der bildenden Künste, Wien, 1994

Janssens, K., Van Grienken, R. (ed.), Non Destructive Microanalysis of Cultural Heritage Materials, Comprehensive Analytical Chemistry, Vol. XLII, Amsterdam et al, 2004

Johnson, J., Learner, T., „Separation of Acrylic Paint Components and their Identification with FTIR Spectroscopy". In: IRUG6 Conference, Proceedings, Florence, 2005, S. 58-65

Kalsbeek, N., „Identification of Synthetic Organic Pigments by Characteristic Colour Reactions". In: Studies in Conservation, 50/3, 2005, S. 205-229

Keim, A. W., „Zum Kapitel Farbenfälschung und Farbenschlendrian. (Fortsetzung)". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 21. Jg./ Nr. 3, 1904, S. 25-27

Keim, A. W., Ueber Mal-Technik. Ein Beitrag zur Beförderung rationeller Malverfahren, Leipzig, 1903

Kittel, H., Pigmente, Füllstoffe und Farbmetrik (Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen, 10 Bde.) Bd. 5, Stuttgart, neubearb. Aufl., 2003

Krais, P., „Zur Frage der Normalfragen". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 31. Jg./ Nr. 14, 1915, S. 121-123

Krais, P., „Lichtecht?". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 27. Jg./ Nr. 21, 1. Mai 1911, S. 185-160; Nr. 22, 15. Mai 1911, S. 190-192; Nr. 23, 1. Juni 1911, S. 203-204

Langley, A., Burnstock, A., „The analysis of layered paint samples from modern paintings using FTIR microscopy". In: ICOM-CC Preprints12th Triennial meeting Lyon, 29. 8. - 3.9.1999. London, 1999, Vol. 1, S. 234-241

Laven, R., Franz Čižek und die Wiener Jugendkunst. Schlebrügge (ed.), Schriften der Akademie der Bildenden Künste Wien (2), 2006

Learner, T., Analysis of Modern Paints, Getty Publications, Research in conservation series, Los Angeles, 2004

Learner, T., „The use of a diamond cell for the FTIR characterisation of paint and varnishes available to twentieth century artists". In: Brezel, B. (ed.), Postprints: IRUG^2 at the V&A, London, September 1995, Victoria and Albert Museum, London, 1998, S. 7-20

Lenoir, J., Organic Pigments. In: Venkataraman, K (ed.): The Chemistry of synthetic Dyes, Volume V, London, 1971, S. 314-474

Lewis, P. A., Pigment Handbook, Vol. 1, Properties and Economics, 2nd. Ed., Wiley Interscience, New York, 1988

Lomax, S. Q., „Phthalocyanine and quinacridone pigments: their history, properties and use". In: Reviews in Conservation, 6, IIC, London, 2005, S. 19-29

Mäder, M., Schreiner, M., Untersuchungsbericht Nr. 2005/12, Institut für Naturwissenschaften und Technologie in der Kunst, Akademie der bildenden Künste Wien, 2005

McClure, A., Thomson, J., Tannahill, J., „The Identification of Pigments". In: J. Oil Col. Chem. Assoc., 1968, 51, S. 580-635

Milovanović, G. A., Ristić-Šolajić, M., Janjić, T. J., „Separation and Identification of Synthetic Organic Pigments in Artists Paints by Thin-Layer Chromatography". In: Journal of Chromatography, 249, 1982, S.149-154

Peters, A. T., Freeman, H. S. (ed.), The analytical chemistry of synthetic colorants, Vol. 2, Advances in Color Chemistry Series, London et al, 1995

Platzer, M., Storch, U. (Hrsg.), Kinetismus. Wien entdeckt die Avantgarde. Ostfildern, 2006

Price, B., Prezel, B.: IRUG Edition 2000 spectral Database

Reckel, S., „Von ‚Teufelsfarbe', ‚Scharlachtüchern', ‚Waidjunkern' und ‚Schönfärbern'. Aufstieg und Fall der natürlichen Farben". In: Andersen, A.: Das blaue Wunder. Zur Geschichte der synthetischen Farben. Köln, 1990, S. 57-81

Rochowanski, L. W., Typoskript „Junge Kunst in Oesterreich" (undatiert), Wiener Stadt- und Landesbibliothek, Druckschriftensammlung, Nachlass L. W. Rochowanski

Schäning, A., Zur Verwendung und Rezeptionsgeschichte von synthetischen organischen Farbmitteln in Künstlerfarben Anfang des 20. Jahrhunderts: Identifizierung und Klassifizierung von synthetischen organischen Pigmenten aus einer Materialsammlung des 19./20. Jahrhunderts mit RFA und FTIR„ (Dissertations-Arbeitstitel, 2007), am Institut für Naturwissenschaften und Technologie in der Kunst, Akademie der bildenden Künste Wien, Betreuung: o. Univ.-Prof. DI Dr. M. Schreiner

Schlegel, E., Untersuchung und Oberflächenbehandlung einer durch Feuchtigkeitseinwirkung beschädigten Gouachemalerei mit Metallpulverfarben. Diplomarbeit, Akademie der bildenden Künste, Wien, 1998

Schmincke & Co., Maltechnische Mitteilungen, Lieferung Nr. 1 bis 10, neu bearbeitet, Ausgabe 1925

Schmincke & Co., GmbH & Co. KG, Fabrik feinster Künstlerfarben, Otto-Hahn-Straße 2, D-40699 Erkrath, Produktliste Mussini und HKS Designers Gouache, 2005

Schultz, G., Farbstofftabellen, 7. Auflage, Leipzig, 1931

Schweppe, H., Winter, J., „Madder and Alizarin". In: Artists' Pigments. A Handbook of Their History and Characteristics, Vol. 3, Elisabeth West FitzHugh (ed.), Washington, 1997, S. 109-142

Sonoda, N., „Characterization of organic azo-pigments by pyrolysis-gaschromatography". In: Studies in Conservation, 44/3, 1999, S.195-208

Strauß, I., „Übersicht über synthetisch organische Künstlerpigmente und Möglichkeiten ihrer Identifizierung". In: Maltechnik-Restauro, 90/4, 1984, S. 29-44

Suzuki, E. M., William, P., Marshall, B. S., „Infrared spectra of U. S. Automobile original topcoats (1974-1989): III. In Situ Identification of Some Organic Pigments Used in Yellow, Orange, Red and Brown Nonmetallic and Brown Metallic Finishes-Benzimidazolones". In: Journal of Forensic Sciences, 42/4, 1997, S. 619-648

Täuber, E., „Kann künstliches Alizarin den Krappfarbstoff in der Malerei ersetzen?". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 20. Jg./ Nr. 17, 1904, S. 191-192

Technische Mitteilungen für Malerei, Leipzig, München, Jahrgang 1884 ff.

Townsend, J. H., Carlyle, L., Khandekar, N., Woodcock, S., „Later nineteenth century pigments: evidence for additions and substitutions". In: The Conservator, 19, London, 1995, S. 65-78

Trillich, H., Das deutsche Farbenbuch - unter Berücksichtigung der bisherigen Vorarbeiten und Beschlüsse als Entwurf herausgegeben, Teil 1-3, München, 1925

Venkataraman, K. (ed.), The analytical chemistry of synthetic dyes, New York, NY (u.a.), 1977

Venkataraman, K (ed.), The Chemistry of synthetic Dyes, Volume V, London, 1971

Wagner, H., „Die Fabrikation der Künstlerfarben III". In: Die Farben-Zeitung, Berlin, 50 (?), 1924, 30. Jg., S. 1547-1549

Wagner, H., „Zur Ursprungsbezeichnung der Teerfarben". In: Technische Mitteillungen für Malerei, 40. Jg./ Nr. 14, 1924, S. 160

Wagner, H., Die Körperfarben, Stuttgart, 1. Auflage, 1928; 2. Auflage, 1939

Wehlte, K., Werkstoffe und Techniken der Malerei, Ravensburg, 1967

Winsor & Newton London, Whitefriars Avenue, HA3 5RH Harrow, Middlesex, Katalogbestände von 1900-1980

Townsend, J., Carlyle, L., „Later nineteenth century pigments: evidence for additions and substitutions". In: The Conservator, London, 19/1995, S. 65-78

Wyplosz, N., Laser desorption mass spectrometric studies of artist's organic pigments, Molart report, FOM Institute for Atomic and Molecular Physics, Amsterdam, 2003

8. Klassifikation synthetischer organischer Pigmente mit Methoden der multivariaten Datenanalyse

Die im Rahmen dieser Arbeit mit FTIR gemessene hohe Probenanzahl und die damit verbundene große Datenmenge legten eine Analyse und Auswertung der spektroskopischen Daten mit statistischen bzw. chemometrischen Methoden nahe. Der Einsatz von mathematisch-statistischen Verfahren dient in der analytischen Chemie im Wesentlichen der Optimierung von Messverfahren sowie dem maximalen Informationsgewinn aus der häufig vorliegenden Vielzahl chemisch-analytischer Daten; die Methoden werden auch unter dem Begriff *Chemometrie* zusammengefasst.[1]
Die Anwendung chemometrischer Methoden hat in den letzten Jahren auch für die Interpretation von analytischen Daten bei der Untersuchung von Kunstwerken an Bedeutung gewonnen. Relativ häufig wird die Hauptkomponentenanalyse (*Principal Component Analysis*/PCA) angewendet. Auch für die Auswertung von Spektren organischer Pigmente und Farbstoffe sind einige Arbeiten publiziert. Kahrim[2] veröffentlicht einen Beitrag zur Charakterisierung von Triarylmethan-Farbstoffen durch die PCA von unterschiedlichen spektroskopischen Daten; Cazenobe[3] konnte die PCA für die Auswertung von UV/VIS-Spektren verschiedener gelber Farbstoffe auf Wollfaser-Proben anwenden; Bacci[4] und Fabbri[5] werten FTIR-Reflexionsspektren von Malschichten mit PCA aus und Marengo[6] entwickelt auf der PCA von ATR-FTIR-Spektren basierende multivariate Kontrollcharts für Veränderungen an Malschichten. Ramos[7] publiziert Klassifikations-Möglichkeiten für anorganische Pigmente mit der Partial Least-Squares Diskriminanzanalyse (PLS-DA) von Raman- und RFA-Spektren.
In der vorliegenden Arbeit konnte die Eignung multivariater Klassifikationsmethoden für die FTIR-Spektren synthetischer organischer Pigmente überprüft werden; die Zielsetzung war dabei, unbekannte Pigment-Proben zu einer Pigmentklasse mit bekannten Proben zuordnen zu können bzw. die nicht direkt messbare Eigenschaft der Pigmentklassenzugehörigkeit mit Hilfe der multivariaten Datenanalyse ihrer FTIR-Spektren vorherzusagen. Geeignet war dafür insbesondere der Daten- bzw. Wellenzahlenbereich zwischen etwa 1500 und 700 cm^{-1} (Fingerprintbereich), der sich durch charakteristischen Bandenreichtum auszeichnet und innerhalb einer Pigmentklasse Ähnlichkeiten aufweist. Dieses sehr spezifische Absorptionsmuster wird üblicherweise für die Identifizierung synthetischer organischer Pigmente durch Spektrenvergleich[8] herangezogen; dabei wird das FTIR-Spektrum der unbekannten Probe mit den Referenzspektren in der Datenbank verglichen, deren Einträge die Vielzahl synthetischer organischer Pigmente möglichst vollständig abdecken sollten. Kann keine entsprechende Referenz gefunden werden, ist selbst die Zuordnung einer Probe in eine Pigmentklasse nur durch Erfahrung und visuellen Abgleich charakteristischer Absorptionsbanden der Spektren möglich, was allerdings durch die Vielfalt und Vielzahl der Pigmente sehr zeitaufwändig ist. Um solchen Aufgabenstellungen zu begegnen, können auch Klassifikationsverfahren der multivariaten Datenanalyse eingesetzt werden. Diese Verfahren bieten die Möglichkeit, wesentliche Informationen aus der Vielzahl der Daten herauszuarbeiten und diese effizient auszuwerten.

8.1. Multivariate Klassifikationsmethoden

Multivariate Klassifikationsmethoden gehören zu den ‚überwachten Methoden' der Mustererkennung (Supervised Pattern Recognition); prinzipiell sind dafür verschiedene Verfahren bekannt und in Anwendung.[9]

1 Otto (1997), S. 1-2.
2 Kahrim et al. (2008).
3 Cazenobe (2002).
4 Bacci et al. (2001).
5 Fabbri et al. (2001).
6 Marengo et al. (2006).
7 Ramos/Ruisanchez (2006).
8 Spektreninterpretation eignet sich für die Identifizierung nicht, da bei komplizierten organischen Pigment-Molekülen die Vielzahl der überlagerten Schwingungen im Fingerprintbereich nur schwer bestimmten chemischen Strukturen zugeordnet werden können.
9 Brereton (2006), S. 231-251; Otto (1997), S. 137-195; Varmuza (1980); Varmuza/Filzmoser (2009).

Multivariate Verfahren der Datenanalyse beziehen im Gegensatz zu univariaten Methoden mehr als einen Messwert (*Feature*) der jeweiligen Probe (*Objekt*) in die Kalkulation ein.[10] Insbesondere für die Auswertung spektroskopischer Daten kann die multivariate Datenanalyse oft erfolgreich eingesetzt werden, weil schon durch die Messung nur eines Spektrums sehr viele Daten generiert werden. Beispielsweise liegen bei FTIR-Spektren, je nach spektraler Auflösung und gemessenem Wellenzahlenbereich, oft mehr als 3000 Variablen bzw. Datenpunkte als Extinktions- oder Transmissionswert pro Wellenzahl vor.[11]
In dieser Arbeit wurden die Klassifikationsmethoden der *k-nächsten Nachbarn (K-Nearest Neighbors/ KNN)*[12] und die *Partial Least-Squares Diskriminanzanalyse (PLS-DA)*[13] angewendet.

8.2. Datensätze für die multivariate Datenanalyse der FTIR-Spektren

Für die multivariate Datenanalyse wurden die FTIR-Spektren der synthetischen organischen Pigmente der INTK-Sammlung verwendet, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit gemessen wurden [Transmissions-Spektren (%T),[14] gemessener Wellenzahlenbereich 4000 - 580 cm^{-1}, Datenintervall = 1 cm^{-1}].[15] Dabei kamen nur solche Spektren in Betracht, die im Rahmen der Auswertung der Messungen mit ihrem Colour Index Namen identifiziert werden konnten, also in der Regel reine Pigmente bzw. in Ausnahmefällen auch Spektren von Pigment-Mischungen gleicher Klasse. Da für die Verfahren der multivariaten Datenanalyse möglichst große Datensätze wichtig sind, wurden zur Ergänzung der eigenen FTIR-Spektren außerdem die Referenz-Spektren des *Tate Organic Pigment Archive*[16] einbezogen, so dass in Summe 281 FTIR-Spektren (144 = INTK; 137 = Tate) zur Verfügung standen (Tab. 45).

Tab. 45: Anteile der INTK- und Tate-Proben im Datenset (11 Pigment-Klassen)

Gesamtprobenzahl (11 Klassen)	281 Proben
Probenanzahl INTK:	144 Proben
Probenanzahl Tate:	137 Proben

Insgesamt wurden die Spektren von Proben aus 11 Pigmentklassen verwendet, die als Subklassen den übergeordneten Kategorien der ‚Azopigmente' sowie ‚polycyclischen Pigmente' (Vgl. 2.3./Tab. 7) angehören und deren Einteilung nach ihrer chemischen Konstitution erfolgt. Anzumerken ist, dass nur solche Pigmentklassen in die Datenanalyse einbezogen wurden, von denen mindestens 12 Proben vorhanden waren. Datensets, die in der Phase der Datenexploration verwendet wurden, weichen allerdings teilweise davon ab (Vgl. Kap. 8.1.2.1.; KNN für ein Probeset von 126 INTK-Proben/10 Klassen).

10 Brereton (2006), S. 233-236.
11 Vgl. Naes et al. (2004); Kessler (2007).
12 Brereton (2006), S. 249-251; Varmuza (1980), S. 62-71.
13 Brereton (2006), S. 248-249; 297-338; Eriksson et al. (2003).
14 Transmission: $T = 100\ I / I_0$; wobei I_0 die Strahlungsintensität und I die Intensität nach Durchgang durch die Probe sind.
15 Vgl. Kapitel 7.2.
16 Die 224 Referenzspektren (Tate Organic Pigment Archive, Millbank, London SW1P 4 RG) wurden freundlicherweise von Dr. Tom Learner, G*etty Conservation Institute (GCI),* zur Verfügung gestellt.

Tab. 46: Probenanzahl, Nummerierung und Aufteilung der Pigmentklassen.

Nr.	Pigmentklassen	$n_{(TRAINING)}$	$n_{(TEST)}$
1	Monoazogelbpigmente	26	2
2	Disazogelbpigmente	26	2
3	ß-Naphthol-Pigmente	17	2
4	Naphthol AS-Pigmente	41	2
5	verlackte ß-Naphthol-Pigmente	16	2
6	verlackte BONS-Pigmente	26	2
7	Benzimidazolon-Pigmente	11	2
8	Phthalocyanin-Pigmente	25	2
9	Chinacridon-Pigmente	9	2
10	Triarylcarbonium Pigmente	47	2
11	Hydroxyanthrachinon Pigmente	15	2
		∑ **259**	∑ **22**

Wie oben erwähnt, eignet sich für die multivariate Datenanalyse der FTIR-Spektren synthetischer organischer Pigmente insbesondere der Wellenzahlenbereich zwischen etwa 1500 und 700 cm^{-1} (Fingerprintbereich), der mit seinem charakteristischen Bandenreichtum innerhalb einer Pigmentklasse Ähnlichkeiten aufweist. Daher war es nicht notwendig, den gesamten Messbereich (4000 - 580 cm^{-1}) der Spektren einzubeziehen, sondern sinnvoll, die Variablen (Messwerte bzw. FTIR-Transmissionswerte) zu reduzieren. In Abhängigkeit von der jeweils verwendeten Software musste die Auswahl und Variablen-Reduktion bereits vor dem Einlesen der Daten in das jeweilige Programm durchgeführt werden (SCAN®)[17] oder konnte mit der Software entsprechend definiert werden (The Unscrambler®).[18]

Für die Datenanalyse der großen, kombinierten Datensätze aus eigenen und externen FTIR-Spektren wurde dann der Wellenzahlenbereich von 1700 - 650 cm^{-1} verwendet, der im Prinzip einem erweiterten Fingerprint entspricht. Die Begrenzung in Richtung der niedrigen Wellenzahlen auf 650 cm^{-1} war durch den Messbereich der externen Spektren vorgegeben. Bei Klassifikationen, für die nur die eigenen FTIR-Spektren verwendet wurden und die vor allem in der Phase der Datenexploration durchgeführt wurden, konnte dieser Bereich noch etwas weiter gefasst werden (1700 - 580 cm^{-1}). Der Datenintervall der Spektren wurde verdoppelt und von 1 cm^{-1} auf 2 cm^{-1} heraufgesetzt; das ergab für den Wellenzahlenbereich von 1700 - 580 cm^{-1} dann m = 561 Variablen und für den Bereich von 1700 - 650 cm^{-1} m = 526 Variablen.

Alle Spektren wurden basislinienkorrigiert, normiert und geglättet (SPECTRUM®-Software; Perkin Elmer).[19] Da sich die externen Spektren durch den Wellenzahlenbereich und Datenintervall von den eigenen Spektren unterschieden, mussten die externen Daten auf einen Datenintervall von 1 cm^{-1} (Wellenzahlenbereich 4000 - 650 cm^{-1}) interpoliert werden. Alle Berechnungen wurden mit Transmissions-Spektren (%T) durchgeführt; mit Extinktions- oder Ableitungs-Spektren konnte keine Verbesserung der Ergebnisse erreicht werden.

17 SCAN for Windows - Release 1, January (1995); Minitab Inc., 3081 Enterprise Drive, State College, PA 16801-3008, USA.
18 Software *The Unscrambler v 9.7*, CAMO Software AS, Nedre Vollgate 8, N-0158, OSLO Norway, www.camo.no.
19 Software SPECTRUM for Windows 7.5, Perkin Elmer, 40 Winter Street, Waltham, Massachusetts 02451, USA, http://www.perkinelmer.com.

8.3. KNN-Klassifikation (k-Nearest Neighbors bzw. k-nächste-Nachbarn)

Die Methode der *k*-nächsten Nachbarn (KNN)[20] ist ein nicht-parametrisches Klassifikationsverfahren, bei dem der Abstand des unbekannten Objektes zu den anderen Objekten bekannter Klasse berechnet wird; üblicherweise wird dabei der Euklidische Abstand[21] gemessen. Es werden keine parametrischen Klassifikationsmodelle berechnet, sondern das zu klassifizierende Objekt in die Klasse eingeordnet, zu der die nächstgelegenen Objekte gehören. Für den Euklidischen Abstand *d* zwischen den Punkten *A* und *B* mit den Messwerten *j* gilt folgende allgemeine Gleichung: [22]

$$d_{AB} = [\sum_{j=1}^{m} |x_{Aj} - x_{Bj}|^2]^{1/2}$$

Die Methode der *k*-nächsten Nachbarn (KNN) ist ein relativ einfaches Klassifikationsverfahren; dadurch unterliegt sie einigen Einschränkungen. Ist die Probenanzahl in den einzelnen Klassen sehr unterschiedlich, kann das Ergebnis zugunsten der Klasse mit den meisten Proben verzerrt werden. Dazu kommt, dass die KNN alle Variablen gleich gewichtet und damit auch solche Daten in die Kalkulation einbezogen werden, die keine relevante Information enthalten. Um dem zu begegnen, sollten die Variablen bereits vorher selektiert werden. Da die Ergebnisse der KNN-Klassifikation stark von der Skalierung der Features abhängen ist es empfehlenswert,[23] die Daten auf die gleiche Varianz aller Features zu skalieren.[24]

8.3.1. KNN-Klassifikation (INTK-Probenset: 126 Proben/10 Klassen)

Die KNN-Klassifikation wurde zunächst mit einem reduzierten Datensatz durchgeführt, in dem sich ausschließlich FTIR-Spektren von 126 INTK-Sammlungsproben befanden (Wellenzahlenbereich 1700-580 cm^{-1}, Datenintervall 2 cm^{-1}, m = 561 Variable). Die Proben kommen aus 10 verschiedenen Pigmentklassen, die allerdings nicht deckungsgleich mit jenen Klassen sind, die später für die kombinierten Datensätze (INTK- und Tate-Proben) ausgewählt wurden (Vgl. Tab. 45, 46 und 47). Die ungleiche Probenzahl in den Klassen wurde zunächst bewusst in Kauf genommen, stellte sich jedoch gerade für einige der unterrepräsentierten Proben als erwartungsgemäß ungünstig heraus.
Der Datensatz wurde in fünf etwa gleichgroße Segmente zerlegt; jedes Segment wird einmal als Testset verwendet und die übrigen als Trainingsset (Referenzproben). Die Berechnungen werden mit der Software SCAN® durchgeführt; die Codierung der Segmente erfolgte durch die Ziffern ‚1' und ‚2', wobei die Testset-Proben jeweils durch die Ziffer ‚2' codiert sind (Vgl. Tab. 47).

20 Brereton (2006), S. 249-251; Varmuza (1980), S. 62-71.
21 Vgl. Brereton (2006), S. 225-226; Otto (1997), S. 170-171: Der Euklidische Abstand bzw. die Euklidische Distanz ist ein Abstandsmaß, das zur Bewertung der Ähnlichkeit von Objekten eingesetzt wird.
22 Otto (1997), S. 170-171.
23 Brereton (2006), S. 251.
24 Die KNN-Klassifikation für das INTK-Probenset mit 126 Objekten (siehe folgendes Kapitel 8.3.1.) wurde mit Autoskalierung der Features durchgeführt (*Autoscale Variables*-Funktion in SCAN).

Tab. 47: Segmentierungen A-E (126 INTK-Proben; 10 Pigmentklassen).

ID/ Nr.			Klasse	A	B	C	D	E
1	PR5_op0922	Naphthol AS	1	2	1	1	1	1
2	PR5_op1300		1	1	2	1	1	1
3	PR7_op0565		1	1	1	2	1	1
4	PR8_op0911		1	1	1	1	2	1
5	PR9_op0213		1	1	1	1	1	2
6	PR10_op0910		1	2	1	1	1	1
7	PR10_op0543		1	1	2	1	1	1
8	PR17_op0498		1	1	1	2	1	1
9	PR22_op0561		1	1	1	1	2	1
10	PR1_op0759	ß-Naphthol	2	1	1	1	1	2
11	PR3_op0909		2	2	1	1	1	1
12	PR3_op0488		2	1	2	1	1	1
13	PR3_op0870		2	1	1	2	1	1
14	PR3_op0250		2	1	1	1	2	1
15	PR3_op0231		2	1	1	1	1	2
16	PR3_op0642		2	2	1	1	1	1
17	PR3_op0872		2	1	2	1	1	1
18	PR3_op0490		2	1	1	2	1	1
19	PR4_op0884		2	1	1	1	2	1
20	PR4_op0912		2	1	1	1	1	2
21	PR4_op0891		2	2	1	1	1	1
22	PO5_op1301		2	1	2	1	1	1
23	PO5_op0668		2	1	1	2	1	1
24	PR49_op0232	ß-Naphthol verlackt	3	1	1	1	2	1
25	PR49:1_op0899		3	1	1	1	1	2
26	PR49:1_op1083		3	2	1	1	1	1
27	PR51_op0731		3	1	2	1	1	1
28	PR51_op0908		3	1	1	2	1	1
29	PR53:1_op0655		3	1	1	1	2	1
30	PR53:1_op0248		3	1	1	1	1	2
31	PR53:1_op0868		3	2	1	1	1	1
32	PR53:1_op0895		3	1	2	1	1	1
33	PR53:1_op0859		3	1	1	2	1	1
34	PR60:1_op0249		3	1	1	1	2	1
35	PR48:1_op0890	BONS verlackt	4	1	1	1	1	2
36	PR48:2_op0501		4	2	1	1	1	1
37	PR48:2_op0794		4	1	2	1	1	1
38	PR48:2_op0871		4	1	1	2	1	1
39	PR48:2_op0937		4	1	1	1	2	1
40	PR48:4_op0658		4	1	1	1	1	2
41	PR48:4_op0680		4	2	1	1	1	1
42	PR57:1_op0831		4	1	2	1	1	1
43	PR57:1_op0874		4	1	1	2	1	1
44	PR57:1_op0918		4	1	1	1	2	1
45	PR58:4_op0499		4	1	1	1	1	2
46	PR63:1_op0885		4	2	1	1	1	1
47	PV1_op0938	Triarylcarbonium	5	1	2	1	1	1
48	PV2_op0913		5	1	1	2	1	1
49	PV2op0913Diff_		5	1	1	1	2	1
50	PV3_op1067		5	1	1	1	1	2
51	PV3_op0573		5	2	1	1	1	1
52	PV3_op0141		5	1	2	1	1	1
53	PV3_op0513		5	1	1	2	1	1
54	PV3_op1039		5	1	1	1	2	1
55	PV3_op1051		5	1	1	1	1	2
56	PV3_op0606		5	2	1	1	1	1
57	PV3_op1034		5	1	2	1	1	1
58	PG1_op0810		5	1	1	2	1	1
59	PG1_op0595		5	1	1	1	2	1
60	PG1_op0411		5	1	1	1	1	2
61	PG1_op0627		5	2	1	1	1	1
62	PG1_2_op0450		5	1	2	1	1	1
63	PG2_op0537		5	1	1	2	1	1

ID/ Nr.			Klasse	A	B	C	D	E
64	PG2_op0594	Triarylcarbonium	5	1	1	1	2	1
65	PB1_op0556		5	1	1	1	1	2
66	PB3_op0584		5	2	1	1	1	1
67	PB3_op0623		5	1	2	1	1	1
68	PB2_10_op0782		5	1	1	2	1	1
69	PB8_op1064		5	1	1	1	2	1
70	PB?_op223		5	1	1	1	1	2
71	PB3_op0771		5	2	1	1	1	1
72	PB3_op1023		5	1	2	1	1	1
73	PR81_op0489		5	1	1	2	1	1
74	PR81_op0546		5	1	1	1	2	1
75	PR81_op0577		5	1	1	1	1	2
76	PR81_op0867		5	2	1	1	1	1
77	PR81_op0877		5	1	2	1	1	1
78	PR81_op0914		5	1	1	2	1	1
79	PR81_op0932		5	1	1	1	2	1
80	PR81_op0933		5	1	1	1	1	2
81	PR81_op0935		5	2	1	1	1	1
82	PR81_op0936		5	1	2	1	1	1
83	PY1_op0011	Monoazogelbpigmente	6	1	1	2	1	1
84	PY1_op0158		6	1	1	1	2	1
85	PY1_op0013		6	1	1	1	1	2
86	PY1_op0946		6	2	1	1	1	1
87	PY1_op0948		6	1	2	1	1	1
88	PY1_op0956		6	1	1	2	1	1
89	PY3_op0947		6	1	1	1	2	1
90	PY3_op0958		6	1	1	1	1	2
91	PY3_op0170		6	2	1	1	1	1
92	PY3_op0173		6	1	2	1	1	1
93	PY4_op0153		6	1	1	2	1	1
94	PY4_op0171		6	1	1	1	2	1
95	PY?_op0162		6	1	1	1	1	2
96	PY?_op0155		6	2	1	1	1	1
97	PY?_op0168		6	1	2	1	1	1
98	PY12_op0172	Disazo-gelbpigmente	7	1	1	2	1	1
99	PY13_op0955		7	1	1	1	2	1
100	PY14_op0944		7	1	1	1	1	2
101	PY14_op0953		7	2	1	1	1	1
102	PY83_op1299		7	1	2	1	1	1
103	PO13_op0497	Disazo-pyrazolon	8	1	1	2	1	1
104	PO13_op0566		8	1	1	1	2	1
105	PO13_op0749		8	1	1	1	1	2
106	PO13_op0780		8	2	1	1	1	1
107	PB15:1_op0092	Phthalocyaninpigmente	9	1	2	1	1	1
108	PB15_op0095		9	1	1	2	1	1
109	PB15:3_op0105		9	1	1	1	2	1
110	PB15:3_op0106		9	1	1	1	1	2
111	PB15:3_op0123		9	2	1	1	1	1
112	PB15_op0133		9	1	2	1	1	1
113	PB15:1_op0134		9	1	1	2	1	1
114	PB15_op0746		9	1	1	1	2	1
115	PB15:1_op1019		9	1	1	1	1	2
116	PB15:Ba_op1002		9	2	1	1	1	1
117	PB15_op1018		9	1	2	1	1	1
118	PB16_op1127		9	1	1	2	1	1
119	PG7_op415		9	1	1	1	2	1
120	PG7_op0455		9	1	1	1	1	2
121	PG7_op0832		9	2	1	1	1	1
122	PG7_op1014		9	1	2	1	1	1
123	PG7_op1044		9	1	1	2	1	1
124	PR42PV19_575	Chin-acridon	10	1	1	1	2	1
125	PV19_op0506		10	1	1	1	1	2
126	PR122_op1190		10	2	1	1	1	1

Im Ergebnisprotokoll der KNN-Klassifikation dienen die *No-model Error Rate* und *No-model Risk* dem Vergleich der verschiedenen Klassifikationsmodelle; *Risk* ist der Anteil falsch klassifizierter Proben. Als Minimal-Anforderung an ein Klassifikationsmodell wird dabei das Übertreffen der *No-Model*-Werte definiert. Für jedes Klassifikations-Ergebnis werden die Anzahl der nächsten Nachbarn *k* und das kreuzvalidierte Risiko angegeben. Der optimale Wert für *k* ist jener, der ein minimales Risiko aufweist.[25]

Tab. 48: Ergebnisse für die Segmentierungen A-E (126 Proben/10 Klassen) bis zu fünf nächsten Nachbarn (*k*).

Segment A	**Segment B**	**Segment C**	**Segment D**	**Segment E**
No-model Error Rate: 0.7030	No-model Error Rate: 0.7157	No-model Error Rate: 0.7059	No-model Error Rate: 0.7059	No-model Error Rate: 0.7059
No-model Risk: 0.7030	No-model Risk: 0.7157	No-model Risk: 0.7059	No-model Risk: 0.7059	No-model Risk: 0.7059
k **Xval Risk**	***k*** **Xval Risk**	***k*** **Xval Risk**	***k*** **Xval Risk**	***k*** **Xval Risk**
1 0,0693	1 0,0588	1 0,0490	1 0,0392	1 0,0294
2 0,1188	2 0,0784	2 0,0882	2 0,1176	2 0,0784
3 0,0990	3 0,0588	3 0,0784	3 0,1275	3 0,0686
4 0,1089	4 0,0882	4 0,1176	4 0,1471	4 0,1078
5 0,1287	5 0,1275	5 0,1569	5 0,1569	5 0,1275
Optimale Anzahl von nächsten Nachbarn (nearest neighbors) *k* = 1				

Das Ergebnis zeigt, dass die besten Klassifikations-Resultate mit nur einem nächsten Nachbarn erreicht werden (*k*=1); untersucht wurden maximal 5 Nachbarn. Das heißt, die unbekannte Probe wird in jene Klasse eingeordnet, zu welcher die Probe mit dem kleinsten Euklidischen Abstand gehört.
Tabelle 48 fasst die kreuzvalidierten Fehlerquoten (Xval Risk) für jedes potentielle Klassifikations-Modell von einem bis zu fünf nächsten Nachbarn zusammen. Die Fehlerquoten für die Klassifikation mit einem nächsten Nachbarn liegen zwischen 2,9% (Segment E) und 6,9% (Segment D). Der Mittelwert der Fehlerquote für *k* =1 für die Segmentierungen A-E beträgt 4,9%; für zwei nächste Nachbarn steigt dieser dann schon auf 9,6%. Bei fünf nächsten Nachbarn (*k* =5) liegen die Fehlerquoten zwischen 12,7% (Segment B und E) und 16% (Segment C und D); der Mittelwert der Fehlerquote beträgt dann schon 13,9%.
Die beiden folgenden Tabellen fassen die KNN-Klassifikationsresultate zusammen; in Tabelle 49 sind die Ergebnisse für die Testset-Segmente A-E zusammengestellt; in Tabelle 50 werden die Resultate nach Pigmentklassen ausgewertet.

25 Vgl. KNN-Methode und Auswertungsrichtlinien. In: SCAN for Windows - Release 1, January (1995); Minitab Inc., 3081 Enterprise Drive, State College, PA 16801-3008, USA.

Tab. 49: KNN-Klassifikationsresultate für 5 Segmente (126 Proben/10 Klassen).

Pigmentklasse	Segment_A Testset			Segment_B Testset			Segment_C Testset			Segment_D Testset			Segment_E Testset		
	IDx	ClassX	Result	IDx	ClassX	Result	IDx	ClassX	Result	IDx	ClassX	Result	IDx	ClassX	Result
1 Naphthol AS	1	1	1	2	1	1	3	1	1	4	1	1	5	1	1
	6	1	1	7	1	1	8	1	1	9	1	1			
2 ß-Naphthol	11	2	2	12	2	2	13	2	2	14	2	2	10	2	2
	16	2	2	17	2	2	18	2	2	19	2	2	15	2	2
	21	2	2	22	2	2	23	2	2				20	2	2
3 ß-Naphthol verlackt	26	3	3	27	3	3	28	3	**1**	24	3	3	25	3	3
	31	3	3	32	3	3	33	3	3	29	3	3	30	3	3
										34	3	3			
4 BONS verlackt	36	4	4	37	4	4	38	4	4	39	4	4	35	4	4
	41	4	**1**	42	4	4	43	4	4	44	4	4	40	4	**1**
	46	4	4										45	4	4
5 Triarylcarbonium	51	5	5	47	5	5	48	5	5	49	5	5	50	5	5
	56	5	5	52	5	5	53	5	5	54	5	5	55	5	5
	61	5	5	57	5	5	58	5	5	59	5	5	60	5	5
	66	5	5	62	5	5	63	5	5	64	5	5	65	5	5
	71	5	5	67	5	5	68	5	5	69	5	5	70	5	**6**
	76	5	5	72	5	5	73	5	5	74	5	5	75	5	5
	81	5	5	77	5	5	78	5	5	79	5	5	80	5	5
				82	5	5									
6 Monoazogelb	86	6	6	87	6	6	83	6	6	84	6	6	85	6	6
	91	6	6	92	6	6	88	6	6	89	6	6	90	6	6
	96	6	6	97	6	**1**	93	6	6	94	6	6	95	6	**7**
7 Diarylgelb	101	7	7	102	7	**6**	98	7	7	99	7	7	100	7	**6**
8 Disazopyrazolon	106	8	8				103	8	8	104	8	8	105	8	8
9 Phthalocyanin	111	9	9	107	9	9	108	9	9	109	9	9	110	9	9
	116	9	9	112	9	9	113	9	9	114	9	9	115	9	9
	121	9	9	117	9	9	118	9	9	119	9	9	120	9	9
				122	9	9	123	9	**2**						
10 Chinacridon	126	10	10							124	10	**2**	125	10	**2**

Tabelle 49 zeigt die Klassifikationsergebnisse für die Segmente A bis E, die jeweils als Testset verwendet wurden. Für die Proben jedes Segments werden die Identifikations-Nummern der Testset-Proben (IDx), deren ‚wahre' Klasse (ClassX) und das KNN-Klassifikationsergebnis (Result) aufgelistet; falsche Ergebnisse sind rot markiert.

Tab. 50: Zusammenfassung und Auswertung der Ergebnisse der KNN-Klassifikation (126 Proben aus 10 Klassen).

	zugeordnete Klassen (mit KNN)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Fehlerquote (%)	richtige Klassifikation (%)
True Class												
1	**9**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	100%
2	0	**14**	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	100%
3	**1**	0	**10**	0	0	0	0	0	0	0	9,09%	91%
4	**2**	0	0	**10**	0	0	0	0	0	0	16,70%	83,30%
5	0	0	0	0	**35**	**1**	0	0	0	0	2,77%	97,23%
6	**1**	0	0	0	0	**13**	**1**	0	0	0	13,33%	86,67%
7	0	0	0	0	0	**2**	**3**	0	0	0	40%	60%
8	0	0	0	0	0	0	0	**4**	0	0	0%	100%
9	0	**1**	0	0	0	0	0	0	**16**	0	5,88%	94,12%
10	0	**2**	0	0	0	0	0	0	0	**1**	66,67%	33,33%
												84,56% korrekt klassifiziert*

*Die Fehlerquote beträgt 15,44%. Wird die Klasse 10 aus der Berechnung herausgenommen, steigt der Anteil der korrekt klassifizierten Proben auf 90,25%; die Fehlerquote liegt dann nur noch bei 9,75%.

Tabelle 50 fasst die Ergebnisse nach Pigmentklassen zusammen: Die Klassifikationsergebnisse für die Segmente A-E (k=1) zeigen, dass für die Proben aus drei Pigmentklassen (1, 2, 8) eine fehlerlose Klassifikation erzielt werden konnte (Tab. 50). In drei weiteren Pigmentklassen (3, 5, 9) wurde eine Probe falsch klassifiziert, in vier Klassen (4, 6, 7, 10) zwei Proben nicht korrekt zugeordnet. Die unausgewogene Probenzahl in den Klassen stellte sich vor allem für unterrepräsentierte Proben der Klassen 7 und 10 als ungünstig heraus. Die relativ hohe Fehlerquote kann aber auch auf die im Verhältnis zu anderen Klassen hohe Varianz der Daten zurückzuführen sein.

8.3.2. KNN-Klassifikation (erweitertes Probenset: 281 Proben/11 Klassen)

Die KNN-Klassifikation wurde in einem nächsten Schritt auch für das größere Datenset mit insgesamt 281 Proben (259 Trainingsset und 22 Testset) aus 11 Pigmentklassen durchgeführt (Vgl. Tab. 45 und Kap. 8.4.); die Probenanzahl innerhalb der Pigmentklassen war hier wesentlich ausgewogener, als in dem 126 Proben-Set. Die Berechnungen wurden mit m = 526 Variablen durchgeführt (Wellenzahlenbereich 1700 - 650 cm^{-1}; Datenintervall 2 cm^{-1}). Für die KNN-Klassifikation wurde eine Funktion[26] in ***R***[27] verwendet. Die Anzahl nächster Nachbarn k wurde im Bereich 1-10 optimiert.[28]

26 Die Programmierung und KNN-Berechnung wurde von Prof. K. Varmuza durchgeführt.
27 R, a language and environment for statistical computing. R Development Core Team, Foundation for Statistical Computing, www.r-project.org, Vienna, 2009.
28 Vgl. Schäning, A., Schreiner, M., Varmuza, K., „Classification of Synthetic Organic Pigments from FT Infrared Spectral Data". Posterpräsentation, SCAC 2008 (4th International Symposium on Computer Applications and Chemometrics in Analytical Chemistry), Lake Balaton, Balatonalmádi, Veszprém, Hungary, Organised by University of Veszprem, 1.-5. 9. 2008.

Tab. 51: Klasseneinteilung und Ergebnisstabelle der KNN-Klassifikation für das Trainingsdatenset mit Klassifikations-Resultaten für die Testset-Proben (k, optimale Anzahl benachbarter Proben). Eine Testset-Probe (**) wurde falsch klassifiziert (Klasse 3).

			Trainingsdatenset *n* = 259				Testdatenset			
Pigmentklasse	**Nr.**	***k***	n_1	P_0 %	P_1 %	$P_{01\ MEAN}$ %	n_1	**Klassifikationsresultate**		
								richtig	**falsch**	**nicht eindeutig**
Monoazogelb-Pigmente	1	1	26	100	88,5	**94,2**	2	2	0	0
Disazogelb-Pigmente	2	1	26	98,7	100	**99,4**	2	2	0	0
ß-Naphthol-Pigmente	3	2	17	99,2	100	**99,6**	2	2	0	0
Naphthol AS-Pigmente	4	3	41	99,5	100	**99,8**	2	2	0	0
Verlackte ß-Naphthol-Pigmente	5	1	16	99,6	93,8	**93,3**	2	2	0	0
Verlackte BONS-Pigmente	6	1	26	98,7	96,2	**97,4**	2	2	0	0
Benzimidazolon-Pigmente	7	1	11	99,6	90,9	**95,3**	2	1	1**	0
Phthalocyanin-Pigmente	8	1	25	100	96,0	**98,0**	2	2	0	0
Chinacridon-Pigmente	9	1	9	100	100	**100,0**	2	2	0	0
Triarylcarbonium-Pigmente	10	1	47	100	97,9	**98,9**	2	2	0	0
Hydroxyanthrachinon-Pigmente	11	1	15	100	100	**100,0**	2	2	0	0
			259				**22**			

In der Ergebnistabelle (Tab. 51) ist k die aus dem Trainingsdatensatz ermittelte optimale Anzahl nächster Nachbarn für die Klassifizierung unbekannter Proben, n1 ist die Anzahl Proben, P0 ist der Prozentsatz richtig klassifizierter Proben, die nicht der betreffenden Pigmentklasse angehören und P1 ist der Prozentsatz richtig klassifizierter Proben, die der betreffenden Pigmentklasse angehören. Im Durchschnitt konnten mehr als 95% der Proben richtig klassifiziert werden. Nur eine Probe aus der Klasse der Benzimidazolon-Pigmente (Klasse 7) wurde falsch zu Klasse 3 zugeordnet. Die Resultate der KNN-Klassifikation zeigen, dass mit dieser Methode ähnliche Ergebnisse erzielt werden können, wie mit der im folgenden Abschnitt und in der Publikation (Vgl. 8.4. und 8.5.) beschriebenen Partial Least-Squares Diskriminanzanalyse (PLS-DA).

8.4. Partial Least-Squares Diskriminant Analysis (PLS-DA)

Neben der KNN-Klassifikation wurde im Rahmen dieser Arbeit vor allem die Partial Least-Squares Diskriminanzanalyse (PLS-DA)[29] für die Klassifizierung synthetischer organischer Pigmente eingesetzt. Die PLS beruht als Regressions-Methode auf der Verknüpfung von zwei Datenmatrizen ***X*** und ***Y***. Dabei enthält die ***X***-Matrix *m* Features (Eigenschaften bzw. Messwerte) von *n* Objekten (Proben) und die ***Y***-Matrix *q* Eigenschaften der Objekte. Das Ziel der PLS ist es, einen Zusammenhang zwischen vielen *x*-Messgrößen und einer *y*-Zielgröße zu ermitteln.[30] Ausführliche Darstellungen der verschiedenen PLS-Algorithmen, die mathematischen Grundlagen und Details der Regressionsmethode finden sich in der Fachliteratur.[31] Das Prinzip der PLS kann folgendermaßen beschrieben werden: [32]

$$\boldsymbol{X} = \boldsymbol{T} \cdot \boldsymbol{P} + \boldsymbol{E}$$
$$\boldsymbol{Y} = \boldsymbol{U} \cdot \boldsymbol{Q} + \boldsymbol{F}$$

Dabei sind *T* die *X*-Scores[33], *U* die *Y*-Scores, *P* sind die *X*-Loadings und *Q* ist die Matrix der *Y*-Loadings; *E* und *F* sind die Residuenmatrizen. Das Prediction-Modell für die Eigenschaft *y* wird als lineare Gleichung beschrieben ($\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \ldots b_m x_m$). Für die Berechnung von $\hat{y}$ werden *x*-Messwerte der unbekannten Probe verwendet.

29 Eriksson (2003), S. 1134-1166; Kessler (2007), S. 111-152.
30 Kessler (2007), S. 111-114.
31 Brereton (2006), S. 248-249; 297-338; Eriksson et al. (2003).
32 Kessler (2007), S. 113-114.
33 Vgl. Kessler (2007), S. 23: Nach der Berechnung der Faktoren (PLS-Komponenten) müssen die Daten in den neuen Faktorenraum übertragen werden. Die Koordinaten der Objekte im Faktorenraum bzw. die Projektionen auf die Hauptachsen im neuen Koordinatensystem werden als Scores (Faktorenwerte) bezeichnet.

$\hat{y}$ ist der vorhergesagte Wert, b_0 wird als ‚Intercept' bezeichnet und $b_0 - b_m$ sind die Regressionskoeffizienten. Diese Parameter werden mittels eines Kalibrier-Sets geschätzt.
Im Fall der in der vorliegenden Arbeit angewendeten Partial Least-Squares Diskriminanzanalyse (PLS-DA) handelt es sich um eine Variante der PLS, bei der die Eigenschaft, die vorhergesagt bzw. berechnet werden soll, die Klassenzugehörigkeit einer Probe ist. Dazu werden binär codierte *y*-Variablen eingeführt, und zwar für jede Klasse eine, mit dem Wert 1, wenn eine Probe zu der betreffenden Klasse gehört und mit dem Wert 0, wenn das nicht zutrifft.[34]
Für die Kalibrierung wurden die FTIR-Spektren 259 synthetischer organischer Pigmente aus 11 verschiedenen Pigmentklassen ausgewählt und die Klassenzugehörigkeit durch binär codierte *y*-Variablen definiert (Matrix ***Y***). Matrix ***X*** enthält die IR-Absorptionen bei 526 Wellenzahlen. Mit der Unscrambler®-Software[35] wurden separate PLS-Regressionsmodelle für jede Klasse erstellt, die anschließend für die Vorhersage der Pigmentklassenzugehörigkeit von 22 Testset-Proben zum Einsatz kamen und zu vergleichbar guten bzw. teilweise besseren Klassifikationsergebnissen führten, als mit der KNN-Klassifikation (Vgl. 8.3.2). So konnten für acht der Pigmentklassen alle Proben des Trainingsdatensets richtig bestimmt werden; die so genannte ‚Predictive Ability' (*P1*) für Proben, die der betreffenden Pigmentklasse angehören, ist also 100%. Bei den drei anderen Pigmentklassen lag die richtige Klassenzuordnung zwischen 90,9% und 96,2%. Auch für die Proben des Testdatensets konnten 10 von 11 Pigmentklassen richtig vorhergesagt werden.

Tab. 52: PLS-DA Ergebnisse für ein Trainingsdatenset und ein unabhängiges Testdatenset in Kreuzvalidierung. Eine der Testsetproben (*) aus der Bezimidazolon-Pigmentklasse (Nr. 7) konnte nicht eindeutig klassifiziert werden und wurde sowohl korrekt in Klasse 7, als auch falsch in Klasse 4 eingeordnet (**).

			Trainingsdatenset *n* = 259 (cv)					**Testdatenset**			
Pigmentklasse	**Nr.**	***t***	***n1***	***P0* %**	***P1* %**	***P01* Mittel-wert %**	**PLS-Kompo-nenten**	***n1***	**Klassifikationsresultate**		
									richtig	falsch	richtig %
Monoazogelb-Pigmente	1	0,3	26	97,9	96,2	**97,0**	**9**	2	2	0	100,0
Disazogelb-Pigmente	2	0,5	26	99,6	100,0	**99,8**	**10**	2	2	0	100,0
ß-Naphthol-Pigmente	3	0,3	17	99,6	100,0	**99,8**	**9**	2	2	0	100,0
Naphthol AS-Pigmente	4	0,4	41	99,5	100,0	**99,8**	**6**	2	2	0	100,0
Verlackte ß-Naphthol-Pigmente	5	0,5	16	100,0	93,8	**96,9**	**8**	2	2	0	100,0
Verlackte BONS-Pigmente	6	0,4	26	99,1	100,0	**99,6**	**10**	2	2	0	100,0
Benzimidazolon-Pigmente	7	0,5	11	100,0	90,9	**95,5**	**8**	2	2*	0	100,0**
Phthalocyanin-Pigmente	8	0,5	25	100,0	100,0	**100,0**	**5**	2	2	0	100,0
Chinacridon-Pigmente	9	0,5	9	100,0	100,0	**100,0**	**8**	2	2	0	100,0
Triarylcarbonium-Pigmente	10	0,3	47	99,5	100,0	**99,8**	**6**	2	2	0	100,0
Hydroxyanthrachinon-Pigmente	11	0,5	15	100,0	100,0	**100,0**	**6**	2	2	0	100,0
			259					22			

In einem nächsten Schritt wurden auch die FTIR-Spektren von den Proben der untersuchten Gemälde aus dem *Wien Museum* mit Methoden der multivariaten statistischen Datenanalyse ausgewertet (Vgl. Kap. 8.1.). Von Interesse war dabei, ob die mit der *Partial Least-Squares Discriminant Analysis* (PLS-DA) für die FTIR-Spektren reiner, synthetischer organischer Pigmente erarbeiteten Klassifikationsmodelle auch auf FTIR-Spektren von Malschichtproben mit Bindemittelanteilen angewendet werden können. Dazu wurden die mit der Unscrambler®-Software erstellten PLS-DA-Regressionsmodelle für die Vorhersage der Klassenzugehörigkeit der Proben von den untersuchten Gemälden eingesetzt. Tatsächlich konnten dabei ähnlich gute Resultate erzielt werden, wie mit der Experten-Analyse (Tab. 53).

34 Brereton (2006), S. 248.
35 Software *The Unscrambler v 9.7*, CAMO Software AS, Nedre Vollgate 8, N-0158, OSLO Norway, www.camo.no.

Tab. 53: Ergebnisse der Klassifikation unbekannter Malschichtproben; die Probe P6 (Rot) konnte nicht eindeutig klassifiziert werden (*) und wurde sowohl der Klasse 1 als auch der Klasse 3 zugeordnet.

Unbekannte Malschichtproben		**Pigmentklasse (Expertenanalyse)**	**n**	**richtig**	**falsch**
P1	Gelb (Gemälde 1)	1	2	1	1
P2	Helles Grün (Gemälde 1)				
P3	Dunkelrot (Gemälde 1)	11	3	2	1
P4	Dunkelrot (Gemälde 1)				
P5	Dunkelrot (Gemälde 2)				
P6	Rot (Gemälde 2)	3	1	1*	0
Summe			6	4	2

Die Ergebnisse zeigen, dass die multivariate Datenanalyse von FTIR-Spektren synthetischer organischer Pigmente eine geeignete Methode ist, um die Klassifikation unbekannter Proben zu unterstützen (Vgl. Kap 8.5.). Die ausführliche Erläuterung der Klassifikation synthetischer organischer Pigmente mit der *Partial Least-Squares Discriminant Analysis* (PLS-DA) und Diskussion der Resultate folgt in der Publikation im nächsten Kapitel.

8.5. Publikation: Schäning, A., Varmuza, K., Schreiner, M., „Classification of Synthetic Organic Pigments by Multivariate Data Analysis of FTIR Spectra“ (e-Preservation Science)

Schäning, A., Varmuza, K., Schreiner, M., “Classification of Synthetic Organic Pigments by Multivariate Data Analysis of FTIR Spectra“. In: e-Preservation Science. Scientific research for the conservation of cultural heritage, *IRUG8 Proceedings*, **Vol. 6 (2009), S. 75-80,** online auf *http://www.morana-rtd.com/e-preservationscience/index.html.* Das PDF ist einsehbar unter *http://www.morana-rtd.com/e-preservationscience/2009/Schaening-26-06-2008.pdf*.

Classification of Synthetic Organic Pigments by Multivariate Data Analysis of FTIR Spectra

Anke Schäning[1]*, Kurt Varmuza[2], Manfred Schreiner[1, 3]

1. Institute of Science and Technology in Art, Academy of Fine Arts Vienna, Schillerplatz 3, A-1010 Vienna, Austria
2. Laboratory for Chemometrics, Institute of Chemical Engineering, Vienna University of Technology, Getreidemarkt 9/166, A-1060 Vienna, Austria
3. Institute of Chemical Technologies and Analytics, Vienna University of Technology, Getreidemarkt 9/164, A-1060 Vienna, Austria
*) present address: Institute of Conservation-Restoration, Academy of Fine Arts, Schillerplatz 3, A-1010 Vienna, Austria

Corresponding author: a.schaening@akbild.ac.at

For the identification of pure synthetic organic pigments Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy has been established as a powerful analytical technique. Usually the identification of such pigments by FTIR is processed by comparing the spectrum of an unknown sample with the spectra present in a database. Those samples are difficult to identify if they don't match with one of the library spectra, and even class assignments can be performed by experts' analysis only.

In this paper an approach is presented to facilitate classification of organic pigments by multivariate statistical analysis of their FTIR spectra. Partial least-squares discriminant analysis (PLS-DA) was applied to the pigments FTIR spectra, using 11 binary *y*-variables for pigment class definition. The threshold of the discriminant variable $\hat{y}$ could be optimized for each class. It is shown that application of the classification models to FTIR spectra of unknown paint samples gained very similar results as obtained from experts.

Keywords: Synthetic organic pigments, FTIR, Classification, Partial least-squares, PLS-DA

1. Introduction

Synthetic organic pigments are nowadays known as the largest group of colorants used in contemporary artists' paints. Thus, investigation of those pigments in works of art has become increasingly important. For the identification of the pure pigments or colorants - already separated from binding medium - Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy has been established as a powerful analytical technique, as such spectra are characterized by very sharp and characteristic multitude of absorptions in the fingerprint region.[1, 2] Due to this fact, the identification of synthetic organic pigments by FTIR spectroscopy is processed usually by comparing the spectrum of an unknown sample with the spectra present in a database,[3] which has to be as complete as possible. Interpretation of pigment spectra in terms of chemical structural units is rarely processed, as the organic molecules normally produce lots of overlaid vibrations which can hardly be assigned to distinct structures. Therefore spectra of unknown synthetic organic pigment samples are difficult to identify if they don't match one of the library spectra. In that case even class assignment can be performed only by expert analysis. The identification of such unknowns might be facilitated by considering characteristic absorption bands; however, this task is rather time consuming due to the high number of pigments in some of the pigment classes.

In this study we propose a multivariate data analysis method for classification of synthetic organic pigments in order to assist such identification tasks. Multivariate classification procedures can be categorized as supervised pattern recognition methods, whereas a variety of different approaches is known.[4] In comparison to univariate discriminant data analysis multivariate methods refer to more than only one measurement or feature of a single

sample. Even for the evaluation of the spectroscopic data the application of multivariate data analysis has been proven to be especially suitable, hence a lot of data were obtained already by the scan of one spectrum.[5] Relating to FTIR spectroscopy, the spectra consist often - depending on range and resolution - of more than 3000 variables respectively data points (absorption data per wave number). In this work FTIR data are used to group the pigments in classes usually defined according to chemical structure criteria.[6] Thus, especially IR absorption data of the fingerprint region are useful, as these data refer to the overlaid vibrations of the whole molecule and to the basic chemical structure, which is similar within one class.

The multivariate chemometric method proposed here is known as Partial Least-Square Discriminant Analysis (PLS-DA).[7] This classification method is based on a PLS regression where class membership is the property, which has to be predicted from the multivariate FTIR data. A similar approach for the classification of inorganic pigments by PLS-DA of dual domain data of Raman- and XRF spectra was proposed by Ramos et al.[8] For the study presented here PLS-DA has been performed to compute regression models for prediction of class membership of synthetic organic pigments. The aim of the study is the application of these classification models to FTIR spectra of unknown paint samples and comparing these findings with the results obtained by expert analysis.[9]

2. Materials and Methods

2.1. Samples and Instrumentation

The synthetic organic pigment samples are part of a historical material collection at the Institute of Science and Technology in Art (INTK) at the Academy of Fine Arts in Vienna, which dates back to the late 19th century. Nowadays the collection contains more than 1300 samples of different artists´ materials, most of them inorganic and organic colorants. About 300 samples belong to the synthetic organic pigments category, some of them with identical Colour Index Number (CI) but from various manufacturers and different periods.

The FTIR spectra of the organic pigments were collected using a Perkin Elmer instrument, type Spectrum 2000, with an attached microscope (Perkin Elmer, i-series). The pigment samples were prepared on a diamond cell and measured in transmission mode (% T, spectral range: 4000-580 cm^{-1}, data interval = 1 cm^{-1}, 100 µm aperture, 100 scans averaged). As a sufficiently large size of the data set is important in multivariate data analysis, the sample set of the INTK collection has been extended by a set of externally collected reference FTIR spectra.[10] In summary FTIR spectra of 281 (144 from INTK; 137 from Tate[10]) synthetic organic pigments of the reference spectra collection have been included in the calculations.

Data pre-processing was carried out by applying baseline correction, normalizing and smoothing to all spectra (SPECTRUM®-Software by Perkin Elmer[3]). Due to the fact that all external spectra were collected at a different spectral range and have a resolution other than the own spectra, the external spectra have been interpolated to a data interval of 1 cm^{-1} and the used range has been set to 4000-650 cm^{-1}. All calculations have been performed on transmission spectra with transmission T (in %) being defined by $T = 100\ I / I_0$, with I_0 for the intensity of the radiation, and I the intensity after passing the sample. No improvement was obtained by using absorbances or derivative spectra.

For the development of classification models the FTIR data had to be transformed into ASCII files, and imported into the software The Unscrambler®.[11]

2.2. Data

The pigment classes were defined according to the usual classification system of organic colorants based on their chemical constitution.[9] Synthetic organic pigments were usually classified into azo and non-azo or polycyclic pigments and each group into various subclasses. In this study sub-categories have only be considered if

containing at least 12 samples. According to this requirement, samples of eleven pigment classes could be included in the calculations.

The data were prepared as matrices (Figure 1) where in the ***X*** block the rows represent the objects (*n* pigment samples) and the columns the features (*x* variables/transmission data). The used spectral range was 1700-650 cm^{-1}, and data interval of 2 cm^{-1} resulted in *m* = 526 variables. The spectral range has been selected due to the high information content; the region of higher wavenumbers has been omitted (Figure 2). Further variable selection procedures were not applied.

The class membership of the samples is defined by a ***Y*** block. The 11 classes have been binary encoded in 11 *y*-variables (1 and 0 denotes membership to the class and no membership, respectively). The total of 281 pigment samples were split into a training set and a test set (containing two selected samples per class). Thus the training set contained 259 samples and the test set 22 samples (Table 1).

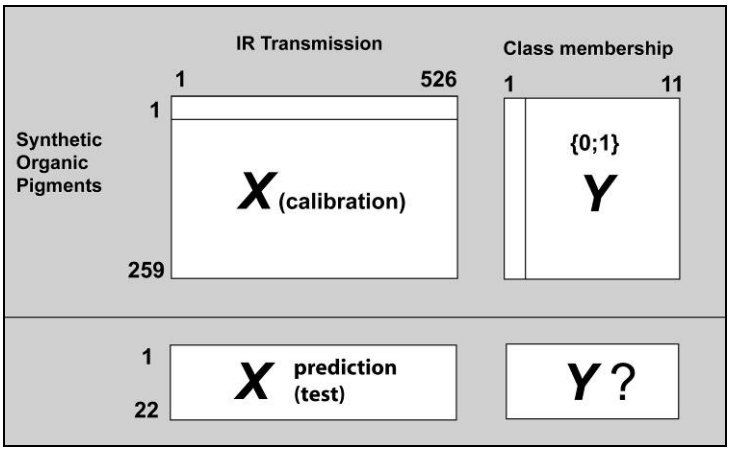


Figure 1: Matrices for PLS-DA.

Table 1: Pigment classes and number of samples.

No.	Pigment Class	$n_{TRAINING}$	n_{TEST}
1	Monoazo yellow pigments	26	2
2	Disazo yellow pigments	26	2
3	ß-Naphthol pigments	17	2
4	Naphthol_AS pigments	41	2
5	ß-Naphthol Lake pigments	16	2
6	BONS Lake pigments	26	2
7	Benzimidazolone pigments	11	2
8	Phthalocyanine pigments	25	2
9	Quinacridone pigments	9	2
10	Triarylcarbonium pigments	47	2
11	Hydroxyanthrachinon pigments	15	2
	Sum	**259**	**22**

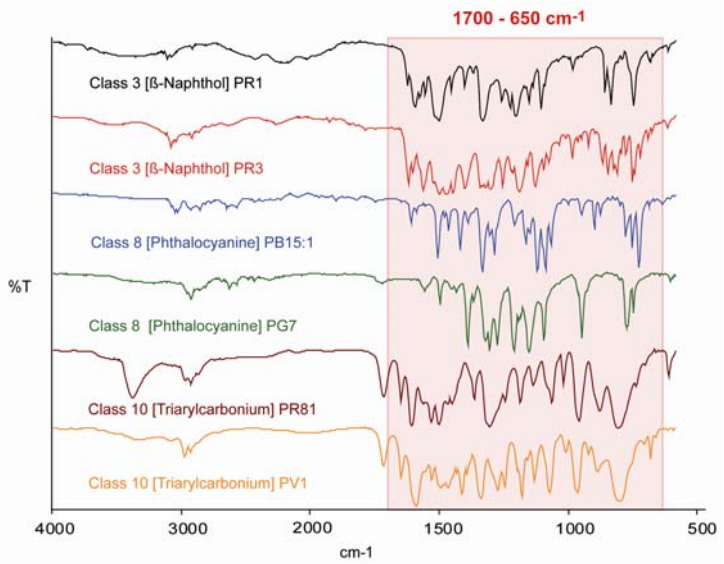


Figure 2: FTIR spectra of synthetic organic pigments; the used spectral range 1700-650 cm^{-1} is highlighted.

2.3. Multivariate classification method

The multivariate classification method applied was Partial Least-Squares Discriminant Analysis (PLS-DA) .[4, 7] PLS regression - as widely used in chemometrics - gives classifiers of the form

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \ldots b_{526} x_{526} \quad (1)$$

with $\hat{y}$ for the predicted y (class membership, discriminant variable), x_1 to x_{526} the transmission values at the selected 526 wavenumbers, b_1 to b_{526} the regression coefficients, and b_0 the intercept. PLS allows the use of ***X*** data sets with more variables than samples, highly correlating variables, and optimizes the complexity of the classifier model for a good performance for new cases by using a small set of latent variables (the PLS components) for regression instead of the original variables. In this study separate classifiers have been developed for each of the 11 classes, resulting in 11 sets of regression coefficients. The optimal number of PLS components was estimated by cross-validation (cv), using 10 randomly selected segments. All calculations were performed with the software The Unscrambler®.[11]

Assignment of a sample to a class is based on the value of the discriminant variable $\hat{y}$ by using a critical value (threshold) t as follows.

$\hat{y} < t \rightarrow$ class 0 (not a member of the considered class) (2)

$\hat{y} \geq t \rightarrow$ class 1 (member of the considered class) (3)

As the values 0 and 1 are used for y (the true class membership), a threshold of 0.5 is a first approximation for separating "class membership" and "no class membership". However, in this study the threshold of the discriminant variable was optimized separately for each of the 11 pigment classes to achieve maximum prediction performance in cross validation. Varying the threshold between 0.2 and 0.8 (in steps of 0.1) the predictive abilities P_0 and P_1 have been determined for the samples of the calibration set as follows.

$P_0 = 100\ n_{00} / n_0$ (4)

$P_1 = 100\ n_{11} / n_1$ (5)

with n_0 the number of samples not belonging to the considered class, n_1 the number of samples belonging to the considered class, n_{00} the number of correctly assigned samples not belonging to the considered class, and n_{11} the number of correctly assigned samples belonging to the considered class. P_0 and P_1 are the percent correctly assigned samples from "class 0" and "class 1". Note that P_0 and P_1 are independent from the number of samples belonging to the considered class or not. The arithmetic mean P_{MEAN} of P_0 and P_1 is an appropriate single measure for the total prediction performance of a classifier.[12]

$$P_{MEAN} = (P_0 + P_1) / 2 \quad (6)$$

Results show that in general P_0 increases with increasing t, and P_1 increases with decreasing t. P_{MEAN} typically shows a weak maximum between t = 0.3 and 0.5 (see Results). From this maximum the critical value was determined for each pigment class. Results from cross validation give only a first estimation of the prediction performance; a more reliable measure could be obtained from an independent test set (see Results). The use of 11 classifiers in parallel may result in ambiguous class assignments; e.g. if the value of the discriminant variable is above the critical value for more than one class. Such a situation can be interpreted as warning of a possibly wrong classification.

3. Results

3.1. Model calibration and threshold optimization with training set

Eleven PLS models - one for each pigment class - have been computed using the training set. The classification threshold has been optimized for each pigment class as described in 2.3; results for the monoazo yellow pigment class are shown in Figure 3. From the broad maximum of P_{MEAN} an optimum value for the threshold of 0.3 has been selected. The results from cross validation with the training set are summarized in Table 2. For eight pigment classes the membership to the class was correctly determined for all samples of the training set (P_1 = 100%). For three other pigment classes P_1 is between 90.9 and 96.2%. P_0 and P_{MEAN} are for all pigment classes near 100%.

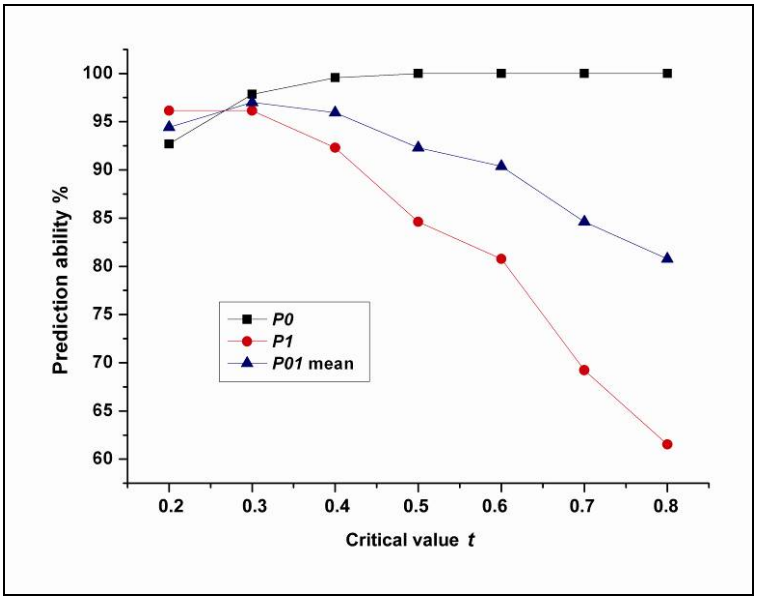


Figure 3: Prediction performance versus critical value t used for the discriminant variable (Monoazo yellow pigment class).

Table 2: Classification results for cross validation with training set and independent test set. One of the test set samples (*) of the Bezimidazolone pigment class (No. 7) was classified ambiguously. It was assigned correctly as member of class 7 but also misattributed as a member of class 4.

			Training set n = 259 (cv)				Test set		
CLASS	No.	t	n_1	P_0 %	P_1 %	$P_{01\,MEAN}$ %	n_1	Classification result	
								correct	wrong
Monoazo yellow pigments	1	0.3	26	97.9	96.2	**97.0**	2	2	0
Disazo yellow pigments	2	0.5	26	99.6	100.0	**99.8**	2	2	0
ß-Naphthol pigments	3	0.3	17	99.6	100.0	**99.8**	2	2	0
Naphthol_AS pigments	4	0.4	41	99.6	100.0	**99.8**	2	2	0
ß-Naphthol Lake pigments	5	0.5	16	100.0	93.8	**96.9**	2	2	0
BONA Lake pigments	6	0.4	26	99.1	100.0	**99.6**	2	2	0
Benzimidazolone pigments	7	0.5	11	100.0	90.9	**95.5**	2	**2***	0
Phthalocyanine pigments	8	0.5	25	100.0	100.0	**100.0**	2	2	0
Quinacridone pigments	9	0.5	9	100.0	100.0	**100.0**	2	2	0
Triarylcarbonium pigments	10	0.3	47	99.5	100.0	**99.8**	2	2	0
Hydroxyanthrachinon pigments	11	0.5	15	100.0	100.0	**100.0**	2	2	0
			259				**22**		

3.2. Model Validation

The quality of the prediction performance of the models has been evaluated by the independent test set of the 22 pigment samples sorted out of the data set previously. The PLS-DA models were applied to the test set samples by using the optimal number of PLS-components and the optimum threshold for the discriminant variable (both obtained from the training set). Results in Table 2 show that for 10 of the 11 pigment classes both samples were correctly assigned. One test set sample of class 7 (Benzimidazolone pigments) was partially misclassified as that sample was assigned to two classes: one correct and another wrong. These results indicate a presumably high classification power of the developed method; however, the rather small test set does not allow a final evaluation.

3.3. Classification of Unknown Samples

Since a good classification performance of the PLS-DA models could be seen from the results obtained for the test set samples, capability of the multivariate data analysis of the synthetic organic pigments FTIR spectra should be verified on real paint samples, taken from works of art.

For that purpose PLS-DA classification models of the 11 pigment classes were applied to the FTIR spectra of six unknown paint samples of two paintings by My Ullmann (Figure 4, 5) dated about 1925 and the results were compared with those obtained by expert analysis[9] (considered as true results).

Spectra of the unknown samples have to be pre-processed in the same way as the FTIR spectra in the training set. As some of the samples depicted only weak intensities of relevant absorption bands, the normalizing function has been modified. The parameter ‘zero point’, which is adjusting the baseline, had to be adapted by setting the abscissa value manually to the point at which the baseline had to be scaled. The wavenumber selected is the minimum absorbance in the spectral range of 1700-650 cm^{-1}, which has been considered for multivariate classification.

The classification results for the six paint samples are presented in Table 3. Three of the samples (P1, P3, P4) have been classified correctly; one sample (P6) was assigned to class 1 and 3, both azo pigment classes. Samples P2 and P5 yielded no assignment to any class, as no predicted value $\hat{y}$ was above the class-specific threshold. The latter result can be explained by the relative weak absorption bands of these FTIR spectra in the relevant spectral region. In these cases even the manually adapted normalizing procedure did not gain a better result. Interestingly, prediction results $\hat{y}$ for samples P2 and P5 were highest for the pigment class suggested in

the expert analysis (Figure 6). Note that the value of the discriminant variable may be negative due to the applied regression approach in which the target value for class 0 has been set to value 0; because all critical values are positive, such a sample is assigned to class 0.

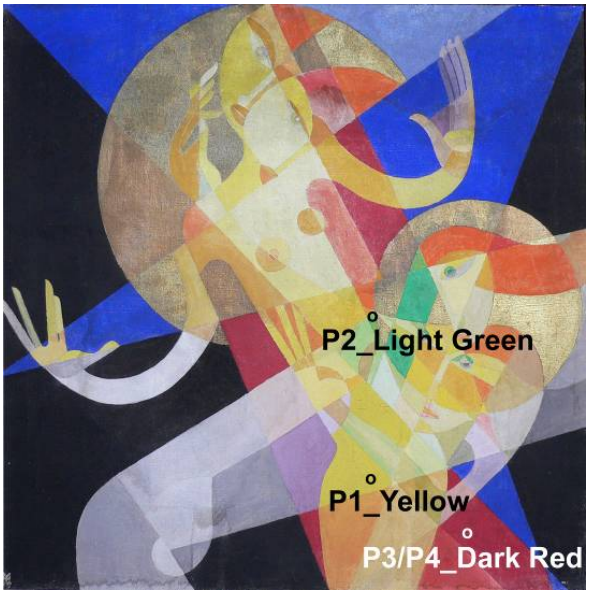


Figure 4: Painting 1, *Composition with Two Nudes*, My Ullmann, 1925, 80 x 79.8 cm, gouache on canvas, Wien Museum, Vienna.

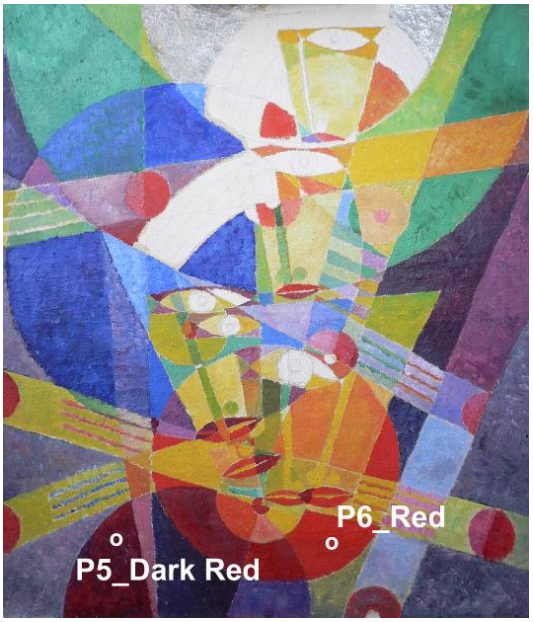


Figure 5: Painting 2, *Faces in a Circle Figuration*, My Ullmann, 1923, 65 x 55 cm, oil on canvas, Wien Museum, Vienna.

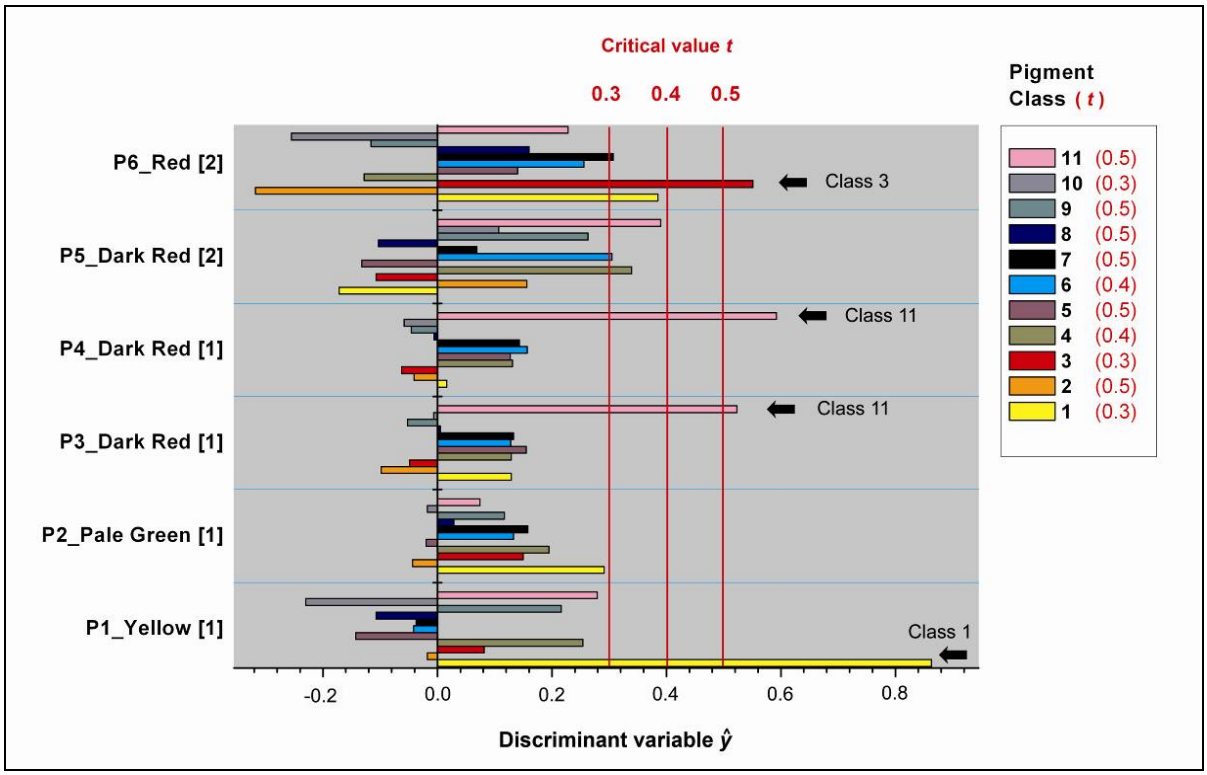


Figure 6: Classification results of six paint samples taken from the paintings by My Ullmann (see Figure 4, 5): The diagram shows for each sample the values of the discriminant variables, $\hat{y}$, obtained from 11 classification models. The sample is classified as class member, if $\hat{y}$ is equal or higher than the critical value, which is enclosed in the legend for each class.

Table 3: Prediction of unknown paint samples; P6 was classified inconclusively (*) as class 1 and class 3 member.

Unknown Paint Samples		Class (expert)	*n*	correct	wrong
P1	Yellow (Painting 1)	1	2	1	1
P2	Light Green (Painting 1)				
P3	Dark Red (Painting 1)	11	3	2	1
P4	Dark Red (Painting 1)				
P5	Dark Red (Painting 2)				
P6	Red (Painting 2)	3	1	1*	0
sum			6	4	2

4. Conclusion

Multivariate data analysis of FTIR-spectra from synthetic organic pigments is a promising approach to support the classification of unknown samples which do not match library spectra. It was shown that the class of synthetic organic pigments can be determined with a high success rate by multivariate classification of their FTIR spectra, and furthermore classification of unknowns was possible by PLS-DA.

It is important to note that the spectra of unknowns must have strong absorption bands for the applicability of the developed method. In many cases this can be achieved by preprocessing of the spectral data, in particular by the normalizing function implemented in the IR software which is providing individually adjustments of the parameters. Future work should consider determination of the main- and subclass categories of synthetic organic pigments to provide better class separation. Further improvement of the method could be achieved by including more pigment classes, an expansion of the number of pigment samples available per class, and by application of variable selection procedures to optimize class separation.

5. References

1. M. R. Derrick, D. Stulik, *Infrared spectroscopy in conservation science,* Scientific tools for conservation series, Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1999, 113-114.

2. T. Learner, *Analysis of Modern Paints*, Research in Conservation Series, Getty Conservation Institute, Los Angeles, 2004, 92-97.

3. Software *Spectrum Search Plus 7.5*, Perkin Elmer, 40 Winter Street, Waltham, Massachusetts 02451, USA, http://www.perkinelmer.com.

4. R. G. Brereton, *Chemometrics. Data Analysis for the Laboratory and Chemical Plant*, Wiley & Sons, Chichester [et al.], 2006, 183-269.

5. T. Naes, T. Isaksson, T. Fearn, T. Davies, A user-friendly guide to multivariate calibration and classification, NIR Publications, Chichester, United Kingdom, 2004.

6. W. Herbst, K. Hunger, *Industrielle Organische Pigmente, Herstellung, Eigenschaften, Anwendung.* VCH, Weinheim, 1995, 4-11.

7. L. Eriksson, H. Antti, E. Holmes, E. Johansson, T. Lundstedt, J. Shockcor, S. Wold, *Partial least squares (PLS)*, in: J. Gasteiger (ed.): *Handbook of Chemoinformatics*, Vol. 3, Wiley-VCH, Weinheim, 2003, 1134-1166.

8. P. M. Ramos, I. Ruisanchez, *Data fusion and dual-domain classification analysis of pigments studied in works of art*, Analytica Chimica Acta, 2006, **558(1-2)**, 274-282.

9. A. Schäning, M. Schreiner, M. Mäder, U. Storch, *Synthetische organische Pigmente in Künstlerfarben des frühen 20. Jahrhunderts: Möglichkeiten und Grenzen ihrer Identifizierung am Beispiel von zwei Gemälden um 1925 von My/Marianne Ullmann,* Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, 1/2007, 87-110.

10. FTIR reference spectra of the Tate Organic Pigment Archive, Millbank, London SW1P 4 RG.

11. Software *The Unscrambler v 9.7*, CAMO Software AS, Nedre Vollgate 8, N-0158, OSLO Norway, www.camo.no.

12. K. Varmuza and P. Filzmoser, *Introduction to Multivariate Statistical Analysis in Chemometrics*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 2009.

6. Acknowledgement

The authors gratefully acknowledge Dr. T. Learner (GCI) for providing FTIR reference spectra of the Tate Organic Pigment Archive, Millbank, London SW1P 4 RG.

9. Synthetische organische Farbmittel in Künstlerfarben in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts

Einleitung und Themeneingrenzung

Die Resultate der Malschichtuntersuchungen an Kunstwerken des frühen 20. Jahrhunderts und die Problemstellungen bei der Interpretation der Ergebnisse gaben Anlass, den Fragen zur Verwendung und Akzeptanz synthetischer organischer Farbmittel in Farben bzw. Künstlerfarben des Untersuchungszeitraumes im deutschen Sprachraum nachzugehen.

Während in den gegenwärtigen Künstlerfarbensortimenten bereits zu großen Anteilen synthetische organische Pigmente eingesetzt werden,[1] waren Anfang des 20. Jahrhunderts noch weit weniger Substanzen dieser Pigmentklasse bekannt und ihre Verwendung dementsprechend limitiert. Allerdings wurden bereits in den frühen Jahren der industriellen Synthetisierung von Farbstoffen im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts Farblacke produziert, die spätestens in den 1880er Jahren schon in großer Anzahl im Handel waren[2] und vor allem bei der Herstellung von Anstrich- und Dekorationsfarben, Tapeten- und Druckfarben zum Einsatz kamen. Durch die unzureichenden Echtheiten bzw. Applikationseigenschaften der frühen so genannten Teerfarblacke[3] konnten damit allerdings noch keine qualitativ hochwertigen Farben produziert werden; trotzdem wurden diese Farbmittel teilweise auch in Künstlerfarben verwendet. Die ganze Produktgruppe wurde bald zu einem Synonym für Farbenfälschung bzw. Farbenschwindel und in den Fachjournalen sehr kritisch durch zeitgenössische Farbenverbraucher, aber auch Chemiker und Produzenten diskutiert. Insbesondere in Künstlerkreisen war man um die Qualität des Materials besorgt und begegnete der Einführung der synthetischen organischen Farbmittel in Maler- und Künstlerfarben mit Vorsicht und Skepsis. Als um 1900 die ersten für Pigmentierungen geeigneten verlackten Verbindungen (verlackte ß-Naphthol-Pigmente) auf den Markt kamen, die heute als älteste synthetische organische Pigmente teilweise immer noch in Anwendung sind, konnten sich diese aber gegen die Vorurteile und Pauschalverurteilungen zunächst kaum von den minderwertigeren lichtunechten Teerfarblacken emanzipieren.

Die komplexe Chemie der synthetischen organischen Farbmittel erleichterte die Überzeugungsarbeit nicht gerade, kamen doch mit den neuen Substanzklassen vollkommen andere, oft verwirrende Nomenklaturen ins Spiel. Verkompliziert wurden die Bezeichnungen durch Fabrikationsablauf und Zwischenhandel: Teerfarben-Fabriken lieferten den Farbstoff an eine Pigmentfarbenfabrik, welche diesen verlackte oder mit anderen Farben verkollerte und dem fertigen Pigment dann einen neuen Namen gab. Die Pigmentfarbenfabriken lieferten aber nicht direkt an den Verbraucher, sondern an den Händler oder Kleinfabrikanten; dieser benannte die Pigmente erneut anders und verschnitt sie gegebenenfalls.[4]

Aus dieser Gesamtsituation heraus, die durch eine verwirrende Materialvielfalt unterschiedlichster ungenormter Qualitäten geprägt war und sowohl Farb- als auch Bindemittel betraf, wurde seit den 1880er Jahren - und verstärkt in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts - von verschiedenen Gremien und Organisationen der Verbraucher- und Fabrikantenseite angestrebt, auf nationaler Ebene Qualitätskriterien für die Malmaterialien zu erarbeiten.

Im Zusammenhang mit der Diskussion um diese Qualitätskriterien finden sich in der damaligen Fachliteratur[5] entsprechend häufig Beiträge zu den synthetischen organischen Farbmitteln in Farben bzw.

1 Eine Evaluierung ausgewählter gegenwärtiger Künstler- bzw. Designerfarbensortimente von Winsor & Newton aus dem International Catalogue [Winsor & Newton (2002)], zeigt folgendes Ergebnis: In der Produktgruppe Artists` oil colour (beste Künstler-Qualität) sind bei 120 aufgelisteten Tubenfarben in 46 Farbtönen (etwa 38%) synthetische organische Pigmente, teilweise in Mischung mit anorganischen Pigmenten, enthalten. Die Winton Oil Colour Tubenfarben (Studien-Qualität) weisen bei 56 Farbtönen 23 synthetische organische Pigmente auf (etwa 41%); Designers Gouache in 56 von 90 Farbtönen (etwa 62%) und Artists` Water Colour in 37 von 91 Farben (etwa 41%). Ein ähnliches Ergebnis zeigt die Auswertung der Schmincke-Listen [Schmincke (2005)]: In den Künstler-Harz-Ölfarben Mussini sind in 42 von 92 Farben synthetische organische Pigmente enthalten (etwa 46%); bei HKS Designers Gouache sogar in 48 von 60 Farben (80%). Vgl. auch: Frowein (2004).

2 Curtis (1929), S. 1.

3 Die Begriffe ‚Teerfarbstoff' bzw. ‚Teerfarblack' sind inzwischen historische Bezeichnungen für synthetische organische Farbstoffe und Pigmente, die man ursprünglich aus den im Steinkohlenteer (Abfallprodukt der Gasbeleuchtungsindustrie) enthaltenen Verbindungen herstellte. Vgl. Römpp (1992), S. 4474-4475.

4 Wagner (1924-b), S. 160.

5 z.B. Technische Mitteilungen für Malerei, Farbenzeitung u.a. Fachjournale.

insbesondere Künstlerfarben. Dabei wurde schon früh zwischen den unterschiedlichen Anforderungen an Dekorationsfarben und Künstlerfarben unterschieden. Trotzdem gestaltet sich eine genaue Evaluierung ihrer Verwendung in Farbsystemen für den Beginn des 20. Jahrhunderts relativ schwierig. Obwohl die Daten zur Entwicklung und Patentierung der relevanten organischen Farbstoffe und Pigmente in Katalog[6]- und Standardwerken[7] erfasst und in der jeweiligen Fachpresse erörtert wurden, mangelt es doch an Referenzen zur tatsächlichen Verwendung dieser Materialien. Das kann einerseits sicher auf die Diversität der Quellenlage zurückgeführt werden, die wiederum durch die Unübersichtlichkeit des Marktes mit unzähligen Herstellern[8] und chaotischer Nomenklatur bedingt wurde, andererseits ging aber auch viel Quellenmaterial in den Weltkriegen verloren, insbesondere die Archivalien relevanter deutscher (Künstler)-Farbenhersteller.
Der Schwerpunkt des folgenden Kapitels liegt auf der Auswertung verschiedener Typen von Quellenmaterial, um die Verwendung der synthetischen organischen Farbmittel in Künstlerfarben im deutschsprachigen Raum für die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts (bis ~1940) zu evaluieren. Hinsichtlich der Akzeptanz und dem Umgang mit synthetischen organischen Farbmitteln im deutschsprachigen Raum ist vor allem das seit 1884 erscheinende Fachblatt *Technische Mitteilungen für Malerei* eine wichtige Quelle. Für den Betrachtungszeitraum wird daraus relevantes Material bis 1940 chronologisch ausgewertet; die ersten Jahrgänge aus dem späten 19. Jahrhundert werden ebenfalls einbezogen. Des Weiteren wurden auch ausgewählte Malmaterialienkundewerke der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts hinsichtlich ihrer Inhalte und Lehrmeinungen über die so genannten Teerfarbstoffe berücksichtigt, da gerade die weit verbreiteten und oft neu aufgelegten Schriften (wie z.B. Doerner) einen meinungsbildenden Einfluss hatten.
Ergänzend zu den Literaturrecherchen konnten außerdem Archivdaten von einem Pigment(farben) hersteller (*Siegle*, Deutschland, *BASF*-Archiv) und von Künstlerfarbenherstellern [*Winsor & Newton* (England) sowie *Talens* (Niederlande)] einbezogen werden, die beide als ausländische Hersteller von internationalem Rang im deutschen Künstlerfarbenhandel eine wichtige Rolle spielten.

9.1. Verwendung und Akzeptanz synthetischer organischer Farbmittel in Künstlerfarben - Vergleich ausgewählter deutschsprachiger Malmaterialienkundeschriften bis 1941

„Richtig ist, dass gegenwärtig fast niemand weiß, womit er malt. … dieses Geständnis [bietet] einen Schlüssel für die maltechnischen Kenntnisse der Gegenwart.“[9]
„Eine Menge unhaltbarer Farbstoffe hat die neue Chemie auch geschaffen…Um sie meiden zu können, muss man sie kennen und erkennen.“[10]
„Hoffentlich können aber unsere Nachkommen in 100 Jahren trotzdem nachschlagen, was die Farbmittel-Industrie anno 1927 leisten konnte.“[11]

Maltechnische Abhandlungen und Malerbücher werden im deutschsprachigen Raum in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zahlreich publiziert.[12] Bis etwa 1910/20 sind diese zum großen Teil entweder von Künstlern oder von Chemikern verfasst worden.[13] Allerdings gewinnen im Laufe der Jahre aus dieser Gruppe zunehmend Titel an Bedeutung, die das materialwissenschaftliche und chemische Wissen dezidiert für Kunststudierende aufbereiten, so beispielsweise Linke (1904) mit *„Die Malerfarben, Mal- und Bindemittel und ihre Verwendung in der Maltechnik“* und Eibner (1909) in *„Malmaterialienkunde als Grundlage der Maltechnik“*; beide Autoren sind Chemiker. Einen wesentlichen Beitrag zur maltechnischen Literatur leistet Max Doerner mit *„Malmaterialien und ihre Verwendung im Bilde“* (1. Aufl. 1921; aktuell 21. Aufl. 2006). Der Autor widmet sich als Künstler und Praktiker der Maltechnik und beabsichtigt mit

6 Farbstofftabellen von G. Schultz (erschienen seit 1888 in sieben Auflagen, 7. Aufl. 1931-39); Colour-Index (1. Aufl. 1924-1928, 2. Aufl. 1956-1967, 3. Aufl. 1971-98, 4. Aufl. 2003 als Online-Publikation; wird ständig aktualisiert).
7 Venkataraman (1971); Lewis (1988); Herbst/Hunger (1995); Kittel (2003), S. 244-276.
8 Vgl. Schultz (1914): S. VI-XI: Auflistung von 56 Teerfarbstoff-Firmen und 30 Firmen, die aufgelassen oder übernommen wurden sowie 104 Fabriken für Erdfarben, Mineralfarben, Farblacke und Farbextrakte.
9 Keim (1903), S. 54.
10 Linke/Beutel (1924), S. VI.
11 Trillich (1927), S. 114.
12 Keim (1903); Kiesling (1908); Eibner (1909); Linke (1. Aufl. 1904; 2. Aufl. 1908); Linke/Adam (3. Aufl. 1913); Linke/Beutel (4. Aufl. 1924); Doerner (1. Aufl. 1921; acht weitere Auflagen bis 1949); u.a.
13 Eibner (1909), S. V, S. XX-XXI: In Eibners Literaturübersicht werden die Werke in ‚Farbenfabrikation und wissenschaftlich maltechnische Werke' und ‚Künstlerisch-maltechnische Werke' unterteilt.

seinem Buch die Förderung vom *„Verständnis der Zusammenhänge maltechnischer Vorgänge“* sowie der *„Zusammenarbeit von der Wissenschaft und Praxis“*[14]. Diese maltechnische Literatur ist hinsichtlich der Verwendung synthetischer organischer Farbmittel in Künstler- bzw. Dekorationsfarben relevant, lässt aber nur bedingt Rückschlüsse auf die gesamte Palette der angebotenen Farben bzw. auf die Marktsituation zu. Hierzu ist die materialwissenschaftliche Literatur für Farbentechniker oder auch Chemiker generell wesentlich aussagekräftiger.

Maltechnische Werke zu einzelnen künstlerischen Techniken sind oft explizit aus künstlerischer Sicht geschrieben, und legen mehr (z. B. Doerner, der auch die einzelnen Techniken inkludiert) oder weniger Wert (Kiesling, 1908) auf den materialtechnischen Aspekt. Die Autoren beziehen ihre diesbezüglichen Informationen entweder aus der chemischen-materialwissenschaftlichen Literatur oder fassen diese zusammen; hinsichtlich der Verwendung synthetischer organischer Farbmittel sind diese Werke daher weniger aussagekräftig. Die so genannten Teerfarben werden gegebenenfalls unter den einzelnen Farbtonkapiteln eingefügt und die Informationen sind dann sehr knapp gehalten, dadurch ungenau, und dominant bleiben die Hinweise zum Vermeiden dieser Farbmittel.

Neben den fundierten maltechnischen Werken, die schon unter den zeitgenössischen Fachleuten auf positive Resonanz stießen, dürften um die Jahrhundertwende auch zahlreiche weniger fachkundige Schriften kursiert sein, die entweder die Aspekte der Materialwissenschaft ignorierten oder diese mit einzubringen versuchten, aber daran scheiterten.[15] So zitiert und kritisiert Keim (1903) - im gewissen Sinn exemplarisch - einerseits die Uninformiertheit und Widersprüchlichkeit dieser künstlerischen Fachschriften, wie von Petersen,[16] und andererseits die zahlreichen chemisch falschen Angaben, wie bei Schultze-Naumburg.[17] Interessanterweise wird Schultze-Naumburgs Buch von der zeitgenössischen Kritik und Presse sogar vielfach gelobt.[18]

Für die Situation zu Beginn des 20. Jahrhunderts war das bezeichnend: Die meisten Farbenverbraucher waren aufgrund ihres begrenzten Malmaterial-Wissens vermutlich kaum in der Lage, das Materialangebot zu erfassen, zu werten und daraus sinnvoll zu wählen. In diesem Zusammenhang überforderten die synthetischen organischen Farbmittel den Kenntnisstand wohl vollkommen, zumal der Maltechnik- und Malmaterial-Unterricht für Kunststudierende sich gerade erst zu etablieren begann.[19]

Die Sichtung maltechnischer Schriften des deutschsprachigen Raums zeigt zwischen etwa 1905 bis in die 1930er Jahre eine deutliche Entwicklung, damit ist offenbar auch eine Verbesserung der von Keim 1903 beschriebene unbefriedigende Situation hinsichtlich der Publikations-Qualität verbunden. Allerdings lässt sich Verbreitung der maltechnischen Schriften schwer abschätzen, ebenso wenig deren Akzeptanz. Wahrscheinlich muss aber auch davon ausgegangen werden, dass zum Teil maltechnische Literatur - obwohl vorhanden - nicht genutzt wurde.[20] Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde konnte diesem Aspekt allerdings nicht nachgegangen werden.

Aus der Vielzahl der Werke von werden hier nur jene herausgegriffen, die bereits damals fachliche Anerkennung erlangen konnten und aus maltechnisch-materialwissenschaftlicher Sicht geschrieben wurden. Die Kapitel oder Abschnitte zum den Teerfarben werden im Folgenden zusammengefasst und die Inhalte verglichen, wenn verschiedene Auflagen vorliegen. Einbezogen werden folgende Werke:

- Alexander Eibner *Malmaterialienkunde als Grundlage der Maltechnik*, 1909
- Friedrich Linke *Die Malerfarben, Mal- und Bindemittel und ihre Verwendung in der Maltechnik,* 2. Auflage/1908, 3. Auflage/1913, 4. Auflage/1924

14 Doerner (1921), S. V.
15 Vgl. Trillich (1928), S. 45.
16 Keim (1903), S. 52-75: Keim zitiert aus Petersen, H., *„Über die Qualitätsbestimmung des Oelfarbenmaterials für Tafelmalerei“.* In: Kunst für Alle, Heft 12/1897 (Petersen ist 1903 der 1. Vorsitzende der Münchner Künstlergenossenschaft).
17 Keim (1903), S. 76-88: Schultze-Naumburg, P., Die Technik der Malerei, Leipzig: Haberland, 1902. Keim widmet dem Verriss des Schultze-Naumburg Buchs über zehn Seiten und kritisiert anhand des Werkes in gewisser Weise exemplarisch die Unzulänglichkeiten der damaligen ‚modernen' Maltechnikschriften.
18 Keim (1903), S. 86.
19 Vgl. Wagner (1967), S. 393: An der Akademie in Wien wurden seit 1874/1875 Farbenlehre und Farbenchemie als Hilfswissenschaften unterrichtet. Vgl. Trillich (1928), S. 40-41: In Berlin-Charlottenburg gab es spätestens seit 1902 Malmaterialienkunde-Vorlesungen; an der Akademie in München erst seit 1906/07 durch Eibner. Doerner begann dort 1912 mit seinen Vorträgen und übernahm nach 1918 auch Eibners Anteile.
20 Vgl. Saint-George (2003), S. 306: Erich Heckel (1883-1970), Mitbegründer der Künstlergemeinschaft Brücke (1905-1913) berichtet rückblickend, keinen Doerner bzw. keine Maltechnischen Mitteilungen gehabt bzw. gekannt zu haben. Vermutlich sind mit letzteren die Technischen Mitteilungen für Malerei gemeint; diese gab es seit 1884.

- Ernst Beutel *Die Werkstoffe des Kunst- und Dekorationsmalers*, 2. Auflage/1931
- Max Doerner *Malmaterial und seine Verwendung im Bilde*, 1. Auflage/1921, 2. Auflage/1922, 3. Auflage /1928, 4. Auflage/1933, 6. Auflage/1938, 7. Auflage/1941

Inhaltlich müssen die Bücher gegeneinander klar abgegrenzt werden: Während Eibner, Linke und Beutel trotz der Praxisnähe vor allem aus der naturwissenschaftlichen Sicht schreiben, publiziert Doerner aus der Position des Künstlers/Maltechnikers als Praktiker.

9.1.1. Alexander Eibner: „Malmaterialienkunde als Grundlage der Maltechnik“ (1909)

Das Malmaterialien-Buch von Eibner (1862-1935),[21] 1909 eines der umfangreichsten dieser Art, entstand aus dessen Vorlesungen *Chemie in der Maltechnik* an der k.b. Kunstakademie in München.[22] Das Werk kombiniert – ähnlich wie sonst nur noch Linke[23] – die naturwissenschaftlichen Grundlagen mit der Malmaterialienkunde und künstlerischen Techniken. Unter *B: Organische Farbstoffe* ist den *Teerfarbstoffen* (S. 214-226) ein eigenes Kapitel gewidmet. Dieses basiert auf Eibners Publikation in der *Chemiker Zeitung* (XXVI/1908; S. 101-104: *„Über die Verwendung der Teerfarbstoffe in der Anstrichtechnik“*) bzw. auf dem gleichnamigen Artikel in den Technischen Mitteilungen. Allerdings ist der letztgenannte Beitrag wesentlich umfangreicher.[24]

Eibner erläutert in seinen Ausführungen zu den Teerfarbstoffen kurz die Entwicklungsgeschichte für das Gebiet der ‚Teerfarblacke' und unterscheidet diese bewusst von den ‚Pigmentfarbstoffen' (im heutigen Sinn: Pigmente); erwähnt werden die Entwicklungsfarbstoffe der Paranitranilinrotreihe oder Eisfarben (ß-Naptholpigmente); die *Litholrotreihe* (verlackte ß-Naphtholpigmente; *Litholrot* C.I. PR 49, 15630) und die *Lackrot-* (auch verlackte ß-Naphtholrotpigmente; *Lackrot P*, 15550; 1901 entdeckt; *Lackrot C*, C.I. PR 53, 15585; 1902 entdeckt) und *Pigmentgelbgruppe* (*Pigmentechtgelb G*, C.I. Dye for Lakes/ ohne Nr., 18700; *Pigmentechtgelb P*, C.I. Dye for Lakes/ohne Nr.; 18720). Laut Eibner werden die betreffenden Substanzen vor allem in der *„Anstreicherei und im Buntdruck“* verwendet.[25]

Der Autor hat eigene Belichtungsversuche mit Aufstrichen der damals angebotenen Teerfarblacke und auch ‚Pigmentfarbstoffe' durchgeführt und publiziert die Ergebnisse in tabellarischer Form.

Den eigenen Belichtungstests zufolge erwartet Eibner aus der Gruppe der Anthrachinonfarbstoffe die lichtechtesten Farbmittel. Angeführt werden auch *Helioechtblau* (Anthrachinon) und *Helioechtchromgelb* (Bayer & Co.), das *Indanthren* und *Flavanthren* (*BASF*).[26]

Zum Thema Ölechtheit der Teerfarbstoffe notiert Eibner, dass die Tonveränderungen teilweise nicht nur auf Lichteinwirkung zurückzuführen sind, da einige der Veränderungen auch ohne Belichtung beobachtet wurden. So wurden bei *Thioindigorot B* (C.I. Vat Red 41, 73300) und *Thioindigorot BA* bei Zinkweiß/Bleiweißausmischungen in Leinöl schon nach 4 Tagen im Halbdunklen die komplette Entfärbung festgestellt, während diese als Aquarellfarbe an Lichtechtheit den natürlichen Indigo übertreffen; *Thioindigoscharlach R* (C.I. Vat Dye/keine Nr., 73635) zeigte diese Veränderungen in so kurzer Zeit nicht.[27]

In Eibners Beurteilung der Teerfarbstoffe fließen seine Belichtungstest-Ergebnisse ein. Den Prüfmethoden widmet der Autor ein eigenes Kapitel und propagiert darin im Wesentlichen ein Ziffernsystem von 1-5, das die Lichtechtheit bewertet. Prüfmethoden für alle Kriterien waren allerdings damals noch nicht ausgearbeitet und Eibner stellt die Bildung einer entsprechenden Kommission in Aussicht.[28] Schließlich weist der Autor noch auf den Vorschlag hin, alle hauptsächlich Teerfarbstoffe enthaltenden Farben mit ‚T' zu kennzeichnen, während die ‚S' -Farben-Kennzeichnung für geschönte Mineralfarben verwendet werden sollte.[29]

21 Neue deut. Biographie, Bd.: 4 (1959), S. 367.
22 Eibner (1909); Alexander Eibner war von 1907 bis 1935 Leiter der Münchner Versuchsanstalt (Vorläufer des 1937 als Staatliche Prüf- und Forschungsanstalt für Farbentechnik gegründeten Reichsinstituts für Maltechnik/ Doerner-Institut); Vgl. http:// www.doernerinstitut.de/de/geschichte/geschichte_4.html (access 1.7.2008).
23 Linke (1904, 1908); Linke/Adam (1913).
24 Vgl. Eibner (1908-a, 1908-b, 1908-c).
25 Eibner (1909), S. 219.
26 Eibner (1909), S. 222.
27 Eibner (1909), S. 223.
28 Eibner (1909), S. 224-225.
29 Eibner (1909), S. 226.

9.1.2. Friedrich Linke: „Die Malerfarben, Mal- und Bindemittel und ihre Verwendung in der Maltechnik“ (1904, 1908, 1913, 1924)

Linke publiziert 1904[30] in erster Auflage *„Die Malerfarben, Mal- und Bindemittel und ihre Verwendung in der Maltechnik“;* das Buch soll *„Zur Belehrung über die chemisch-technischen Grundlagen der Malerei für Kunstschulen, Kunst- und Dekorationsmaler“* dienen. Schon Eibner (1909) erwähnt das Werk anerkennend. In der 2. Auflage 1908 widmet Linke den Teerfarben ein eigenes Kapitel und konstatiert bereits zu Beginn, dass

> „*die Laienwelt […] diese Farben fälschlich auch unter dem Namen ‚Anilinfarben' zusammen(fasst)“*, obwohl diese nur *„eine kleine Gruppe der Teerfarben vorstellen, die Anilin […] und verwandte Stoffe […] zur Basis haben.“*

Die Brauchbarkeit der Teerfarben bzw. Teerfarbenlacke für die ‚Malkunst' schränkt Linke stark ein:

> *„Die meisten sind nicht genügend lichtecht, desgleichen die Farblacke, die aus denselben dargestellt werden können.“* Die *„eigentlichen Anilinfarben“* sind am *„verrufensten“*, *„z.B. Fuchsin (Anilinrot), Anilinviolett (Mauve), Methylgrün, Anilinblau, die Eosine, viele gelbe und orangegelben Nitrosofarbkörper“.*[31]

Der Autor stellt auch fest, dass sich die *„schlechtesten unter die Malerfarben eingeschlichen haben“* und diese *„in den Verzeichnissen der Malerfarbenfabriken aufgeführt“* werden. Linke nennt *Anilinviolett (Mauve), Magenta Rot, Anilingelb, auch Persischgelb genannt, Solferino-Rosa sowie violette und rote Lacke unter Phantasienamen wie Geranium-, Cäsar-Lack und auch Saflorrot (Rose Carthame)*. Besser geeignet stuft der Autor die Azofarbstoffe ein (Scharlach- und Bordeauxrot), *„aber auch diese sind für die Malerei noch nicht beständig genug“.* Als lichtechteste, künstliche Farbstoffe werden die Anthrazenfarben genannt, *„namentlich die vom Alizarin […] entstammenden Alizarinlacke.“* Linke erwähnt auch synthetischen Indigo, ohne diesen zu werten.

Zwecks Prüfung der Teerfarblacke weist der Autor darauf hin, dass in den meisten Fällen eine *„'Waschunechtheit' gegen Alkohol oder Wasser“* auftritt und gegebenenfalls *„auch konzentrierte Schwefelsäure […] zur Erkennung von Teerfarben in Mischungen dienen“* kann.[32] Die *Normalfarben* für Ölmalerei der *Münchner Gesellschaft zur Förderung rationeller Malverfahren* listet Linke im Anschluss an das Teerfarben-Kapitel auf.[33]

In der 3. Auflage 1913[34] wird der Text des Kapitels ‚Teerfarben' beibehalten, aber um einen wesentlichen Einschub ergänzt. Linke listet als *„hervorragend lichtechte neue Pigmente […] Litholrot-, die Lackrot-Farben, Pigmentscharlach und Verwandte“* auf. Im Kontext mit Alizarinlack und synthetischem Indigo erklärt der Autor, dass durch die *„Forschung über die Konstitution des Alizarin und des Indigoblaus“* nun den beiden Verbindungen sehr ähnliche weitere Pigmente hergestellt werden könnten.

> *„So die roten und purpurvioletten Thioindigofarbstoffe, die sich als Wasserfarben bedeutend lichtechter als der natürliche Indigo erweisen haben.*“ Linke stellt dann die *„an Lichtechtheit alles überragenden […] Anthrazen Küpenfarben“* vor*: „die Indanthrenfarben […], die Flavanthren-, die Algol-Farben, eine Reihe Alizarinfarben, wie Alizarin-astrol, -irisol, -rubinol und Verwandte. Die hervorragendsten derselben werden heute schon zu Malerfarben, sowohl Öl- als Wasserfarben verarbeitet: Von der Firma Günther Wagner in Wien-Hannover die so genannten Eilidofarben; von der Firma Schmincke & Co. in Düsseldorf.“*

Nähere Angaben dazu finden sich nicht. Linke fügt außerdem an, dass alle diese Farben in heftiger Diskussion stehen.[35]

Die 4. Auflage von 1924[36] zeigt kaum Veränderungen im Text des Kapitels *IX. Teerfarben*. Ergänzt worden sind im Absatz nach den Alizarinfarben *„ferner Helioechtrot, Helioechtgelb, Permanentrot usw.“*, allerdings wird deren chemische Klasse nicht erläutert, außerdem fehlt die Spezifizierung der Produktnamen durch die ‚Buchstaben'. Die Reihung nach den Küpenfarbstoffen täuscht vor, dass die genannten Pigmente ebenfalls zu diesen gehören. Weiterhin erwähnen die Autoren, dass *„die*

30 Die 2. Aufl. erscheint 1908, die 3. Aufl. 1913 (Linke/Adam), die 4. Aufl. 1924 (Linke/Beutel).
31 Linke (1908), S. 77.
32 Linke (1908), S. 78.
33 Linke (1908), S. 79.
34 Linke (1913), S. 81-83.
35 Linke (1913), S. 82.
36 Linke/Beutel (1924), S. 118-121.

lichtechten Teerfarbstoffe […] heute öfters unter dem Namen Pigmentteerfarbstoffe zusammengefasst" werden.[37] Im Gegensatz zur 3. Auflage erwähnen Linke/Beutel keine Firmennamen wie *Wagner* oder *Schmincke*.

9.1.3. Ernst Beutel: „Die Werkstoffe des Kunst- und Dekorationsmalers" (1931)

Beutel,[38] der schon für die 4. Auflage von Linke (1924) verantwortlich zeichnete, gibt 1931 in 2. Auflage selber ein Buch über „Die Werkstoffe des Kunst- und Dekorationsmalers"[39] heraus. Die synthetischen organischen Farbmittel werden nur kurz behandelt. Im Wesentlichen bezieht sich der Autor im Kapitel *Organische Pigmentfarben*[40] auf Linke/Beutel (1924, S. 118-121). Beutel erläutert, dass

> *„…nach jahrzehntelangen Bemühungen…gelungen (ist), schöne und feurige Farben herzustellen, die so lichtecht sind, dass sie sich für die Zwecke des Dekorationsmalers und Anstreichers vollkommen eignen, die alten anorganischen Pigmente immer mehr verdrängen,…"* (S. 88/89).

Von Beutel werden folgende Namen aufgelistet:

> *„[…] die Hansafarben (Gelb usw.), das Helioechtrot, die Indanthrenfarben (insbesondere das Indanthrenblau GGSL), die Litholfarben (gelb, kreß, scharlach, rubin, rot), das Permanentrot, das Pigmentlackrot, der Pigmentscharlach, die künstlichen Krapplacke, künstlicher Indigo, die Flavanthren- und Algolfarben u.a.".*[41]

Interessanterweise gibt der Autor auch die von Ostwald in *Maltechnik* genannten ‚löslichen' Teerfarbstoffe an: *„Chinolingelb, Tartrazin, Orange P, Mandariin, Papierscharlach, Croceinscharlach, Acidiolechtviolett, Helioechtblau, Wasserblau, Siriusblau, Siriusblau 6G, Neptunblau, Helioechtgrün, Nigrosin"*[42] und stuft diese für die Dekorationsmalerei als geeignet ein.

9.1.4. Max Doerner: „Malmaterial und seine Verwendung im Bilde" (1921, 1928, 1933, 1938, 1941)

Einer der ‚Klassiker' maltechnischer Literatur[43] „*Malmaterial und seine Verwendung im Bilde"*, die Zusammenfassung von Max Doerners (1870-1939)[44] Vorträgen an der Akademie der bildenden Künste in München, erscheint erstmals 1921. Der (Kunst-)Maler Max Doerner hatte mit seinen maltechnischen Vorträgen an der Akademie 1912 begonnen; nach 1918 wurde ihm auch die Lehranteile Eibners übertragen, der bereits seit der Übernahme der *Versuchsanstalt* 1906/07 durch die *TU München* beauftragt war, auch an der Akademie Malmaterialienkunde und ‚Malchemie' zu unterrichten.[45] Als 1922 an der Akademie eine außerordentliche und schließlich 1923 eine ordentliche Professur für Maltechnik eingerichtet wird, bekommt Doerner die Position.[46]

Inhaltlich ist Doerners maltechnisches Buch für Praktiker geschrieben, denn: *„Der Maler kann nicht Farbenchemiker sein. […] Die Probleme der Maltechnik können nur durch ein Zusammenarbeiten von Wissenschaften und Praxis gelöst werden."*[47]

Neben dem eigenständigen Kapitel ‚Teerfarbstoffe' werden bereits in dem nach Farbtönen gegliederten Kapitel ‚Farbstoffe' die jeweils von Doerner relevant beurteilten Teerfarbstoffe aufgeführt. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Surrogate für Indischgelb, um das Helioechtrot und den Alizarinkrapplack.

---

37 Linke/Beutel (1924), S. 120.
38 Vgl. Kapitel 5.1.: Ernst Beutel (1877-1944) unterrichtete von 1919 bis 1941 Farbenchemie an der Akademie der bildenden Künste Wien. Beutel wird 1921 a.o. Professor an der Hochschule für Welthandel in Wien; 1926 dann o.ö. Professor sowie außerdem Vorstand des Instituts für Technologie und Warenkunde, das er in Technologisches Institut umbenennt. Vgl. http://members.vienna.at/bioware/beutel.htm (access 1.12.2008) und mündliche Mitteilung von Dr. Kiridus-Göller (Wien). Dezember 2008.
39 Beutel (1931), 2. Aufl. (1. Aufl. 1907).
40 Beutel (1931), S. 88-90.
41 Beutel (1931), S. 89.
42 Ebenda.
43 Doerner, Max, Malmaterial und seine Verwendung im Bilde, 1. Aufl. Berlin, 1921; 2. Aufl. 1922, 3. Aufl. 1928, 4. Aufl. 1933, 5. Aufl. 1936, 6. Aufl. 1938; mittlerweile 21. Auflage (2006), von T. Hoppe herausgegeben; Doerners Buch wurde schon 1934 ins Englische übersetzt von E. Neuhaus („The Materials of the Artist and Their Use in Painting with Notes on the Techniques of the Old Masters", New York, Harcourt Brace & World Inc., NY, 1934) und erlangte dadurch internationale Bedeutung.
44 Neue deut. Biographie, Bd.: 4 (1959), S. 34-35.
45 Vgl. Trillich (1928), S. 41: Eibner kann sich daraufhin vermehrt den wissenschaftlich-analytischen Fragen widmen.
46 Vgl. Trillich (1928), S. 41; Vgl. dazu auch Goltz (2002), S. 171-195 (Kapitel: Künstlerrestauratoren versus Naturwissenschaftler: Max Doerner gegen Alexander Eibner).
47 Doerner (1921), S. V.

Als Indischgelbsurrogate werden *„das lichtunechte Azogelb, wie der Naphtolgelblack“*[48] eingesetzt, die schnell verbräunen. Doerner beschreibt kurz eine Prüfmöglichkeit: *„In verdünnter Salzsäure bleibt Naphtolgelblack gelb und löst sich nicht, Azogelb wird braun“;* Indanthrengelb (*BASF*) [*Indanthren G* = C.I. Vat Yellow 1, 70600; PY 24, 70600] soll „*einem vollwertigen Ersatz für Indischgelb“* entsprechen.[49] Helioechtrot [*Helioechtrot RN* (By), PR 3, 12120)] wird als eigenständiges Pigment angeführt, das als Zinnoberersatz verwendet wird. *„Helioechtrot hat sich in Tempera, als Wasserfarbe und in Fresko“* bewährt; der Autor hält Helioechtrot außerdem auch für Ölfarben geeignet, gibt aber an, dass andere – wieder keine Quelle – meinen, es soll *„in Öl bräunen“.*[50]
Alizarinkrapplack (PR 83, 58000:1) bleibt nach Doerner das einzige Produkt der Teerfarbenindustrie, das völlige Berechtigung auf der Palette hat, da es *„an Haltbarkeit dem Naturprodukt bedeutend überlegen“* sei.[51] Prüfmethoden werden angeführt, um eine Verfälschung auszuschließen: „*Gibt man Salzsäure dazu, so muss der Krapp ausfallen, bleibt die Lösung rot, so sind Karmin oder Teerfarbstoffe vorhanden.“* Auch das Durchschlagen von Krapplack kann auf die *„Verfälschung mit unhaltbaren Teerfarben“* zurückzuführen sein.[52]
Den Teerfarbstoffen ist dann noch ein eigenständiges Kapitel gewidmet,[53] in dem Doerner im Allgemeinen zur Vorsicht rät, aber auch die Komplexität auf dem Gebiet zusammenzufassen versucht. Der Autor irrt gleich zu Beginn: *„1856 wurden von Runge* (sic!) *die Anilinfarben entdeckt,…“*[54]; der Fehler findet sich noch in der 3. Auflage 1928; wird aber mit der 4. Auflage 1933 in *„A. W. Perkin“*[55] korrigiert. Doerner erwähnt die verwirrend große Anzahl der Teerfarbstoffe und weist auf eine Vereinbarung zwischen Fabrikanten und Künstlern von 1907, nachdem *„Teerfarbstoffe nur nach „jahrelanger Prüfung beider Seiten in die Palette des Malers aufgenommen werden sollten“*.[56]
Doerner stellte selber Musteraufstrichtafeln mit Teerfarblacken her, erwähnt aber nicht, welche genau er verwendete. Das Ergebnis schien wenig überzeugend: *„Viele […] erweisen sich als ölunecht […] besonders die zitronengelben Farbtöne, für die bei der Veränderlichkeit der gelben Chromfarben, sowie des Kadmiums zitron, des Zinkgelb etc., ein lichtechter Ersatz ein Bedürfnis wäre,..“* erwiesen sich als keine Verbesserung und *„grünten noch mehr“.*[57] Als Beispiel für unterschiedliche Eignung in verschiedenen Bindemitteln führt Doerner Thioindigo an, der *„gut als Wasserfarbe“* hält, als Ölfarbe aber *„nur wenige Stunden.“* Die Prüfung der „Teerfarbstoffe“ stuft Doerner 1921 für den Laien als zu schwierig ein: Der einfache Test *„mit Spiritus auf Fließpapier“ […] um das Durchschlagen der Farbe zu beweisen“* ist nicht mehr ausreichend, da es viele *„spiritusechte […] Teerfarbstoffe“* gibt; die Echtheit in verschiedenen Bindemitteln sowie Lichtbeständigkeit sei ebenso zu prüfen.[58] Als Teerfarbstoffe, die in ihrer Eignung für Künstlerfarben von der Wissenschaft (keine Quelle) positiv bewertet wurden, wiederholt Doerner hier wiederum *Indanthrengelb* und *Helioechtrot*. Der positiven Prognose, dass von der *„Teerstoffindustrie (sic!), der wir den Alizarinkrapplack verdanken, in der Folge noch manche brauchbare Farbe […]“* erwartet werden könnte, steht schließlich doch wieder abschwächend entgegen, dass es keine Notwendigkeit *„nach Erweiterung oder Veränderung der Palette, ausgenommen die Zitronengelbe“* gäbe.[59]

Noch in der 3. Auflage (1928) von Doerners „*Malmaterial und seine Verwendung im Bilde“* sind die Auswahl der Teerfarbstoffe in den Farbrubriken und auch das Kapitel ‚Teerfarbstoffe' nicht wesentlich erweitert worden.
Zu Indischgelbersatz (Indanthrengelb), Helioechtrot und Alizarinkrapplack blieben die Textpassagen gleich. Ergänzt wurde, dass *„Teerfarbstoffe und die Mischtöne mit ihnen […] in Künstlerfarbkatalogen*

48 Doerner (1921), S. 51.
49 Ebenda.
50 Doerner (1921), S. 57-58.
51 Doerner (1921), S. 58.
52 Doerner (1921), S. 59.
53 Doerner (1921), S. 70-72.
54 Doerner (1921), S. 70.
55 Doerner (1933), S. 68 (Kap VIII. Teerfarbstoffe, S. 68-70).
56 Doerner (1921), S. 70.
57 Doerner (1921), S. 71.
58 Ebenda.
59 Doerner (1921), S. 72.

das Zeichen T tragen" sollten.[60] Doerner geht außerdem auf die Ostwaldfarben ein (wahrscheinlich schon in der 2. Auflage 1922), was die in den 1920er Jahren aktuelle Auseinandersetzung[61] widerspiegelt: *„Die Einführung solcher teilweise sehr lichtunechter Teerfarbstoffe in die Kunst, wie die der ‚Ostwaldfarben', sei es als Studien- oder Künstlerfarben, muss nachdrücklichst entgegengetreten werden."*[62]

In den 1930er Jahren erscheinen die 4. bis 6. Auflage von Doerners Buch. Teilweise sind im Text Literaturverweise angefügt, Jahr und Seite fehlen allerdings. Für die Teerfarbstoffe dürften wohl vor allem Eibner (1909) und Wagner (1928) relevant sein.[63] Das bestätigt sich auch: Die bei Wagner (1928) empfohlenen synthetischen organischen Pigmente (nur Handelsnamen)[64] entsprechen denen bei Doerner. In der 4. Auflage von 1933 finden sich in der Rubrik ‚Farbstoffe' mehr synthetische organische Farbmittel aufgeführt und das Kapitel ‚Teerfarbstoffe'[65] ist um wesentliche Aspekte ergänzt worden. Die 6. Auflage bleibt in den betreffenden Abschnitten noch unverändert; die 7. Auflage von 1941, nach Doerners Tod von Toni Roth herausgegeben, weist dann kleine Änderungen auf.
Im Kapitel ‚Farbstoffe' der 4. Auflage werden *Hansagelb 10G* (PY 3, 11710) und *5G* (PY 5, 11660) als neue Teerfarbstoffe genannt, die *„nach Dr. H. Wagner, Stuttgart, Cadmium citron an Lichtechtheit"* übertreffen und kalk- und ölecht sind.[66] 1941 kommt ergänzend dazu, dass Hansagelb *„als Künstlerfarbe in allen Techniken verwendbar ist."*[67] Indanthrengelb findet als Indischgelbersatz Erwähnung; dem echten Indischgelbfarbton entspricht am ehesten Indanthrengelb mit Cadmiumgelb.[68] Als Teerfarblacke für Zinnoberersatz werden *„Helioechtrot RBL, Pulver, Nr. 9 der Universalfarben der I.G. Farbenindustrie A.-G."* und *Litholechtscharlach R.N. (Nr. 8)*[69] (beide PR 3, 12120) beschrieben. Die Farbmittel werden für fast alle Techniken als geeignet eingestuft, nur für Außenfresko mit Vorsicht beurteilt. Der Autor räumt aber in diesem Abschnitt auch ein, dass es *„heute allerlei zinnoberartig gefärbte Teerfarbentöne"*[70] gibt, deren Applikationseigenschaften von Fall zu Fall nachzuprüfen wären.[71]
Aufgelistet wird dann *"Indanthrenbrillliantrosa R* (C.I. Vat Red 1, 73360; Indigoid)*, Pulver, Nr. 13 und Nr. 14 der Universalfarben […] für Töne zwischen Zinnober und hellem Krapp*[72] in allen Techniken. Synthetischer Alizarinkrapplack hat sich etabliert und wird nach dem natürlichen Krapp als lichtbeständiger angeführt. Dazu kommt bei den roten Pigmenten noch Helioechtrosa R.L. (PR 89, 60745), das als *„kalkechter krapplackähnlicher Teerfarbstoff, verwendbar im Innenraum (nach Dr. Wagner), und lichtechter als Alizarinkrapp"*[73] beschrieben wird. Unter den blauen Pigmenten führt Doerner in der Rubrik ‚Pariser-, Berliner-, Preußischblau' das *„Indanthrenblau GGSL (C.I. Vat Blue 4, 69800) als Ersatz im Fresko (nach Dr. H. Wagner)"*. Vom *„künstliche(n) Thioindigo, ein rotvioletter Farbstoff, der in Aquarell ziemlich beständig, aber ganz unnötig ist"*[74], wird abgeraten.
Das Kapitel ‚Teerfarbstoffe' fasst die in den einzelnen Farbrubriken bereits aufgeführten synthetischen organischen Farbmittel wieder kommentiert zusammen. Der Autor vermerkt, dass Alizarinkrapplack *„als Norm für die Lichtechtheit neu einzuführender Teerfarblacke",* zwar vereinbart, aber von den Herstellern nicht unbedingt eingehalten wurde. Positiv beurteilt werden die *„gut lichtechte(n) gelben Teerfarbstoffe wie Hansagelb 10G* (PY 3, 11710) *und 5G* (PY 5, 11660)*, die den Alizarinkrapplack an Lichtechtheit übertreffen."*[75] Aber grundsätzlich vertritt Doerner vor allem die zurückhaltende Position: „*Denn solange*

60 Doerner (1928-a), S. 87.
61 Vgl. Doerner (1922-b), S. 46-48.
62 Doerner (1922-b), S. 88.
63 Doerner (1933), S. 332; Doerner (1938), S. 347: Verwendete Literatur.
64 Vgl. z.B. Wagner (1928-a), S. 443, Teerfarbstoffe für Künstlerölfarben.
65 Doerner (1933), S. 68-70.
66 Doerner (1933), S. 51.
67 Doerner (1941), S. 53.
68 Doerner (1933), S. 49.
69 Doerner (1933), S. 56.
70 Ebenda.
71 Interessanterweise notiert Doerner (1933) S. 56, dass *„Helioechtrot […] nach Dr. H. Wagner Tubenmetall"* angreift und diese *„mit Zaponlack ausgegossen werden"* müssen. Wagner (1928), S. 68-69 liest sich jedoch etwas komplexer; er beschreibt hinsichtlich der *„Veränderung von Farben durch Metalle" in wässrigen Bindemitteln […] die Möglichkeit der rein chemischen Zersetzung in Berührung mit einem Metall"* (Blei- und Zinn-Tuben), die an der Berührungszone beginnt, sich dann durch die ganze Farbe fortsetzt und bei einigen Teerfarben- und Teerfarblacken auftreten kann. *„Besonders empfindlich sind Nitro- und Nitrosofarbstoffe, Naphtolgrün, Naphtolgelb, Helioechtrot […]."*
72 Doerner (1933), S. 57.
73 Ebenda.
74 Doerner (1933), S. 62.
75 Doerner (1933), S. 69.

die Meinungen der wissenschaftlichen Maltechniker z.B. in Fresko so weit auseinandergehen, dass Eibner mehr als 30 Teerfarbstoffe uns für Außenfresko empfiehlt, während H. Wagner, Stuttgart, sagt, nicht ein einziger Teerfarbstoff genüge hiefür, lassen wir besser die Finger noch davon.“[76]

Für Innenräume erwähnt Doerner nochmals das *„Helioechtrosa RL* (PR 89, 60745) *als kalkechten Krappersatz und Indanthrenblau GGSL für Preußischblau, Helioechtrot für Zinnober. […] Indanthrengelb mit Cadmiumzusatz“* wird als *„bester Ersatz für echtes Indischgelb“* empfohlen. Interessanterweise sind die Angaben zu den Rottönen nicht identisch mit jenen im Kapitel ‚Farbstoffe': Neben *Helioechtrot RL* (PR 3, 12120) werden mit *Permanentrot R* (PR 4, 12085), *Litholechtscharlach G* (PR 6, 12090) noch zwei weitere ß-Naphthol Pigmente angegeben*, „die nach Dr. Wagner für Künstlerfarben genügend lichtecht“* sind.[77]

Abschließend fordert Doerner*, „dass nur einwandfrei geprüfte Teerfarbstoffe und bezeichnet mit T […] eingeführt werden, und zwar unter ihrem richtigen Namen. Ganz unzuverlässig ist der neuerdings gemachte Versuch, Teerfarbstoffe unter dem Namen unserer altbewährten Körperfarben […] einzuführen.“*[78]

Tab. 54: Übersicht: Teerfarblacke bzw. synthetische organische Pigmente entsprechend der Auflistung aus Doerner (Auflagen: 1921, 1928, 1933, 1938, 1941).

Auflage	**Farbton***			
	Gelb	**Rot**	**Grün**	**Blau**
1921 (1. Aufl.)	Indanthrengelb (BASF) [Indanthren G = C.I. Vat Yellow 1, 70600; PY 24, 70600]	Helioechtrot (Helioechtrot RN , C.I. PR 3, 12120);	–	–
		Alizarinkrapplack (C.I. PR 83, 58000:1)	–	–
1928 (3. Aufl.)	wie 1921	wie 1921	–	–
1933 (4. Aufl.), 1938 (6. Aufl.), 1941 (7. Aufl.)	Indanthrengelb (Indanthren G = C.I. Vat Yellow 1, 70600; PY 24, 70600)	Helioechtrot RBL, Litholechtscharlach R.N., Helioechtrot RL (alle C.I. PR 3, 12120)	–	Indanthrenblau GGSL (C.I. Vat Blue 4, 69800)
	Hansagelb 10G (C.I. PY 3, 11710)	Permanentrot R (C.I. PR 4, 12085),	–	–
	Hansagelb 5G (C.I. PY 5, 11660)	Litholechtscharlach G (C.I. PR 6, 12090),	–	–
		Indanthrenbrillliantrosa R (C.I. Vat Red 1, 73360/Indigoid)	–	–
		Helioechtrosa R.L. (C.I. PR 89, 60745)	–	–
		Alizarinkrapplack (C.I. PR 83, 58000:1)	–	–
*Die Schreibweise aller aufgelisteten Handelsnamen wurde aus Doerner übernommen; die entsprechenden Colour Index-Bezeichnungen konnten zusätzlich recherchiert werden.				

76 Doerner (1933), S. 69-70.
77 Doerner (1933), S. 70.
78 Ebenda.

9.1.5. Zusammenfassung und Auswertung

Obwohl die ausgewählten deutschen Malmaterialienkundebücher durch unterschiedliche Schwerpunkte nur bedingt vergleichbar sind und der Betrachtungszeitraum (1900 bis etwa 1940) relativ groß gewählt wurde, wird doch folgendes deutlich: Den für die Künstler bzw. ‚Praktiker' geschriebenen Büchern ist gemein, dass sie das umfangreiche Gebiet der sich rasant entwickelnden synthetischen organischen Farbmittel vergleichsweise kurz diskutieren und dem interessierten Leser damit wohl nur wenig Fachkompetenz vermitteln konnten.[79] Angesichts der großen Verunsicherung in Bezug auf die synthetischen organischen Farbmittel wurde empfohlen, die Palette auf die so genannten ‚Normalfarben'[80] zu beschränken, die keine Teerfarben enthielten. Dass die (Teer-)Farblacke zu dieser Zeit schon eine wichtige ökonomische Rolle spielen, allerdings vor allem auf dem Sektor der Dekorations-, Tapeten- und Druckfarben, der etwa ab dem letzten Viertel des 19. Jahrhunderts einen zunehmend großen Markt für die Farblacke bietet, wird in den Malmaterialienbüchern kaum angedeutet.
Eibners Buch *Malmaterialienkunde als Grundlage der Maltechnik* (1909; keine neue Auflage) bildet unter den ausgewählten deutschen Malmaterialkundebüchern eine Ausnahme; Umfang und Inhalt des Kapitels über synthetische organische Farbmittel übertreffen die der anderen Malmaterialienkundewerke anderer Autoren bei weitem. Linkes Ausführungen (1908; 1913; 1923) zu den Teerfarben sind wesentlich kürzer. Es fällt auf, dass keine der Malmaterialkundeschriften später im Vergleich zu Eibner (1909) die betreffenden Kapitel hinsichtlich der synthetischen organischen Farbmittel weiter ausbaut.
Generell muss auf jeden Fall berücksichtigt werden, dass Anfang des 20. Jahrhunderts die Entwicklungen auf dem Farbmittelsektor – und nicht nur hier – so schnell voranschritten, dass sich gleichzeitig auch die Fach- und Lehrliteratur divergierend spezialisierte. Daher ist beispielsweise der Kittel-Vorgänger *Körperfarben* von Wagner (1928 und 1939) schon ab 1928 in Bezug auf die Pigmente (und Farblacke) das materialwissenschaftlich relevante Buch.[81] So gesehen, bleiben die Malmaterialienkundebücher des Betrachtungszeitraums im Rahmen ihrer Möglichkeiten und sind daher kaum in der Lage, den tatsächlichen Entwicklungsstand auf dem Gebiet der synthetischen organischen Pigmente und Farblacke zu erläutern und in erweitertem Umfang darzustellen.
Auffällig ist in allen Werken, dass ausschließlich Handelsnamen der Pigmente und Farbstoffe verwendet werden, ohne darauf hinzuweisen (unter Umständen auch nicht zu wissen, wie fallweise Doerner), dass es sich gegebenenfalls um das gleiche Pigment respektive den gleichen Farblack handelt, der lediglich von einem anderen Hersteller produziert wurde. Durch diese fehlende Systematik bleiben die Rubriken ‚Teerfarben' oder ‚Organische Pigmentfarben' dann meistens trotz ihrer Kürze unübersichtlich und konnten falsch interpretiert werden. Auch hier dürfte die Hauptursache sicher bei der chaotischen Nomenklatur zu suchen sein: Obwohl die Systematisierungsliteratur für Farbmittel damals schon etabliert war, schlugen sich die dort vergebenen Nummern nicht in jener Fachliteratur nieder, die wiederum die Referenzen für Maltechnik-Literatur und Malmaterialkunde lieferte. Das heißt, dass zwar die *Farbstofftabellen* von Schultz (1. Aufl. 1888) und der *Colour Index* (1. Aufl. 1924-1928) existierten, aber eben nur in der Farbenindustrie verwendet wurden und sich die Nummern bzw. systematischen Namen noch nicht als ‚quasi-Synonym' für ein Farbmittel in der Literatur durchgesetzt hatten.[82]
Doerner, der vor allem Wagner (1928) zitiert, findet daher bei diesem zwar Handelsnamen und chemische Konstitution, aber die damals üblichen Schultz-Nummern (oder auch *Colour Index* Ziffern) werden nicht mit angegeben und wären extra zu recherchieren.[83] Das trifft selbst noch für Wagners *Körperfarben* (1928; 1939) und später Kittels *Pigmente* (1960) zu.[84] Erst in der Kittel-Neuauflage 2003 werden die

79 Vgl. Lake/Lomax (2007), S. 187: In den USA dürften Malmaterialkundebücher wohl ähnliche Vorbehalte gegenüber synthetischen organischen Pigmenten vermittelt haben, so z.B. Toch (How to paint permanent Pictures, New York, 1923), Weber (Artists' Pigments: Their Chemical and Physical Properties, London, 1924), Fischer (The Permanente Palette, New York, 1930) und schließlich war auch die englische Übersetzung von Doerners Buch (1934) weit verbreitet.
80 Normalfarbenskala der Deutschen Gesellschaft für rationelle Malverfahren (Adolf Wilhelm Keim-Gesellschaft): Bereits 1886 von A. Keim als eine Liste von unbedenklichen und ‚echten', aber vor allem auch reinen, unverschnittenen Malerpigmenten für Öl- und Wandmalerei zusammengestellt; in den folgenden Jahrzehnten mehrfach revidiert. Vgl. Eibner (1915).
81 Vgl. Wagner (1928); Wagner (1939).
82 Erst nachdem der Colour Index mit seiner 2. Auflage 1956 mit einer neuen (heute noch gültigen) Systematisierung erschienen war und sich als internationales Standardwerk etabliert hatte, setzten sich die CI-Nummern auch in der Fachliteratur durch.
83 Schultz (1914); Colour Index [1. Aufl. (1924-1928); 2. Aufl. (1956-1967)]. Die im Text angegebnen Colour Index-Nummern wurden im Zuge der vorliegenden Arbeit recherchiert und eingefügt.
84 Im Prinzip wurden die Colour Index-Bezeichnungen erst durch das mit der 2. Auflage 1956 etablierte neue System

Color Index-Bezeichnungen konsequent verwendet.
Für den Leser der Maltechnikschriften waren die dort genannten Handelsnamen synthetischer organischer Pigmente (bspw. bei Doerner) wahrscheinlich wertlos,[85] da die (Künstler)-Farbenhersteller in jedem Fall eine andere Benennung einführten (aus rechtlichen Gründen dies auch tun mussten), der Vermerk des Inhalts auf damaligen Künstlerfarben nicht üblich war und die Farbenverbraucher ihre Materialien auch nie direkt von der Farbstoffindustrie bezogen haben bzw. beziehen konnten.[86]

praktikabel, das eine duale Benennung mit CI Genric Names und CI Constitution Numbers einführte.
85 Vgl. Bremer (1928), S. 6-7: Bremer (Kunstmaler) bringt in seinem Kommentar in den TM genau diese Diskrepanz ins Spiel; er zitiert aus Doerner die angeführten synthetischen organischen Farbmittel und vermerkt, dass beim Farbenkauf dann jedoch folgendes passiert: *„Wir nehmen die Preisliste einer führenden Firma, suchen aber vergebens“*, da diese Namen nicht verwendet werden.
86 Wagner (1924), S. 160.

9.2. Verwendung und Akzeptanz synthetischer organischer Farbmittel in Künstlerfarben im Spiegel der Technischen Mitteilungen für Malerei (1884 bis 1941)

Für eine Bewertung von Verwendung und Akzeptanz synthetischer organischer Farbmittel in Künstlerfarben im deutschsprachigen Raum im frühen 20. Jahrhundert zählen die Beiträge aus den *Technischen Mitteilungen für Malerei*[87] (TM) zu dem wichtigsten Quellenmaterial.
Das Journal konnte im Rahmen dieser Arbeit für die gesamte erste Hälfte des 20. Jahrhunderts durchrecherchiert werden; auch die frühen Jahrgänge wurden einbezogen, so dass der Gesamtbetrachtungszeitraum hier die Zeitspanne von 1884 bis 1941 umfasst. Obwohl die Auswertung auf Künstlerfarben fokussiert ist, wurden auch alle jene Beiträge hinzugezogen, die thematisch die Verwendung von synthetischen organischen Farbmitteln in Dekorations- und Anstrichfarben betreffen, da die Sparten sich doch stark beeinflussten.[88]
Die Beiträge der Zeitschrift spiegeln nicht nur die maltechnischen Entwicklungen wider, sondern zeichnen diese auch in Fachdiskussionen nach und reflektieren die zeitgenössischen Auseinandersetzungen über Material und Technik in der Kunst, Dekoration sowie mitunter auch schon Kunsterhaltung. Farbenschwindel und -fälschungen, geschönte Pigmente, aber auch die chaotische Farben-Nomenklatur und Phantasienamenverbreitung werden schon in den frühen Ausgaben der Fachschrift thematisiert und setzten sich durch Jahrzehnte fort. In diesem Kontext sind die synthetischen organischen Farbmittel bzw. Teerfarben ein Dauerthema; als Synonym für schlechte Farbenqualität und Projektionsziel der Qualitätsbemühungen werden die neuen Farbmittel lange pauschal (ab)gewertet.
Interessant an den verschiedenen Positionen ist die interdisziplinäre Diskussionsgrundlage, da die Autoren und Leser sowohl aus der Kunst, Naturwissenschaft, aus dem Handwerk sowie der Industrie kommen. Die Fachartikel sind jeweils aktuell und werden teilweise auch aus anderen Fachjournalen übernommen (bspw. aus der *Chemiker-Zeitung*[89]). Damit kann eine wesentlich breitere Palette an Fachmeinungen wiedergegeben werden, als die Malmaterialienkunde- bzw. Lehrbücher überliefern.
Grundsätzlich bietet sich bei der Aufarbeitung und Auswertung des sehr umfangreichen Materials einerseits eine thematische Gruppierung oder andererseits eine chronologisch sinnvolle Gliederung an. Im Folgenden wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit bzw. Nachvollziehbarkeit eine weitestgehend chronologische Darstellung bevorzugt, die wiederum teilweise thematisch untergliedert ist.

9.2.1. Die Deutsche Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren (DG) und die Versuchsanstalt

Das Fachjournal *Technische Mitteilungen für Malerei* wurde seit 1886 als Organ der *Deutschen Gesellschaft für rationelle Malverfahren*[90] *(DG)* herausgegeben, die in Deutschland bei den Auseinandersetzungen um Farbenqualität und Etablierung von Standards für (nicht nur) Künstlerfarben in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts eine wichtige Rolle spielt. Die Gesellschaft war am 21. Januar 1886 auf Initiative von Adolf Keim unter dem Namen *Deutsche Gesellschaft für [zur (Anm.)] Beförderung*

87 Technische Mitteilungen für Malerei: Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Rationelle Malverfahren. Adolf-Wilhelm-Keim-Gesellschaft in München. – München/Callwey, 1886; Hrsg. bis Juni 1911: Deutsche Gesellschaft zur Beförderung Rationeller Malverfahren; weiterer Hrsg. 1897-1911: Versuchsanstalt und Auskunftsstelle für Maltechnik an der Königlichen Technischen Hochschule in München, I. Versuchsanstalt für Malerei. – Vorgänger: Praktisch- und chemisch-technische Mitteilungen für Malerei. – Fortsetzung: Deutsche Zeitschrift für Maltechnik (1942-1944); Fortsetzung: Maltechnik: technische Mitteilungen für Malerei und Bildpflege (München), 1955-1971; 1972 kommt der Titelzusatz Restauro dazu; 1988 Umbenennung in Restauro - Zeitschrift für Maltechnik, Restaurierung und Museumsfragen. Vgl. dazu auch www.restauro.de.
88 Vgl. Keim (1903), S. 98-99: Andere deutschsprachige Zeitschriften (Stand 1903), die sich maltechnischen Fragen widmen: Maler-Zeitung (Organ des dt. Malerbundes, Leipzig); Deutsche Malerzeitung (Fachzeitschrift für Dekorationsmaler, Anstreicher etc., München); Berliner Malerzeitung (Organ der Berliner Malerinnung etc.); Neue Deutsche Malerzeitung (Organ des Untersuchungsamtes des dt. Malerbundes u. der Untersuchungsstelle des Lack-, Farben- und Glas- Großhändler-Verbandes von Rheinland u. Westfalen); Kunstmaterialien- und Luxuspapierzeitung (München); Farbenzeitung (Dresden-Blasewitz); Österreichische Farben- und Lackzeitung (Wien); Lack und Farbenindustrie (München); Vereinsanzeiger (Organ für die Maler Deutschlands, Hamburg); Schweizerische Malerzeitung (Zürich); Die Werkstatt der Kunst (Organ für die Interessen der bildenden Künstler, München); Süddeutsche Malerzeitung (Organ des Verbandes der Maler-, Tüncher- und Lackierermeister Süddeutschlands, München).
89 Chemiker-Zeitung: Fachzeitschrift u. Handelsblatt für Chemiker, Ingenieure, Pharmazeuten mit Fortschrittsberichten d. chem. Technik. Heidelberg: 1878-1991.
90 Offizieller Name der Gesellschaft mit dem 23. Januar 1914; zum Gedenken an den 1913 verstorbenen A. Keim wird der Name der Gesellschaft außerdem mit dem Zusatz A. W. Keim Gesellschaft. E. V. versehen. Vgl. Trillich (1928), S. 3.

rationeller Malverfahren[91] gegründet worden. Im wiederholt revidierten Statut findet sich 1903 Folgendes:

> *„Der Zweck der Gesellschaft ist die Erweckung des allgemeinen Interesses und Verständnisses für den technischen Teil der Malerei in den beteiligten Kreisen, […]. Insbesondere soll die Prüfung, Begutachtung und Publikation alter, neuerer und neuester Verfahrensarten und Erfindungen, die fortwährende Kontrolle der jeweils üblichen Materialen, […] für die verschiedenen Zweige der Malerei […] bewirkt werden.“*[92]

Die Fachzeitschrift *Chemisch technischen Mitteilungen für Malerei*, bereits 1884 von A. W. Keim herausgegeben, wurde im Zusammenhang mit der Gründung der Gesellschaft Ende 1885 in *Technische Mitteilungen für Malerei* umbenannt und zum Zentralorgan umfunktioniert.[93] Keim hatte schon 1877 in Augsburg eine chemisch-technische Werkstätte eingerichtet; im Jahr 1881 verlegte er diese nach München, um eine *Versuchsanstalt für Maltechnik* zu etablieren. Dieses Zentrallabor war ab 1903 dann schon an der *Königlichen Technischen Hochschule* untergebracht, bekam 1892 erstmals Subventionen zugesprochen und wurde 1906 verstaatlicht und von der Technischen Hochschule übernommen.
Viele Initiativen zur Etablierung von Qualitätskriterien für (Künstler)-Farben gehen auf das Engagement der *Deutschen Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren* zurück.[94]

9.2.2. Gegen Farbenschwindel und Farbenschlendrian – Stellenwert der Teerfarben (1884-1904)

Die synthetischen organischen Farbmittel sind als ‚Teerfarben', ‚Teerfarbstoffe' manchmal auch ‚Anilinfarben' in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* in permanenter Diskussion. Bereits die erste Ausgabe der Zeitschrift von 1884 widmet den Teerfarbstoffen[95] einen Artikel. Der Autor gibt einen Überblick zur Entdeckung, Herstellung und Verwendung der synthetischen organischen Farbstoffe und schließt mit der Warnung vor der Verwendung in Farben:

> „*Was die Haltbarkeit der Teerfarbstoffe anbelangt, so ist dieselbe leider mit Ausnahme einiger neuerlich dargestellter Azofarbstoffe keine besonders große, da durch Einwirkung des Sonnenlichtes oft in kürzerer, oft in längerer Zeit dieselben teilweise oder vollständig gebleicht werden. Handelt es sich nun z. B. darum, dauerhaft gefärbte Gegenstände, wie z. B. Gemälde etc. herzustellen, so wird man nie Teerfarbstoffe zur Anwendung bringen, sondern mit großer Strenge darauf zu achten haben, dass die zur Benutzung gelangenden Erd- und künstlichen anorganischen Farben durchaus nicht, wie es jetzt so häufig vorkommt, mit Teerfarbstoffen nuanciert sind […]“* [96]

Durch die zunehmende Verbreitung von Farblacken aus synthetischen Farbstoffen, oft in keiner Weise deklariert, wird die Überprüfung von Farben bald ein Thema. Weber schreibt 1885 *„Über den Nachweis der Theerfarbstoffe“*.[97] Die häufig Chemikern zufallende Aufgabe, „*Theerfarbstoffe in damit gefärbten oder bedruckten Gespinnsten oder Geweben, Farblacken, Buntpapieren und Tapeten*“ nachzuweisen, beschreibt Weber, sei durch deren geringe Quantität oft sehr schwierig. Herausgeber Keim ergänzt Webers Ausführungen hinsichtlich der Teerfarben mit der Fußnote: *„In neuester Zeit auch in den Künstlerfarben“.*[98]

---

91 Vgl. Trillich (1928), S. 3: Am 27. 4. 1900 in *Gesellschaft für Förderung rationeller Malverfahren* umbenannt. (Anm.: In den *Technischen Mitteilungen für Malerei* heißt es jedoch stets „zur Förderung“ statt „für Förderung“.).
92 Keim (1903), S. 427.
93 Die erste Nummer der *Praktisch- und Chemisch-technischen Mitteilungen für Malerei, Farbentechnik und diesbezügliche Baumaterialienkunde* erschien am 1. Oktober 1884 mit dem Untertitel *Technisches Zentralorgan für Kunst- und Dekorationsmaler, Architekten, Baumeister, Fabrikanten, Techniker, Fachschulen und Fachvereine, Stuckateure, Tüncher &c.*. Ab 1. November 1903 heißt das Journal *Technische Mitteilungen für Malerei* (TM) und wird auch zum Fachblatt und Publikationsorgan der *Versuchsanstalt und Auskunftsstelle für Maltechnik* an der Königlichen Technischen Hochschule in München bestimmt. Vgl. diesbezügliches Inserat auf dem Titelblatt der TM, 20. Jg./Nr. 9, 1. November 1903. Vgl. dazu auch Trillich (1928), S. 19-22 (Anm.: Die Angaben bei Trillich weichen teilweise geringfügig ab).
94 Seit 1909 *Deutsche Gesellschaft zur Förderung rationeller Malverfahren*; seit 1914 *Deutsche Gesellschaft für rationelle Malverfahren*. 1941 wird die *Deutsche Gesellschaft für rationelle Malverfahren* in *Deutsche Gesellschaft für Maltechnik* umbenannt; die *Technischen Mitteilungen für Malerei* heißen ab 1942 dementsprechend *Deutsche Zeitschrift für Maltechnik*. Diese erscheint noch bis 1944 und muss dann mit dem 60. Jahrgang kriegsbedingt eingestellt werden. 1955 wird die Zeitschrift unter dem Titel *Maltechnik – Technische Mitteilungen für Malerei und Bildpflege* fortgesetzt. 1972 kommt der Titelzusatz *Restauro* dazu und schließlich 1988 die Umbenennung in *Restauro – Zeitschrift für Maltechnik, Restaurierung und Museumsfragen*. Vgl. dazu auch http://www.restauro.de.
95 Gevekoth (1884), S. 6.
96 Ebenda.
97 Weber (1885), Beilage Nr. 5.
98 Ebenda.

Fälschung von Künstlerfarben (1885-1887)

Von Fabrikantenseite findet sich (1885) eine Stellungnahme *„Zum Kapitel der Fälschung der Künstlerfarben“*,[99] die durch “*Kataloge von über 300 möglichen und unmöglichen Farben, von Nuancen, die ohne die verzweifeltste Mischung gar nie herzustellen sind“,* gekennzeichnet wird. Der Autor regt eine *Versuchsstation* an, ähnlich solchen, wie sie Ende des 19. Jahrhunderts schon vielfach gegen die Verfälschung von Nahrungsmitteln gefordert wurden.[100]

Keim kommentiert als Herausgeber zustimmend und schlägt vor, dass „*auf Feststellung einer Normalfarbenskala für Oelmalerei hingewirkt werde... sowie eine kennzeichnende Normalbenennung.“*[101]

Von der Künstlerseite wird im Zusammenhang mit der Farbfälschungsdiskussion die Veröffentlichung der Farbenfälscher gefordert. Keim lässt 1885 Künstlertubenölfarben von *Schoenfeld* (Düsseldorf), *Schmincke* (Düsseldorf), *Moewes* (Berlin), *Kreul* (Forchheim), *R. Wurm* (München), *Ebeseder* (Wien) und *Winsor & Newton* (London) untersuchen und schreibt unter dem Titel „*Über die modernen Künstlerölfarben“*[102] folgendes:

> *„Die untersuchten Tubesfarben haben wir […] der Materialiensammlung der kgl. Akademie dahier einverleibt. Wir müssen […] bemerken, dass wir von den hier angeführten Fabrikaten auch einen großen Teil von Farben vorgefunden haben, welche wirklich als echt und rein bezeichnet werden können.*
>
> *Bei den Firmen Kreul, Ebeseder und Winsor & Newton ist es nicht möglich gewesen, in ihren Farben Anilinfarben als Schönungsmittel nachzuweisen. Unter den untersuchten Farben fanden sich folgende öfter mehr oder minder mit Anilinfarben geschönt: Gebrannter Gold-Ocker, Gebrannter Mittel-Ocker, Caput Mortuum, Gebrannte Umbra, Pompejanisch Rot, Chromrot, Zinnober, Grüne Erde […].“*[103]

Außerdem wurden Mischungen nachgewiesen, die nicht deklariert waren. Keim gibt zu bedenken, dass damit die

> *„geschönten und gemischten Farben noch nicht erschöpft (sind), denn selbstverständlich konnten wir von den Fabriken nicht sämtliche […] untersuchen. Angesichts dieser Thatsachen […] sind wir nicht in der Lage, jetzt irgend welche von den verschiedenen Farben, wie sie heute im Handel sind, unbedingt empfehlen zu können, da ja die guten […] und schlechten unter ganz gleichen Namen zum Verkaufe angeboten werden.“*[104]

1887 schreibt Keim in *„Die moderne Farbenindustrie und die Interessen der Farbenkonsumenten“*[105], dass ganze Gewerbe, wie das Farbenreiben, Firniskochen etc. in großbetriebliche Fabrikation aufgegangen seien. Die Konkurrenz und die gesunkenen Warenpreise treiben die Fabrikanten zu unlauteren Mitteln, deren Konsequenzen der am Ende der Produktions- und Handelskette stehende Konsument in Form von verfälschten Produkten zu spüren bekommt.

> *„Man bringt jetzt so genannte Modetöne in den Handel, wozu ist leicht ersichtlich. Dadurch ist es möglich, die ordinärsten Stoffe mit Hilfe von Schönerungsmitteln als kaufbare Ware auf dem Markt umsetzen zu können, und zwar mit Profit. Hat ein Fabrikant einen Ocker, welchen er keinem Käufer offerieren kann, da er in jeder Lehmgrube besser zu finden ist, so gibt der Farbenmacher etwas Malachit(Anilin)grün*[106]*, dazu auch etwas Gips, Schwerspath auf jeden Fall, und es entsteht ein ‚Modeton’, welcher bei geschickter Mischung ganz nobel aussieht, so dass unter Umständen selbst ein Preis darauf erteilt wird. Allerdings, die Sonne darf diese ‚lichtkalkechte’ Farbe nicht*

99 Fälschung der Künstlerfarben. Stimme aus dem Fabrikantenkreise (1885), S. 17.
100 Ebenda.
101 Keim stellt diese dann später in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* (TM) vor und schlägt Normalfarben für Öl- und Wandmalerei vor [Vgl. dazu TM, 3. Jg./Nr. 21, 1886, S. 23; 4. Jg./Nr. 31 und Nr. 32, S. 37; Vgl. auch Eibner (1915), S. 9].
102 Keim (1885), S. 25-28.
103 Keim (1885), S. 25.
104 Ebenda.
105 Keim (1887), S. 77.
106 Malachit(Anilin)Grün: Triarylcarboniumfarbstoff, C.I. Basic Green 4; Vgl. Schultz, 1914, S. 156: Wurde zur Fabrikation von Lacken verwendet (Tanninlacken) und auf Grünerde zur Herstellung von grünen Farben für Wandanstriche (Kalkgrün) gefällt; Vgl. Herbst/Hunger (1995), S. 539 (Triarylcarboniumpigmente): Neben dem Einsatz in der Textilfärberei „*wurden ‚Lacke’ hergestellt durch Fällung wässriger Lösungen basischer Farbstoffe mit Tannin/Brechweinstein auf ein mineralisches Trägermaterial (Aluminiumoxid, Barium-, Calciumsulfat). Die so erhaltenen ‚Pigmente’ zeigten zwar brillante Nuancen, aber nur völlig unzureichende Lichtechtheiten und spielen heute praktisch keine Rolle mehr.*“

anscheinen, da sonst das Malachitgrün verschwindet und nur die schmutzige Sauce auf der Wand zurückbleibt. […]"[107]

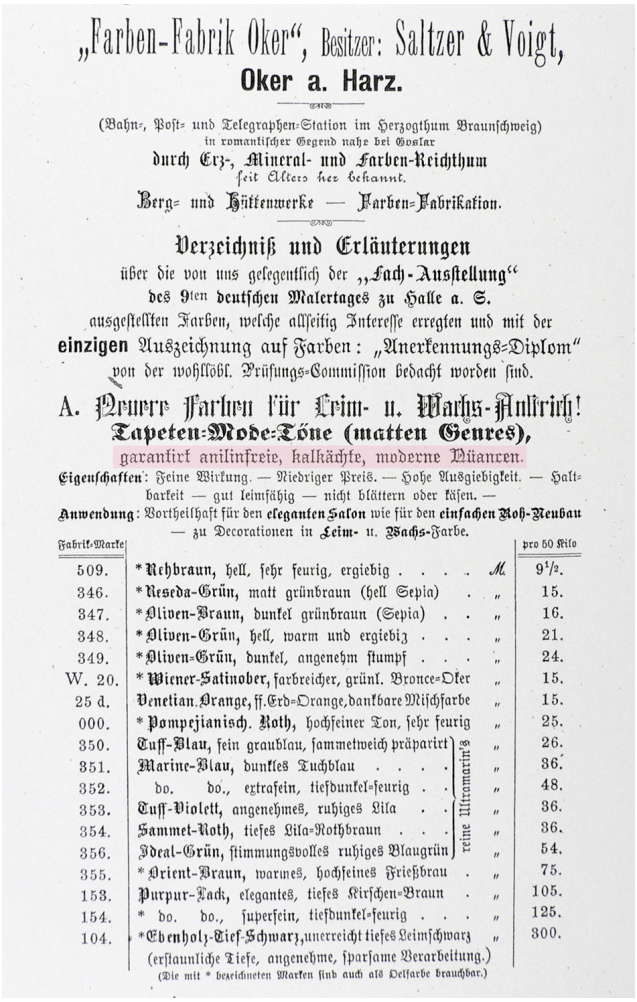
Keim zufolge, bringen den Bestrebungen der *Deutschen Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren* offenbar auch Fabrikanten Interesse entgegen.[108] Er zitiert die *Harlem `sche Stoomverffabrik vorm. W. Leur & Co.*: *„Es wird uns eine wahre Freude sein, Normalfarben in den Handel bringen zu können. Die Consumenten, in casu Farbwarenhändler, sind selbst schuld, wenn sie keine echten Farben erhalten, da immer auf billigen Preis und fast nie auf Qualität geachtet wird. Ihren Bestimmungen unterwerfen wir uns im voraus […]."*[109]

Geschönte Dekorationsfarben (1887-1888)

Allerdings dürfte sich die Zustimmung aus den Fabrikantenkreisen in Grenzen gehalten haben. Den Rückschluss legen zumindest die emotional und polemisch geführten Auseinandersetzungen nahe, die andere Farbenhersteller wiederholt ins Kreuzfeuer der Kritik stellen. Dazu gibt es auch aus der Malerbranche Widerspruch und den Vorwurf des ‚Nichtverständnisses' der wirklichen Bedürfnisse der Dekorationsmaler.

An der Firma *Saltzer & Voigt* aus Oker/Harz entzündet sich 1887/1888 ein Streit, der wohl exemplarisch war. Dem Fabrikanten war das Schönen und Mischen von Farbtönen, wie Dekorationsmalerei und Tapetenfabrikation es verlangten, als Farbenfälschung vorgeworfen worden.[110] Nachdem dann durch eine *Mitteilung des Zentral-Vorstandes des Deutschen Malerbundes* im *Correspondenzblatt* (Jg.7/Nr. 5, 1887) versucht wurde, *Saltzer & Voigt* mit Referenzen sowie Zeugnissen von Kollegen und von zufriedenen Kunden zu entlasten, bleibt Keim die Antwort nicht schuldig. Er ‚überführt' *Saltzer & Voigt* mit deren Preisliste, die im Untertitel *„garantiert anilinfreie, kalkächte, moderne Nüancen"* anbietet (siehe Abb. 40; rot unterlegt) und führt als Gegenbeweis die Untersuchungen der Laboratorien in München an, durch die nachgewiesen wurde, dass die *„Nummern 154, 509, 348, 25d, 350, 355, 349, P. 000, 352 hochgradig mit roten, grünen, violetten etc. Teerfarbstoffen geschönt sind […]."* [111]

107 Keim (1887), S. 77.
108 Keim (1888-a), S. 87.
109 Ebenda.
110 Keim (1888-a), S. 88.
111 Keim (1888-a), S. 90.



„Farben-Fabrik Oker", Besitzer: Saltzer & Voigt,
Oker a. Harz.

(Bahn-, Post- und Telegraphen-Station im Herzogthum Braunschweig)
in romantischer Gegend nahe bei Goslar
durch Erz-, Mineral- und Farben-Reichthum
seit Alters her bekannt.
Berg- und Hüttenwerke — Farben-Fabrikation.

Verzeichniß und Erläuterungen
über die von uns gelegentlich der „Fach-Ausstellung"
des 9ten deutschen Malertages zu Halle a. S.
ausgestellten Farben, welche allseitig Interesse erregten und mit der
einzigen Auszeichnung auf Farben: „Anerkennungs-Diplom"
von der wohllöbl. Prüfungs-Commission bedacht worden sind.

A. Neuere Farben für Leim- u. Wachs-Anstrich!
Tapeten-Mode-Töne (matten Genres),
garantirt anilinfreie, kalkächte, moderne Nüancen.

Eigenschaften: Feine Wirkung. — Niedriger Preis. — Hohe Ausgiebigkeit. — Haltbarkeit — gut leimfähig — nicht blättern oder käsen. —
Anwendung: Vortheilhaft für den **eleganten Salon** wie für den **einfachen Roh-Neubau** — zu Decorationen in **Leim-** u. **Wachs-**Farbe.

Fabrik-Marke			pro 50 Kilo
509.	*Rehbraun, hell, sehr feurig, ergiebig	M.	9½.
346.	*Reseda-Grün, matt grünbraun (hell Sepia) .	„	15.
347.	*Oliven-Braun, dunkel grünbraun (Sepia) . .	„	16.
348.	*Oliven-Grün, hell, warm und ergiebig . . .	„	21.
349.	*Oliven-Grün, dunkel, angenehm stumpf . . .	„	24.
W. 20.	*Wiener-Satinober, farbreicher, grünl. Bronce-Oker	„	15.
25 d.	Venetian. Orange, ff. Erd-Orange, dankbare Mischfarbe	„	15.
000.	*Pompejianisch. Roth, hochfeiner Ton, sehr feurig	„	25.
350.	Tuff-Blau, fein graublau, sammetweich präparirt (reine Ultramarin's)	„	26.
351.	Marine-Blau, dunkles Tuchblau	„	36.
352.	do. do., extrafein, tiefdunkel-feurig . .	„	48.
353.	Tuff-Violett, angenehmes, ruhiges Lila . .	„	36.
354.	Sammet-Roth, tiefes Lila-Rothbraun . . .	„	36.
356.	Ideal-Grün, stimmungsvolles ruhiges Blaugrün	„	54.
355.	*Orient-Braun, warmes, hochfeines Fließbrau .	„	75.
153.	Purpur-Lack, elegantes, tiefes Kirschen-Braun .	„	105.
154.	* do. do., superfein, tiefdunkel-feurig . . .	„	125.
104.	*Ebenholz-Tief-Schwarz, unerreicht tiefes Leimschwarz	„	300.

(erstaunliche Tiefe, angenehme, sparsame Verarbeitung.)
(Die mit * bezeichneten Marken sind auch als Oelfarbe brauchbar.)

Abb. 40: Preisliste Farbenfabrik Saltzer & Voigt. (TM 5. Jg./Nr. 48, 1888), S. 89.

Pikanterweise erhielten die besagten Farben als einzige Farben auf dem *IX. Deutschen Malertag* 1887 in Halle/S. ein Annerkennungsdiplom. Keim fordert, bei Prämierungen der Fach- und Industrieausstellungen nicht nur das optische Erscheinungsbild, sondern auch qualitative Kriterien prüfen zu lassen. In diesem Zusammenhang wird erneut für *Normalfarben* plädiert, die stets als Synonym für die Bemühungen der *Deutschen Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren* um Qualitätssicherung für Malmaterialien stehen.[112]

Damit war der Disput um die Firma *Saltzer & Voigt* noch nicht beendet. In *„Eine(r) Erwiderung an Herrn A. Keim auf dessen Ausführungen in Nr. 48 der ‚Techn. Mitteilgn. usw.",*[113] aus dem *Correspondenzblatt zum deutschen Malerjournal* (Nr. 31) weist man alle Anschuldigen zurück. Keim wird irrigerweise vorgeworfen, die Anilinfarben ganz abschaffen zu wollen:

> *„Die ganze Differenz zwischen dem Verfasser der Mitteilungen im ‚Correspondenzblatte' und dem Herrn A. Keim gipfelt darin, dass letzterer alle Anilinfarben absolut beseitigen und dass ersterer ihnen für gewisse Zwecke der Dekorationsmalerei einen beschränkten Spielraum belassen will."*[114]

Die lange polemische Auseinandersetzung zeugt einerseits von der Brisanz des Themas, andererseits aber auch von einem wenig souveränen Umgang damit, den Keim erst später professionalisieren konnte.[115]

112 Ebenda.
113 Keim (1888-b), S. 155-157.
114 Keim (1888-b), S. 155.
115 Trillich (1928), S. 21-22: *„Es verlangt niemand, dass man die Wahrheit nicht sagen dürfe. Aber man soll sie so sagen, dass niemand etwas davon merkt"*; so urteilt Keim nach bitteren Erfahrungen und einem *„Spießrutenlauf durch Beleidigungsprozesse."*

Ausstellung für Maltechnik und der 1. Kongress der DG

Im Jahr 1893 wurde die *Ausstellung für Maltechnik* (20. Juli - 20. Oktober 1893) im Münchner Glaspalast veranstaltet; im gleichen Jahr fand vom 27. - 30. September der von der Gesellschaft organisierte *1. Internationale Kongress für Maltechnik*[116] in München statt. Die Teerfarbenlacke respektive Anilinfarben spielten hier insofern eine Rolle, als dass gegebenenfalls auf ihr garantiertes ‚Nichtvorhandensein' hingewiesen wurde.[117]

Obwohl die in jenen Jahren in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* abgedruckten Beiträge von ‚Nicht'-Chemikern bzw. naturwissenschaftlichen Laien zum Thema Teerfarben oder Anilinfarben oft emotional gefärbt sind, gibt es auch sachlichere Wortmeldungen.

Im Protokoll des *1. Kongresses der Deutschen Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren*[118] wird Miller zitiert, der auf Schwierigkeiten beim Nachweis von Verfälschungen organischer Farbstoffe, bspw. von Karmin mit Eosin, hinweist:

> *„Bezüglich der Anilinfarben herrscht, wie ich bereits bemerkt habe, im allgemeinen die Anschauung, dass dieselben total zu verwerfen sind. […] bei Bildern, die auf Jahrhunderte hinaus und länger dauern sollen, darf man solche Farbstoffe nicht anwenden. Es wird kein Unterschied gemacht zwischen Anilinfarben und Theerfarbstoffen. […] Krapplack, oder richtiger gesagt das Alizarin ist ja auch ein Theerstoff; ebenso Indigo; so giebt es also eine Reihe von Farbstoffen, die als Theerfarbstoffe in ihre Skala aufgenommen wurden. Sie können nicht sagen, dass sie keine Theerfarbstoffe haben […] die Schwierigkeit besteht darin, hier die Verfälschung nachzuweisen […]."* Richtigerweise fügt Miller noch an, dass *„die Verfälschung (der) Malerfarben durch die Textilfarben stattfindet. Von dieser Seite droht die Gefahr."*[119]

Schönung von roten Mineralfarben – Zinnoberersatz (1898)

In der Farbenherstellung ist nicht nur die Verwendung von unbeständigen Farblacken sondern auch die Verfälschung bzw. Schönung von Mineralfarben Praxis. Bottler publiziert 1898[120] die Untersuchungsergebnisse verschiedener roter Töne; unter anderem von zehn Sorten *Carminette* und zwei Sorten Zinnoberersatz. Die Prüfung ergab, dass *Zinnoberersatz* vor allem aus Mennige bestand; die feurige Färbung war in einem Fall mit *Rose bengale*[121] (Phtalein) und im anderen Fall mit einer Mischung von *Rose bengale* und *Cochenillescharlach 2R* erzielt worden. Der Farbton *Carminette* konnte als Mennige, die mit Eosin gelblich gefärbt wurde, nachgewiesen werden, während das *Zinnoberrot* mit Methyleosin gefärbt worden war. *Chromzinnober* erwies sich als reines Chromrot oder Bleichromat und *Carminzinnober* war mit Englischrot aufgefärbt worden.[122] Die Nachweisproblematik von synthetischen organischen Farbmitteln in Mineralfarben wird von Schultz 1901 in „*Wie kann man Anilinfarben in Malerfarben nachweisen?"*[123] wieder aufgegriffen. Laut Schultz eignet sich im Wesentlichen starkes Erhitzen, Lösen in Alkohol oder Behandeln mit konzentrierter Schwefelsäure, um geschönte Mineralfarben zu erkennen. Die Unterscheidung einzelner Farbstoffe erfordert bei *„über 1000 verschiedene(n) Substanzen"* allerdings *„große Übung."*[124]

Obwohl in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* die Berichte von der Verwendung der Teerfarben in Dekorationsfarben – und in diesen offenbar in *„geradezu unverantwortlicher Weise"*[125] – überwiegen, bleibt das Problem nicht auf diese beschränkt. Schultz untersucht Pastellstifte, nachdem sich mehrfach Künstler über Farbtonveränderungen beklagt haben.

116 Trillich (1928), S. 22-26.
117 Vgl. Kinseher (2008), S. 43, Abbildung 8b: Anzeige der Schweinfurter Farbenfabrik W. Sattler aus dem Katalog zur Ausstellung für Maltechnik: „Die […] Farben sind ohne alle Schönungsmittel […] hergestellt."
118 Protokoll des 1. Kongresses der DG (1893), S. 493-508.
119 Protokoll des 1. Kongresses der DG (1893), S. 507.
120 Bottler (1898), S. 2-4.
121 *Rose bengale*: Schultz (1914), Nr. 595 und Nr. 597= Alkalisalze des Tetrajoddichlorfluoresceins.
122 Bottler (1898), S. 4.
123 Schultz (1901), S. 115-116.
124 Schultz (1901), S. 116.
125 Farbenfälschungen (1895), S. 6.

Rhodamin in Pastellfarben (Bourgeois) und Anilinfarben in Schoenfeld-Farben (1899)

Der 1899 publizierte Bericht „*Ueber Lichtbeständigkeit von Pastellfarben*“[126] legt die Untersuchungsergebnisse von 64 Stiften eines Pastellkreidekastens (Pastels surfins) der Firma *Bourgeois ainé à Paris* vor. Von den 64 Stiften änderten bzw. verloren 30 Farbtöne nach einmonatiger Belichtung im Sommer ihre Farbe. Bei der Untersuchung konnte in diesen jeweils *Rhodamin B* nachweisen werden, das nicht nur zum Verschönern der roten Töne sondern auch zum Teil den schwarzen und braunen zugesetzt war.[127]

Gefälschte Farben interessierten aber nicht nur die Fachkreise der Künstler und Dekorationsmaler, sondern fanden durchaus auch Eingang in die Tagespresse und über diese dann in die *Technischen Mitteilungen für Malerei*. So findet sich am 30. September 1900 in der *Münchner Allgemeinen Zeitung* eine Notiz in Ergänzung eines zuvor erschienenen Berichtes über gefälschte Farben.[128] Einem Künstler waren etliche Aquarelle verdorben, weil er *Hellrosa Lack* – eine Anilinfarbe der Firma *Schönfeld & Co.* (Düsseldorf) – verwendet hatte. Von Herstellerseite aus wird richtig gestellt, dass Preisliste und Katalog als eigene Rubrik geführt werden und die Schuld in diesem Fall den Künstler selber trifft, der sich nicht genügend über das Material informiert hat.[129]

Bereits am 1. November 1900 erscheint dann daraufhin ein Bericht „*Ueber die Anilinfarben der Firma Dr. Fr. Schönfeld & Co. in Düsseldorf*“.[130] Von Farbenherstellerseite aus kann hier richtig gestellt werden, dass die Anilinfarben bei der Firma *Schönfeld & Co.* sehr wohl in Preisliste und Katalog als eigene Rubrik geführt werden und die Schuld in diesem Fall den Künstler selber trifft, der sich nicht genügend über das Material informiert hat. Interessanterweise findet sich ergänzend zu dem Bericht ein Kommentar, der Details aus dem Katalog von *Schönfeld & Co.* aus dem Jahr 1900 erwähnt. Demzufolge enthält der Katalog mehr als 400 Seiten; allein bei den Ölfarben findet sich folgendes Angebot:

14	Sorten	weiß
120	- „ -	gelb
177	- „ -	rot
82	- „ -	braun
80	- „ -	blau
83	- „ -	grün
33	- „ -	schwarz

Dieser Auflistung zufolge befinden sich im Katalog *„…589 Sorten verschiedener Farben anstatt der von der Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren vorgeschlagenen 44 Normalfarben. Bei der Bezeichnung dieser 589 Farben befinden sich Namen, die selbst dem versiertesten Farbenchemiker nicht bekannt sind.“*[131]

Farbenuntersuchungen von Dr. Schultz (1902)

1902 berichtet Dr. Schultz auf einer Zusammenkunft der *Deutschen Gesellschaft zur Beförderung Rationeller Malverfahren* (DG) über die Resultate seiner Farben-Untersuchungen.[132] Unter anderem kam ein Indischgelb der Münchner Firma *Eischer* zur Prüfung. Als Indischgelb wurden damals, so Schultz, zwei verschiedene Präparate gehandelt: einerseits der traditionelle Farbstoff, der aus dem Harn von Kühen hergestellt wird (Magnesium und Kalksalze der Euxanthinsäure) und andererseits ein Azogelb (‚Anilinfarbstoff‘, Natriumsalze von nitriertem Diphenylaminorange mit Nitrodiphenylaminen). Dagegen wurde im Indischgelb der Münchner Firma *Eischer* ein anderer Farbstoff identifiziert: das Barytsalz

126 Schultz (1899), S. 2-4.
127 Schultz (1899), S. 3: In der Tabelle ist für alle 30 veränderten Stifte jeweils Rhodamin B als nachgewiesener Farbstoff notiert.
128 Vgl. Warnung vor Anilinfarben (1900), S. 1: *„Warnung vor Anilinfarben. Zu unsrer neuerlichen Mitteilung über die schwere Schädigung eines Berliner Malers durch Anilinfarben, welche auf der Tube nicht als solche bezeichnet waren, erhalten wir noch die folgende Nachricht. Auf die Beschwerde des Malers, dem sechzehn Aquarelle infolge von Benutzung jener Farbe verdorben wurden, antwortete die Farbenfirma ausweichend und schließlich schrieb der Inhaber wörtlich: ‚Es ist also, wie Sie wissen, nur die Einwirkung des Lichtes (das ist im Original ebenfalls unterstrichen!), welche den helleren Lack bezw. alle Anilinfarben angreift. Durch die Bezeichnung der Farbe auf den Etiketten in Französisch, Deutsch und Englisch bleibt so wenig Raum (!!!), dass sich die chemische Zusammensetzung der Farbe nicht anbringen lässt. Wie oft löst sich zudem die Etikette von der Tube, so dass die Maler nur den Ton, manchmal nicht mehr den Namen kennen.‘ Dr. Schönfeld.“*
129 Ebenda.
130 Ueber die Anilinfarben der Firma Dr. Fr. Schönfeld & Co. (1900), S. 1-2.
131 Ueber die Anilinfarben der Firma Dr. Fr. Schönfeld & Co. (1900), S. 2.
132 DG Bericht (1902), S. 181-184.

der Dinitronaphtolsulfosäure (das dazugehörige Kaliumsalz kommt als *Naphtolgelb S* in den Handel). Schultz vermerkt, dass „*nun nicht allein unter demselben Namen ganz verschiedene Farbstoffe, aber auch unter ganz verschiedenen Namen dieselben Farbstoffe in den Handel*“ kommen.[133]

Gegen Farbenfälschungen und Schlendrian im Farbenhandel (1903/1904)

Im europäischen Vergleich der Künstlerfarben-Produzenten bekommen die deutschen Hersteller keine gute Kritik. Vor allem die unzähligen Farbtöne in deren Katalogen untergraben ihre Glaubwürdigkeit. Unabhängig davon fällt bei der Gegenüberstellung der Handelslisten europäischer Künstlerfarbenhersteller zu der Zeit offenbar aber vor allem auf, dass die Farbenqualität dort nach sehr unterschiedlichen Kriterien beurteilt wird.

Petruschewsky stellt 1901/1903[134] fest, dass für identische Farben die verschiedensten Haltbarkeitsstufen angegeben werden. Zinnober steht in den französischen Listen teilweise höher, dann wieder niedriger als in den englischen Listen. Die damaligen Untersuchungen des französischen Chemikers Deco sowie der britischen Wissenschaftler Abne und Rossel (sic!)[135] bringen noch einmal andere Ergebnisse: Deco stellt den Zinnober in eine niedrige Haltbarkeitsstufe, während die Abney und Russell ihn bei den haltbaren Pigmenten einordnen. Diese Untersuchungen weichen dann wiederum von den jeweiligen Angaben im Katalog der Hersteller ab. Von Normen kann also keine Rede sein.

> *„…die Fabriken unserer Zeit (sind) noch nicht gewillt oder nicht um Stande […], bestimmte Farben gleichmäßig und einheitlich herzustellen, …daher (muss) die Einteilung der Farben nach ihrer Lichtbeständigkeit trotz der unternommenen eingehenden Untersuchungen bis zur heutigen Stunde vielfach zweifelhaft erscheinen…“*

Petruschewsky bedauert, dass es in den etwa 14 Jahre nach Gründung der *Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren* noch nicht gelungen sei, die Farbenauswahl von ca. 300 Farben auf ungefähr 50 haltbare *Normalfarben* zu reduzieren. Die Kataloge der Hersteller spiegeln das wider:

> *„So sind im Katalog Schönfelds gar 589, bei Möwes in Berlin 200-450 Farben angegeben, während die englischen Firmen von Reeves und Rowne(y) einige 130 Künstlerfarben haben und Lefranc in Paris noch weniger herstellen lässt. Schmincke in Düsseldorf (Mussinifarben) hat 100 Farben. […] Neisch in Dresden fabriziert allerdings eine Reihe von nur 50 Farben, welche jedoch nicht gleichbedeutend mit den Normalfarben dieser Gesellschaft sind.“*[136]

In Deutschland genießen englische und französische Künstlerfarben damals einen sehr guten Ruf:

> *„Die Firmen des Auslandes können im Farbenhandel auf dem deutschen Markt nur konkurrieren, infolge ihrer höheren Spesen und der größeren Schwierigkeiten des Absatzes, wenn sie wirklich etwas Gutes bieten. Sie bringen deshalb meist nur reelle Fabrikate auf den deutschen Markt, fordern allerdings für dieselben enorm hohe Preise.“*[137]

Den deutschen Farben stehen viele Künstler mit Skepsis gegenüber: Die Produkte halten oft nicht das, was sie versprechen, und den Behauptungen der Firmen, dass ihre Fabrikate denen des Auslandes gleichkommen, wird nicht geglaubt. Daher könnte mit der Bekämpfung der Farbenfälschung gleichzeitig dafür gesorgt werden, die „*einheimische reelle Farbenindustrie konkurrenzfähig […] auf dem deutschen Markt zu machen.“*[138] Aus den Reihen der Künstler wird das unterstützt. So schreibt eine Münchener Malerin 1903, dass sie weit entfernt sei zu fürchten, dass Kontrolle den Fabrikanten schade, sondern im Gegenteil „*der deutsche Künstler nicht mehr seine besten Farben von Lefranc oder Winsor beziehen würde.“*[139]

Zu dieser Zeit hat der Kampf gegen die Farbenfälschungen und den ‚Schlendrian‘ im Farbenhandel für die

133 DG Bericht (1902),S. 184: Keim gibt außerdem zu Bedenken, dass die meisten Fälschungen im Zwischenhandel vorgenommen werden. Von der Architektenseite wird angeregt, Stellen zu schaffen, die mit garantiert ‚guten’ Farben handeln; diese sollten von der Versuchsanstalt kontrolliert und signiert werden. Keim vermerkt, dass es dies schon für Künstlerölfarben gibt und auf Dekorationsfarben ausgedehnt werden könnte.

134 Petruschewsky (1903), S. 137-140, S. 139; russischer(?) Vortrag von 1901, ins Deutsche übersetzt von Keim et al.

135 Wahrscheinlich sind die Engländer Dr. Russell und Captain Abney gemeint, die im Jahr 1888 Lichtechtheitstest mit Aquarellfarben von Winsor & Newton durchführten. Das Ergebnis trug wesentlich zur hohen Reputation der W&N Aquarell-Farben bei. Winsor & Newton erwähnen Russell und Abney noch in der Einleitung ihrer *Composition and Permanence*-Publikation, Vgl. Winsor & Newton (1997), S. 2.

136 Petruschewsky (1903), S. 139.

137 Farbenschwindel (1902), S. 44-45.

138 Farbenschwindel (1902), S. 45.

139 Deutsche Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren: Protokoll Mitgliederversammlung (1903-b), S. 121-124.

Gesellschaft oberste Priorität. Auf der Mitgliederversammlung am 14.10.1903 wird eine *„Stellungnahme gegenüber den Farbenfälschungen und dem Schlendrian im Farbenhandel“* bekannt gegeben.[140]
Zeitgleich wird damals auch mitgeteilt, dass die *Technischen Mitteilungen für Malerei* mit 1.11.1903 zum Zentralorgan der *Versuchsanstalt und Auskunftsstelle für Maltechnik* (Leitung 1902/1903: G. Schultz) in München an der Hochschule bestimmt wurden.[141]
Durch die verbreitete strikte Ablehnung der Teerfarbstoffe kommen inzwischen selbst synthetische organische Farbstoffe in Verruf, die sich durch gute Beständigkeit auszeichnen. So schneiden bspw. Alizarinkrapplack und natürlicher Krapplack im direkten Vergleich hinsichtlich der Lichtbeständigkeit gleich ab. Künstler neigen allerdings noch dazu, den natürlichen Farbstoff in jedem Fall dem synthetischen vorzuziehen. Tatsächlich scheint mit den synthetischen Farbstoffen automatisch die Assoziation eines *Surrogats* verbunden zu werden.[142]

In den Jahrgängen 20 und 21 (1903-1904) der *Technischen Mitteilungen für Malerei* zeichnet sich deutlich ein Schwerpunkt zum Thema Farbenqualität und Farbenschwindel ab. Keim publiziert in mehreren Ausgaben unter dem Titel „*Zum Kapitel Farbenfälschung und Farbenschlendrian“*[143] eine (unstrukturierte) Zusammenfassung und Wertung der Situation am Farbenmarkt. Einen wesentlichen Bestandteil dieses Serienartikels bilden die teilweise (mit Genehmigung) wörtlich übernommenen und kommentierten Publikationen aus anderen branchennahen Fachjournalen, vorrangig der *Farbenzeitung,* dem Fachblatt für die Farben- und Lack-Industrie sowie den einschlägigen Handel.
In einer Stellungnahme, in welcher der *Verband deutscher Farbenfabriken* hinsichtlich der ‚Verfälschung' von Künstlerfarben für eine differenzierte Betrachtung plädiert,[144] wird die Unterscheidung von Künstlerfarben-, Dekorationsfarbenherstellern und Trockenfarbenproduzenten gefordert. Für die Qualität der Künstlerfarben können nur Fabrikanten zur Verantwortung gezogen werden, die tatsächlich auf dem Sektor produzieren. Die Praktiken des Dekorationsfarbenhandels werden mit dem marktrelevanten Argument gerechtfertigt, dass die Farbenverbraucher größtenteils billige Produkte verlangen. Die Hersteller der Pulverfarben, also von Farbstoffen oder Pigmenten in unverarbeiteter Form, werden aus der Verantwortung genommen:

> *„Jedem Käufer ist nur anzuraten, bei Anfragen oder bei Bestellungen klar zu sagen, zu welchem Zwecke er die betreffende Farbe benutzen will, da der Fabrikant trockener Farben in den seltensten Fällen weiß, wo und zu welchem Zwecke die betr. Farbe einmal Verwendung findet.“*[145]

In der weiteren Folge bezieht sich Keims Publikationsserie „*Zum Kapitel Farbenfälschung und Farbenschlendrian“* vor allen auf Artikel aus der *Farbenzeitung*, die 1902 unter dem Titel *Farbenschwindel* erschienen.[146] Dort werden die Farbenhandelspraktiken näher erläutert; man wehrt sich vor allem gegen die vermeintlich pauschale Verurteilung der Farbenbranche als *„schwindelhaft und unreel“*[147] und sucht hier wieder nach Differenzierung.

> „*Soll Wandel geschaffen werden rufe man nicht nach Polizei und Gesetzen* (sondern) *sorge für bessere Ausbildung und Vorbildung der Farbenkonsumenten, trete kritisch kontrollierend an sein Rohmaterial heran, bewillige vor allem die Preise, die reelles Material eben erzielen muss, und der Farbenschwindel wird binnen kurzem eine überwundene Sache sein, wenn ihm seine Existenzbedingungen genommen sein werden.“*[148]

Weitaus nüchterner sieht man – zumindest im Dekorationsfarbensektor – die Situation schon 1904. In Keims Beitrag „*Zum Kapitel Farbenfälschung und Farbenschlendrian“* wird aus der *Farbenzeitung* zitiert, die in einem Artikel über „*Die Lack- und Farbenindustrie in Jahre 1903“* (Nr. 15/1904, S. 246) feststellt, dass sich in den „*interessierten Kreisen Vereinigungen bildeten zu dem Zwecke, sich durch geeignete*

140 Deutsche Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren: Protokoll Mitgliederversammlung (1903-a), S. 85-92.
141 Technische Mitteilungen für Malerei, 20. Jg./Nr. 9, 1903, Titelseite.
142 Täuber (1904), S. 191.
143 Keim (1904-a bis i).
144 Keim (1904-a), S. 190: Zitat aus einer Erklärung des *Verbandes deutscher Farbenfabriken* aus der Farbenzeitung (Nr. 12/1903).
145 Ebenda.
146 Keim (1904-b), S. 198-205.
147 Keim (1904-b), S. 205: Kommentierter Nachdruck von „I. Farbenschwindel“ aus der Farbenzeitung Nr. 3/8. Jg.,1902.
148 Ebenda.

Aufklärung, Belehrung und Untersuchung für ihre Geschäftsbetriebe zweckentsprechende und haltbare Materialien zu sichern.“[149] Nach den Artikeln der *Farbenzeitung* zu urteilen, hat anscheinend ein Wandel eingesetzt. Das Qualitätsbewusstsein der Verbraucher – in dem Fall der Dekorationsmaler u.ä. – hat nach schlechten Erfahrungen mit geringwertigen Erzeugnissen zu Billigstpreisen zugenommen, so dass

> *„wenigstens bei der einsichtigen Kundschaft auch mehr Bereitwilligkeit vorhanden ist, Preise zu bewilligen, die es dem reellen Fabrikanten ermöglichen, etwas wirklich Gutes zu liefern. Sehr zu wünschen wäre es, dass man auch im öffentlichen Submissionswesen sich von den gleichen Gesichtspunkten etwas mehr als seither leiten ließe.“*[150]

Vorbereitung des Kongresses zur Bekämpfung der Farben- und Malmaterial-Fälschungen (1904)

Die Forderung nach Nomenklaturen und Normen bleibt weiterhin eine ungelöste Causa. Längst waren nicht nur Künstlerfarben sondern auch Dekorations- und Anstrichfarben das Ziel, und die Bewegung bekommt von verschiedenen Organisationen des Dekorations- und Malerhandwerks Unterstützung. Keims Serienartikel spiegelt diese Entwicklungen wider, indem auch aus branchennahen Organen der Dekorations-Farbenverbraucher, wie bspw. der *Maler-Zeitung* (*Deutscher Malerbund*)[151] relevante Publikationen und Stellungnahmen zur Farbenfälschung einbezogen werden.

Um Fortschritte in der Sache zu erzielen, wurden öffentlich sichtbare Gremien und der Schulterschluss der Farbenverbraucher notwendig. Die Zeit zwischen etwa 1870 und 1920 war in den europäischen Industriestaaten einerseits von einer Begeisterung für grundlegende technische Neuerungen aber andererseits auch von der Sorge um Qualitäts- und Identitätsverlust geprägt. In vielen Gewerben etablieren sich Berufsvereinigungen, die der Interessenvertretung und Qualitätssicherung dienen sollten. Das galt auch für die farbenproduzierenden- und verarbeitenden Branchen, zu denen auch die Dekorations- und Kunstmaler gehören.

Ein Schritt in diese Richtung wurde schon auf dem *Süddeutschen Malertag* (Nürnberg, 14./15. 8. 1904) gesetzt. Dieser widmet sich auch großenteils den Farbenfälschungen. Der als Sprecher eingeladene Keim referiert über die Probleme im Farbenhandel und legt Beweismaterial für (Farben-)Fälschungen vor. Von Keim wird vor allem die genaue Deklaration der Farben, Erweiterung der *Normalfarbenskala* und die Einteilung der Farben in Künstlerfarben, Dekorationsfarben, Anstrichfarben sowie die Ausarbeitung einer einfachen Materialienkunde gefordert. Auszüge aus dem Protokoll publizieren die *Technischen Mitteilungen für Malerei* unter dem Titel „*Die Farbenfälschungen und die Ueberhandnahme der Phantasiebezeichnungen in Bezug auf unser Material*“.[152]

Gleichzeitig wird auf dem *Süddeutschen Malertag* (Nürnberg, 14./15. 8. 1904) eine Kommission gewählt, die in Kooperation mit der *Deutschen Gesellschaft zur Beförderung Rationeller Malverfahren* den *Kongress zur Bekämpfung der Farben- und Malmaterial-Fälschungen* vorbereitet, der am 21. Mai 1905 im Rahmen des *Deutschen Malertages* in München stattfinden soll.[153]

Gegen die Farbenschwindel-Bewegung (1905)

Schnelle Lösungen scheinen aber für den Farbenmarkt nicht in greifbare Nähe zu rücken. In den Farbenfabrikanten- und Händlerkreisen wird teilweise Unmut laut; obwohl man die Missstände grundsätzlich anerkennt, erscheint in der *Farbenzeitung* (Nr. 17, 1905, S. 358-360) ein *Bericht gegen die Farbenschwindel-Bewegung*, den die *Technischen Mitteilungen für Malerei* aufgreifen.[154] Dem Artikel zufolge, lehnt sich der seriöse Farbenhandel gegen die *„künstlich-aufgetriebene“* Farbenschwindel-Frage auf; unterstrichen wird das durch eine Eingabe der *Vereinigung der Farbenfabrikkanten und Farbenhändler Münchens* an des kgl. Bayer. Staatsministerium.[155]

Im April 1905 konstatiert die *Farbenzeitung*, dass das Kapitel ‚Farbenschwindel’ durch die Initiative mehrerer Fabrikanten eingedämmt werden konnte, bringt aber wieder ein Beispiel von ‚Schwindel’ (falsch deklariertes verschnittenes Chromgelb) zur Sprache. Die Redaktion der *Technischen Mitteilungen*

149 Keim (1904-e), S. 258.
150 Ebenda.
151 Vgl. Keim (1904-f), S. 268.
152 Vgl. Farbenfälschungen (1905-a; 1905-b; 1905-c); Vgl. auch: Gegen die Farbenschwindel-Bewegung (1905).
153 Vgl. Konferenz zur Bekämpfung der Farben- und Materialienfälschungen. Protokoll (1905), S. 134.
154 Gegen die Farbenschwindel-Bewegung (1905), S. 169-173.
155 Gegen die Farbenschwindel-Bewegung (1905), S. 169.

für Malerei greift diesen *Farbenzeitungs*-Artikel mit Unverständnis für die Sachverhaltsdarstellung auf und kommentiert, dass es für *Die Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren* nicht nachvollziehbar sei, warum sich Fabrikantenkreise zum Teil gegen die Bemühungen zur Bekämpfung des Farbenschwindels gewehrt haben, wenn die Interessen und Ziele offenbar doch ähnlich gelagert waren.[156]

9.2.3. Bekämpfung der Farben- und Malmaterialienfälschung – Deutsches Farbenbuch und Revision der Normalfarbenskala (1905-1924)

Im Kontext der Bekämpfung der Farbenfälschungen muss noch einmal auf die *Normalfarbenskala* (1886 und 1887)[157] verwiesen werden, die ursprünglich für trockene Künstlerfarben in Öl- und Wandmalerei aufgestellt worden war.[158] Um diese *Normalfarbenliste* abzusichern, wurden schon 1886 die Kontrollen und ein Etikett festgelegt (Abb. 41); außerdem wurden dann am 13. Mai 1887 mit den Farbenherstellern *Schachinger* (München) und *Schmincke* (Düsseldorf) Verträge zwecks Herstellung von *Normalfarben* abgeschlossen; 1892 kam dann noch *H. Schött* (Fabrik Keimscher Farben und Malmittel, München/Grünwald) dazu.[159] Das anfängliche Programm zur Weiterentwicklung der *Normalfarbenskala* hatte sich dann bald in Richtung des *„gebrauchsfertigen Materials“* wie bspw. der *„normal“* angeriebenen Künstler(öl)farben verschoben, die dafür notwendigen qualitativen und quantitativen analytischen Methoden waren jedoch noch nicht entwickelt geschweige denn die wissenschaftlich-praktischen Versuche durchgeführt.[160] Bis 1905 wurden zwar viele Erfahrungen gesammelt, aber keine wesentlichen Fortschritte in Richtung *Normalfarben* erzielt. Der Beginn der Arbeiten am *Deutschen Farbenbuch*[161] eröffnete dann wieder eine neue Perspektive.

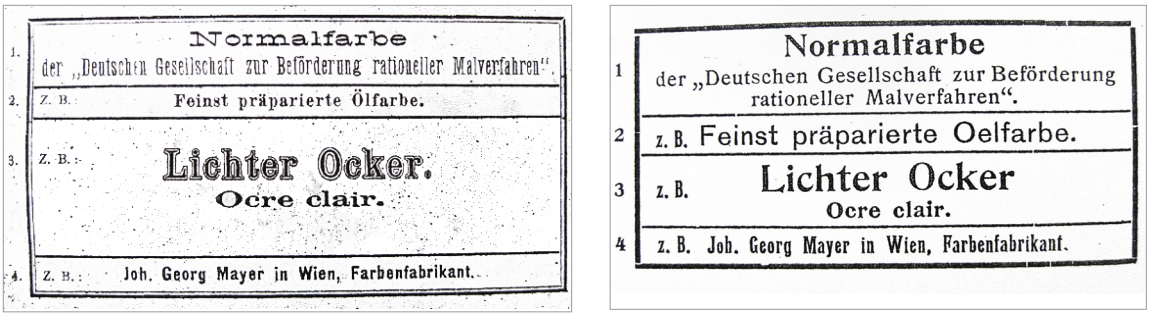


Abb. 41: Normalfarbenetiketten der *Deutschen Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren* (links: TM, 4. Jg./Nr. 31, 1887, S. 23; rechts: TM, 22. Jg./Nr. 7, 1905, S. 66).

156 Vgl. Schwindel. Eine Stimme aus dem Fabrikantenkreis (1905), S. 211-213.
157 Vgl. Technischen Mitteilungen für Malerei, 4. Jg./Nr. 32, 1887/1888, S. 37.
158 Eibner (1915), S. 12-17.
159 Vgl. Trillich (1928), S. 31: *„1913 rollte ein Antrag Lenks die Frage der Kontrolle, der Kosten dafür und der Herstellung neu auf; es wurde beschlossen, die Erlaubnis zur Führung des Etiketts allgemein zurückzuziehen. Die Vorschläge Prof. Doerners, die Versuche zur Herstellung abgeriebener Normalfarben der Firma Dr. Fiedler zu übertragen, fanden Ablehnung, was zu seinem Rücktritt führte, da Keim sich die Weiterherstellung und Versuche nicht nehmen lassen wollte.“* (Anm.: Doerner war von 1910 bis 1913 der 1. Vorsitzende der DG).
160 Eibner (1915), S. 30.
161 Erscheint erst in den 1920er Jahren. Vgl. Trillich (1923); (1925); (1926).

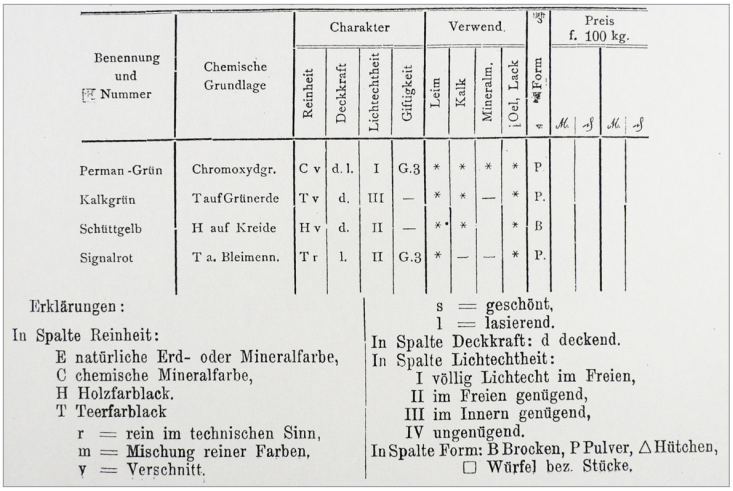
Abb. 42: Normalfarbenetikett der *Deutschen Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren* auf einer Sammlungs-Probe, *Kaufhaus Oberpollinger* [Probe Inv. 1118, Krapplack dunkel; INTK-Sammlung].

Kongress zur Bekämpfung der Farben- und Malmaterialien-Fälschungen (1905)

Wegweisende Bedeutung hatte der 1905 in München im Rahmen des *Deutschen Malertages* veranstaltete *Kongress zur Bekämpfung der Farben- und Malmaterialien-Fälschungen*.[162] Die Veranstaltung war öffentlich und wurde auch von Vertretern der Staatsministerien, der staatlichen Anstalten, der Fabrikanten und Gewerbeverbände besucht. Inhaltlich wurde vor allem die Aufstellung einer Farben- und Rohstoffliste beschlossen, worin festzulegen war, was unter einer Farbenbezeichnung verstanden wird und wozu die Farbe sich eignet. Man wollte damit vor allem handelsrechtliche Grundlagen für die Lieferung trockener Farben schaffen, gleichzeitig wurden damit aber die Arbeiten an der *Normalfarbenskala* wieder intensiv aufgenommen. Für diese Aufgabe wurde auf dem Kongress 1905 eine *Kommission zur Bekämpfung von Missständen in der Herstellung, im Handel und in der Verarbeitung der Farben und Malmaterialien* gewählt, die 1906 zusammentritt und deren Geschäftsführung Gussow (Akademie-Professor), Stolz (Malermeister), Keim (Chemiker) und Trillich (Fabrikbesitzer) sowie Süß (Malermeister) übernahmen.[163] Noch bevor überhaupt der Begriff *Deutsches Farbenbuch* geprägt wurde, veröffentlicht der Farbenfabrikant Trillich im Februar 1906 in der *Farbenzeitung* einen eigenen Vorschlag für einen so genannten *Farbenkatalog*. Er plädiert für eine strenge Trennung der einzelnen Farbenkategorien in Künstler-, Dekorations- und Anstreicherfarben und verlangt eine Zurückführung der Farbennamen auf ihre wissenschaftliche Grundlage. Außerdem soll die Farbe charakterisiert und deren Verwendbarkeit angegeben werden.[164]

Eine ähnliche Farbenkatalog-Gliederung wie jene, die Trillich 1905/1906 für den Handel vorschlägt, verwendete damals offenbar auch schon die Farbenabteilung des *Kaufhauses Oberpollinger* in München, deren Katalog von Keim ausgearbeitet worden war.[165]

162 Vgl. Kongress zur Bekämpfung der Farben- und Malmaterialien-Fälschungen. Protokoll (1905-a), S. 65-104.
163 Trillich (1923), S. 12.
164 Trillich (1906), S. 237-241.
165 Trillich (1906), S. 238.



Benennung und Nummer	Chemische Grundlage	Charakter: Reinheit	Deckkraft	Lichtechtheit	Giftigkeit	Verwend.: Leim	Kalk	Mineralm.	Oel, Lack	Form	Preis f. 100 kg. M.	₰	M.	₰
Perman.-Grün	Chromoxydgr.	C v	d. l.	I	G.3	*	*	*	*	P				
Kalkgrün	T auf Grünerde	T v	d.	III	—	*	*	—	*	P.				
Schüttgelb	H auf Kreide	H v	d.	II	—	*	*		*	B				
Signalrot	T a. Bleimenn.	T r	l.	II	G.3	*	—	—	*	P.				

Erklärungen:

In Spalte Reinheit:
E natürliche Erd- oder Mineralfarbe,
C chemische Mineralfarbe,
H Holzfarblack.
T Teerfarblack
r = rein im technischen Sinn,
m = Mischung reiner Farben,
v = Verschnitt.
s = geschönt,
l = lasierend.
In Spalte Deckkraft: d deckend.
In Spalte Lichtechtheit:
I völlig Lichtecht im Freien,
II im Freien genügend,
III im Innern genügend,
IV ungenügend.
In Spalte Form: B Brocken, P Pulver, △ Hütchen, ▢ Würfel bez. Stücke.

Abb. 43: Farbenkatalogeinteilung [Vorschlag von H. Trillich (TM, 15. März 1906, 22. Jg./Nr. 18, S. 239).

Vorbereitung des *Deutschen Farbenbuchs* (1906-1923/1925)

Trillich schlägt auf der ersten Sitzung der Geschäftsführung der *Kommission zur Bekämpfung von Missständen in der Herstellung, im Handel und in der Verarbeitung der Farben und Malmaterialien* 1906 vor, statt der Farbenliste ein *Deutsches Farbenbuch* nach Vorbild des *Deutschen Lebensmittelbuches* herauszugeben. Auf der 1. Sitzung der Kommission zur Bekämpfung der Farben- und Malmaterialien-Fälschung“ (29. Juni 1906) wird dieser Antrag angenommen und die *Unterkommission für das Deutsche Farbenbuch* gebildet.[166] Ziemliche Tragweite hatte ein auf der 2. Tagung der *Kommission zur Bekämpfung der Farben- und Malmaterialien-Fälschung* am 2. September 1907 in Hannover von Marr gestellter Antrag hinsichtlich des Umgangs mit den Teerfarben. Auf jenen Beschluss wird bis in die 1920er Jahre immer wieder verwiesen. Inhaltlich heißt es in diesem unter anderem, dass

> *„betont werden (muss), dass es wünschenswert erscheint, die Palette nicht nur von den z. Z. noch vorhandenen mit Teerfarbstoffen älterer Fabrikationsweise geschönten natürlichen oder künstlichen mineralischen Farbstoffen zu befreien, sondern auch das Eindringen neuerer, den Ansprüchen an Lichtechtheit und sonstige Verwendbarkeit nicht völlig entsprechender Farbstoffe in die Künstlerfarbenskala hintan zu halten. […] Es wird zugegeben, dass die Möglichkeit vorliegt, künftig derartige den hier gestellten Anforderungen entsprechende Farbstoffe herzustellen, wie denn z. B. bekannt ist, dass der künstliche Krapplack […] lichtechter ist als die meisten natürlichen Krapplacke.“*[167]

In Konsequenz daraus ergab sich vor allem, dass die Beständigkeit von Alizarinkrapplack als Kriterium für die Einführung und Akzeptanz neuer synthetischer organischer Farbmittel in die Künstlerfarbenpalette festgelegt wurde. Außerdem sollten empfohlene Teerfarbstofflacke in allen Bindemitteln aufgestrichen und mindestens ein Jahr geprüft werden.

Die Arbeit am *Deutschen Farbenbuch* begann dann 1907. Geplant war, das Buch in zwei Teilen herauszugeben: Der erste Teil sollte von den trockenen Farben und der zweite Teil von den Bindemitteln handeln.

Die Erarbeitung der Inhalte in Vorbereitung des *Deutschen Farbenbuches* gestaltet sich jedoch aufwendiger, als von den Initiatoren angenommen worden war. Vor allem die notwendigen wissenschaftlichen Untersuchungen wurden immer komplexer. In der 3. öffentlichen Sitzung der *Farbenbuchkommission* vom 8. Juli 1909 kommt man zu der Erkenntnis, dass das zweiteilig geplante Werk nicht mit gewünschter Schnelligkeit hergestellt werden kann.[168]

Zu komplex gestalten sich die Vorarbeiten, die wiederum eine Unzahl an Beschlüssen und Revisionen mit sich bringen. Schwierigkeiten treten auch bei Definitionen auf, wie die Klärung des Begriffs ‚Reinheit’,

166 Trillich (1923), S. 12-13.
167 Deutsche Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren: Protokoll Sitzung Hannover (1907). Vgl. auch Trillich (1922), S. 31-32: zitiert aus dem Antrag vom 2. September 1907 in Hannover.
168 Farbenbuch (1909).

was in der Folge sogar zu Schiedsgerichtentscheidungen führt.[169]
Die diskutierten Streitfragen werden in der Fachpresse über die Jahre vielfach erörtert. Allerdings gehen die Vorstellungen des *Verbandes Deutscher Farbenfabrikanten* und der *Farbenbuchkommission* immer wieder in verschiedenen Sachfragen auseinander, so dass schließlich 1909 der *Verband Deutscher Farbenfabrikanten* die *„gegenseitigen Standpunkte in der Kennzeichnungsfrage als unüberbrückbar und den Versuch, die sachlichen Anschauungen zu einigen, als gescheitet“*[170] erklärte und sich nach nochmaligen Versuchen die Parteien 1912 endgültig trennten.[171]
Nachdem 1910 schon Eibner und Trillich aus der *Farbenbuchkommission* ausgeschieden waren,[172] tritt auch Keim im Oktober 1912 aus dieser zurück; Dr. Krais wird mit der Aufstellung eines Programms zur weiteren Bearbeitung des Farbenbuches beauftragt und legt dieses 1913 mit einem Kostenplan vor.[173]
1913 wird im Zusammenhang mit dem *Farbenbuch* inzwischen eine Revision der bisherigen *Normalfarbenskala* (Beschluss von 1886) der *Deutschen Gesellschaft für rationelle Malverfahren* (DG) für notwendig erachtet, die Max Doerner (1910 bis 1913 war er der 1. Vorsitzende der DG) auf der Generalversammlung am 26. November 1913 einfordert.[174] Dabei bereitet besonders die Eingliederung der Teerfarben Schwierigkeiten.
Durch den Ausbruch des Ersten Weltkrieges 1914 wird die Arbeit am *Deutschen Farbenbuch* auf Jahre unterbrochen. Der Arbeitsausschuss kommt am 27. Juli 1914 zu seiner letzten Sitzung zusammen. Erst nach dem Kriegsende kann im Dezember 1918 wieder an die Arbeit von 1914 angeknüpft werden.[175]
Durch komplizierte kommissarische Behandlung, personelle Wechsel und Todesfälle gestaltete sich die Fertigstellung des *Farbenbuches* auch in den folgenden Jahren äußerst schwierig. Als Heinrich Trillich im Oktober 1920 ehrenamtlich die Herausgabe der *Technischen Mitteilungen für Malerei* übernahm, waren immer noch keine wesentlichen Fortschritte erzielt. Trillich beschließt angesichts der Umstände und des Zeitverzugs, das *Deutsche Farbenbuch* unter Einbeziehung der bisher erarbeiteten Beschlüsse und Vorarbeiten alleine herauszugeben. Die Unterlagen mussten abermals überarbeitet, revidiert und systematisch aufgearbeitet werden.[176]
Der 1. Teil des *Deutschen Farbenbuches* erscheint als *Allgemeiner Teil* dann 1923; der 2. Teil mit dem Untertitel *Die Künstler-Farb- und Malmittel* im Jahr 1925, und 1926 der 3. Teil *Die Anstrichfarben und Lacke*. Alle Bände werden als ‚Entwurf' herausgegeben. Im 2. Teil, der den Künstlerfarben gewidmet ist, wird den *Teerfarbstoffen für Künstlerzwecke* ein eigenes Unterkapitel gewährt; Trillich schreibt:

> *„Einer Aufnahme der Teerfarbstoffe in das Deutsche Farbenbuch steht der Beschluss in Hannover entgegen,*[177] *wonach solche nur nach eingehender langjähriger Erprobung in die Liste der Künstlerfarbstoffe einbezogen werden sollen. Solche Proben waren wegen des Krieges und seiner Folgezeit nicht möglich. Außerdem sind die Teerfarbstoffe, welche die Teer(farb) stoffabrikanten liefern, nicht identisch mit den teer(farb)stoffhaltigen Künstlerfarben, soweit solche bisher in den Handel kamen. Auch genügt natürlich nicht die Lichtechtheit allein, sondern auch das Verhalten zu Verdünnungs- und Bindemitteln, zu anderen Farben muss einwandfrei sein; gerade in diesen Beziehungen haben sich aber unerwartete Enttäuschungen ergeben.*
> *Eine Umfrage bei den bedeutendsten Teerfarbenfabrikanten, welche ihrer Fabrikate (jetzt, Juni 1924) als Künstlerfarben vorzuschlagen wären, wenn die Lichtechtheit des Alizarinkrapplacks als Norm zugrunde gelegt würde, ergab folgende Liste […].“*[178]

169 Schiedsgerichtsverhandlungen Deutsches Farbenbuch (1912), S. 34: Der Verband deutscher Farbenfabrikanten lehnt die durch die Farbenbuchkommission aufgestellte These ab, dass alle Farben als ‚rein' gelten, solange ihre Nichtreinheit nicht deutlich kenntlich gemacht wird. Dem Handelsbrauch entspricht vielmehr, dass synthetische Farben nur dann als technisch rein gelten, wenn sie den Zusatz ‚rein' führen; bei Erdfarben sind nur jene ohne andersartige Zusätze hergestellt, welche den Zusatz ‚naturecht' führen.
170 Trillich (1923), S. 14.
171 Trillich (1923), S. 14-15.
172 Eibner tritt am 1.11.1910 auch aus der DG aus und erst am 5.11.1913 wieder ein. Ursache waren die Vorwürfe des 1. Vorsitzenden der DG, dass Eibners vermittelnde Tätigkeit hinsichtlich der Aufnahme der Teerfarbstoffe in das Farbenbuch zur Verschleppung der Herausgabe desselben führe. Vgl. Trillich (1928), S. 18.
173 Trillich (1928), S. 15.
174 Eibner (1915), S. 11.
175 Trillich (1925), S. 16.
176 Trillich (1923), S. 16.
177 Auf der 2. Tagung der Kommission zur Bekämpfung der Farben- und Malmaterialien-Fälschung am 2. September 1907 in Hannover von Marr gestellter Antrag hinsichtlich des Umgangs mit Teerfarben. Vgl. Trillich (1922), S. 31-32: zitiert aus dem Antrag vom 2. September 1907 in Hannover.
178 Trillich (1925), S. 38.

Tab. 55: Von Fabrikanten im Jahr 1924 vorgeschlagene synthetische organische Farbmittel für die Verwendung in Künstlerfarben, wenn die Lichtechtheit des Alizarinkrapplacks als Norm zugrunde gelegt würde [Trillich (1925), S. 38]; gegebenenfalls ergänzt durch recherchierte Angaben und Nummern aus den Farbstofftabellen (Schultz 1931, 7. Auflage) und/ oder Colour-Index-Nummern. [Vgl. Kapitel 9.2.4.1; Krais (1915); Vgl. 9.4.5.; Wagner (1924-a)].

Farbton	Farbenfabriken, vorm. Friedr. Bayer & Co. Leverkusen	BASF Badische Anilin- und Soda- Fabrik, Ludwigshafen	Farbwerke, vorm. Meister Lucius & Brüning, Höchst
Gelb	Helioechtgelb 6GL [C.I. PY 23, 60520] Helioechtgelb H 10 GT, H 5 G [Monoazogelbpigmente, ähnlich PY 1]	Litholechtgelb GN, GR, 5G, 10GL, 10G [Monoazogelbpigmente, vgl. PY 1]	Hansagelb 10G, 3G, G, GR [C.I. Monoazogelbpigmente, 10G = PY 3, 3G = PY 6, G = PY 1, GR = PY 2]
	Heliochromgelb GL [Monoazopyrazolon-Pigment, C.I. 12720; Schultz (1931) Nr. 733]	Indanthrengelb GL dopp., RL dopp., Anthrachinonküpenfarbstoffe, GL dopp.= C.I. Vat Yellow 1, 70600]	
Orange		Litholechtorange RN [Monoazoorange-pigment, C.I. PO 6, 12730]	Hansaorange R [C.I. PO 6, 12730]
Rot	Algolrot 5 G [Anthrachinonküpenfarbstoff, Schultz (1931) Nr. 1218, C.I. Vat Red 42, 61650]	Litholechtscharlach GN u. RN [C.I. PR 3, 12120]	Hansarot GG, B [ß-Naphthol-Monoazopigmente; GG = C.I. PR 6, 12090; B = C.I. PR 3, 12120]
	Helioechtrosa RL [Anthrachinonfarbstoff, für Farblacke, ? C.I. PR 89, 60745]	Palatinchromrot BL [verlacktes Naphthalinsulfonsäure-Pigment, Schultz (1931) Nr. 253, C.I. PR 60 bzw. Mordant Red 9; 16105:1 = Ba-Salz]	Alizarin I B extra [Anthrachinonbeizenfarbstoff; Schultz (1931) Nr. 1141;C.I. Mordant Red 11, 58000 bzw. PR 83:1, 58000:1]
	Alizarinrot 1B extra, 3B extra	Alizarin V 1 und V 2a [Anthrachinonbeizenfarbstoffe]	
	Brilliantalizarinbordeaux R, [C.I. Mordant Red 45, 58230]		
	Alizarinbordeaux B, [C.I. Mordant Violet 26, 58500]		
Violett	Algolbrilliantviolett R 29 300, [Anthrachinonküpenfarbstoff, Schultz (1931) Nr. 1223 ; C.I. Vat Violet 17, 63365]	Indanthrenbrilliantviolett RRP, [Anthrachinonküpenfarbstoff, Schultz (1931) Nr. 1265; C.I. Vat Violet 1, 60010]	
Blau	Heliomarin RL [Schultz (1931) Nr. 1187; =C.I. Acid Blue 43, 63000; Mischung von Alizarinsaphirol (= Helioechtblau) mit Methylenblau, Lacke auf Tonerde]	Anthrazenblau WRL extra [C.I. Mordant Blue 32, 58605]	Alizarindirektblau SE [Anthrachinonfarbstoff; C.I. Acid Blue 68, 63330]
	Helioechtblau BL conc. als Barium-Tonerdelack [C.I. Acid Dye, 63005; = Alizarindirektblau]	Anthrazenblau SWX extra N. [C.I. Mordant Blue 32, 58605, für SWX extra]	Indanthrenbrilliantblau R [Anthrachinonküpenfarbstoff, C.I. Vat Blue]
		Indanthrenblau GGSL dopp., GGSNL dopp. [Anthrachinonküpenfarbstoffe, C.I. Vat Blue 4, 69800]	Indanthrenblau GGSNL [C.I. Vat Blue 4, 69800]
Grün		Pigmentgrün B [C.I. PG 8, 10006]	Naphtolgrün B [Nitrosofarbstoff, C.I. Acid Green 1, 10020]
		Grün PLX [C.I. Acid Green 1, PG 12, beide 10020]	Alizarindirektgrün G [Säurefarbstoff der Anthrachinonreihe, Schultz (1931) Nr. 1202, C.I. 61575]
		Indanthrenolive GL dopp. [Anthrachinonküpenfarbstoff, C.I. Vat Green]	
Schwarz		Indanthrengrau BL dopp. [C.I. Vat Black 16 für 3B, Vat Black 29 für BG]	

> *„Außerdem nannte Professor Dr. Täuber in TM 1924 Heft 14 Helioechtrubin und Purpurincarbonsäure als lichtechter wie Wurzel- und Alizarinkrapplacke. Hinsichtlich der Benennungsverhältnisse sei auf die Aufsätze von G. Schieder Heft 10, Täuber und Dr. Wagner in Heft 14 der TM 1924 verweisen.*
>
> *Inwieweit den berechtigten Ansprüchen der Kunstmaler entsprochen werden kann, mit einer bestimmen Benennung auch bei Teerfarbstoffen eine bestimmte, stets gleiche und leicht zu prüfende Beschaffenheit zu gewährleisten, muss dem Ausbau dieser Bestrebungen überlassen werden.*
>
> *Den raschesten Aufschluss über die Natur eines Teerfarbstoffs geben die etwa 6000 Namen umfassenden Farbstofftabellen von Geheimrat Dr. G. Schultz, Prof. an der Technischen Hochschule in München, die in 5 Auflagen und 2 Bänden bei Weidmann, Berlin SW. 68, erschienen sind. Auch auf die Lehrbücher von Bucherer (Spamer, Leipzig), Georgievics (Deuticke, Leipzig), Mayer (Springer, Berlin) u. a. sei verwiesen.“*[179]

Abschließend sei noch angemerkt, dass von dem *Deutschen Farbenbuch* nur diese ersten Auflagen der Bände 1 bis 3 erschienen (als Entwurf herausgegeben) und kein weiterer Band hinzukam. Für den 1926 publizierten 3. Band zu *Anstrichfarben und Lacken* hatte Trillich geplant, mehrere Farbmusterkarten beizufügen, bekommt aber von den Farbenherstellern nur mäßige Resonanz, so dass schließlich nur

179 Trillich (1925), S. 38-39.

sieben Farbtafeln enthalten sind; der 2. Band enthält neun Künstlerfarben-Musterkarten.[180] Trillich war die Publikation solcher Musterkarten hinsichtlich der Farbenbenennung sowie Haltbarkeit der Farbmittel sehr wichtig und er forderte, solche Veröffentlichungen zu forcieren. In einem späteren Artikel in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* über alte Leimaufstrich-Farbmuster aus dem *Polytechnischen Journal* von 1826 (damals 100 Jahre alt), gibt er zu bedenken, dass man hoffentlich *„in 100 Jahren trotzdem nachschlagen (kann), was die Farbmittel-Industrie anno 1927 leisten konnte.“*[181]

9.2.4. Synthetische organische Farbmittel in Diskussion (1905/06 bis Ende der 1920er Jahre)

In der Zeit nach dem *Kongress zur Bekämpfung der Farben- und Malmaterialien-Fälschungen* (1905) werden in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* in loser Folge Artikel zum Thema ‚Verwendungseigenschaften von Farbmitteln' publiziert, die insbesondere die synthetischen organischen Farbmittel (Teerfarbstoffe) in den Mittelpunkt des Interesses stellen. Die Beiträge stammen meist von Chemikern und sind zum Teil auch Nachdrucke aus wissenschaftlich-chemischen Fachzeitschriften. Vor allem durch die Publikationen des Chemikers Alexander Eibner, seit 1903 an der Münchner *Versuchsanstalt* tätig und von 1907 bis 1935 deren Leiter, wird den Teerfarbstoffen viel Platz eingeräumt. Daneben erscheinen auch die Untersuchungen von Täuber[182] und Krais,[183] die hier erwähnt werden müssen. Parallel dazu bieten die TM aber auch den polemischen Auseinandersetzungen zu dem Themenkreis ‚Teerfarbstoffe' eine Bühne. Mit der Diskussion und Ablehnung der Ostwald Farben, die Anfang der 1920er Jahre ihren Höhepunkt erreicht, kommen die synthetischen organischen Farbmittel wieder in die negativen Schlagzeilen und werden erst Mitte der 1920er Jahre durch Wagners Artikel über Farbenproduktion und Farbenhandel wieder in sachlichen Kontext gestellt. Für das Kapitel bietet sich eine Gliederung in nachstehende Abschnitte an:

-Synthetische organische Farbmittel im Test: Eibner (1905-1908), Täuber (1910), Krais (1913/1915)
-Teerfarblack-Einsatzgebiete: Künstlerfarbenqualität versus Dekorationsfarbenqualität (1908-1915)
-Ostwalds Farbenlehre: Teerfarblacke für Normfarben in Diskussion (1919-1922)
-Farbenhandel und Farbenproduktion - Beiträge von Hans Wagner (1922-1924)

9.2.4.1. Synthetische organische Farbmittel im Test – Eibner (1905/1908), Täuber (1910), Krais (1913/15)

Von Eibners wissenschaftlich-maltechnischen Veröffentlichungen beschäftigen sich einige in den Jahren 1905-1908 mit der Auswertung von (Licht)Alterungstests an Farbaufstrichen, die unter anderem auch verschiedene Teerfarblacke einbeziehen. Eibner nimmt zur Frage der Eingliederung der Teerfarben in das *Deutsche Farbenbuch* eine vermittelnde Position ein, stößt damit aber innerhalb der *Deutschen Gesellschaft für die Beförderung rationeller Malverfahren* nicht unbedingt auf Verständnis.[184]

Eibner (1905)
Im Dezember 1905 erscheinen zwei Artikel Eibners. Eine Veröffentlichung ist „*Indischgelb und dessen Surrogaten“* gewidmet.[185] Eibner stellt darin verschiedene Verfahren zur Erkennung des echten Indischgelbs vor und geht auf die Surrogate ein, die im Handel sind. Dies sind vor allem Gelblacke, also Farblacke auf Tonerde oder Zinnoxid aus Farbstoffen der Gelbbeeren, des Kreuzdorns, der Färbereiche, des Waus und der wilden Reseda (Stil de grain, Laque de Gaude, Schüttgelb etc.). Alle diese Gelblacke

180 Trillich (1925): Turm-Künstler-Aquarellfarben/Redeker & Hennis A.-G., Nürnberg; Temperafarben (Eitempera) Sorte 700/ und Rubensölfarben, Reine Künstlerölfarben Sorte 100/ Hermann Neisch & Co., Dresden-N.; Mussini-Ölfarben, Harzölfarben Sorte 1000/ H. Schmincke & Co., Düsseldorf; Flamuco-Künstler-Aquarellfarben, Flamuco-Künstler-Temperafarben, Tempera-Pastell Bössenroth und Flamuco-Künstler-Ölfarben/ Vereinigte Farben- und Lackfabriken vorm. Finster & Meisner, München W 12; Feinste feuchte Wasserfarben Sorte 1000/ Dr. Fr. Schoenfeld & Co., Düsseldorf.
181 Trillich (1927), S. 114.
182 Täuber (1910- a, b, c).
183 Krais (1913).
184 Vgl. Trillich (1928), S. 18: Eibner arbeitete Untersuchungsverfahren aus und prüfte die Materialien einzeln. Dies stellte sich als sehr zeit- und kostenintensiv heraus. Die Künstler- und Gewerbe-Malerschaft gewann dadurch den Eindruck, dass die Arbeit der Versuchsanstalt für ihre Zwecke kaum förderlich sei. Als sogar der Vorstandsvorsitzende der DG (Kunstmaler Hermann Urban 1909-1910; Doerner 1910-1913) in Eibners vermittelnden Bemühungen hinsichtlich der Aufnahme der Teerfarbstoffe eine Verschleppung sah, trat Eibner am 1.2.1910 aus der DG aus und erst wieder am 5.11.1913 bei.
185 Eibner (1905-a), S. 164-167.

verblassen meist schon nach wenigen Tagen Belichtung. Außerdem werden *Naphtholgelblack* auf Tonerde und Schwerspat sowie ein nicht näher erläuterter *Azogelblack* als Indischgelb verkauft; beide bräunen nach wenigen (Sonnen-)Belichtungstagen. Auch Kobaltgelb (Aureolin) trifft man unter Umständen als Indischgelbsurrogat im Handel an.[186]
Interessant sind die *„Untersuchungen über die Lichtechtheit von Malerfarbstoffen“*, ebenfalls im Dezember 1905 von Eibner publiziert.[187] In der Studie geht es weniger um die längst bekannte Lichtunechtheit verschiedener Teerfarbstoffe, sondern vielmehr um den Nachweis, dass manche natürliche organische Farbstoffe wesentlich lichtunbeständiger sind, als die besten am Markt vorhandenen synthetischen organischen Farbstoffe.
Eibner wählt für die Testaufstriche Gummi arabicum als Bindemittel, um bei den Belichtungsversuchen möglichst rasch Veränderungen feststellen zu können.[188] Für den Test werden verschiedene Pigmente und Farblacke mit abnehmender Schichtdicke auf Papier aufgestrichen und (sonnen)belichtet. Die Auswertung der Belichtungstests wird in Tabellenform publiziert :

I. Teerfarbstoffe
II. Natürliche organische Farbstoffe
III. Krappfarbstoffe (natürliche und künstliche)
VI. Nachdunkelnde Mineralfarbstoffe).

I. Teerfarbstoffe [1])

Name	Jahreszeit	Belichtungsdauer	Resultat: Intensität der Bleichung	Aenderung des Tones in:
Chinolinrot[2])	Juni	4 Stunden	Farbe fast ganz verschwunden	—
Eosinlack	„	5 Tage	„ in d. dünnen Aufträg. ganz verschwund.	braun
Mettylviolettlack	„	5 „	„ „ „ „ „ „ „	bläulichgrau
Magenta	„	5 „	„ „ „ „ „ fast „ „	„
Alkaliblaulack	„	5 „	„ „ „ „ „ „ „	grau
Patentblaulack	„	5 „	„ „ „ „ „ stark gebleicht	bläulich
Malachitgrünlack	„	5 „	„ „ „ „ „ ganz verschwund.	grau
Säuregrünlack	„	5 „	„ „ „ „ „ fast „ „	blaugrün
Ponceaulack	„	5 „	„ „ „ „ „ „ „	—
Braunlack	„	5 „	„ „ „ „ „ „ „	—
Chinolingelblack	„	5 „	„ „ „ „ „ stark gebleicht	braun
Crocëinlack	„	8 „	„ „ „ „ „ „ „	—
Brillantorangelack	„	8 „	„ „ „ „ „ „ „	—
Naphtolgelblack	„	8 „	„ „ „ „ „ „ „	braun
Echtorangelack	„	23 „	„ „ „ „ „ „ „	—

II. Natürliche organische Farbstoffe [3])

Name	Jahreszeit	Belichtungsdauer	Resultat: Intensität der Bleichung	Aenderung des Tones in:
Gelblack bräunlich	Juni	6 Tage	In d. dünnen Aufträg. deutl. abgeblasst	braun
Gelblack	„	8 „	„ „ „ „ „ „	„
Grünlack	„	8 „	„ „ „ „ sehr „	graugrün
Carmin	„	8 „	„ allen „ stark „	braun
Casseler Braun	Juni—Juli	20 „	„ „ „ „ „	—
Carmin Naccarat	„ „	28 „	„ „ „ „ „	braun
Gummigutt	Juli—Aug.	37 „	„ „ „ „ „	—
Aegypt. Mumie	Aug.—Sept.	43 „	„ „ „ „ sehr „	—
Sepia	Sept.—Nov.	50 „	„ d. dünnen „ deutlich „	—
Schüttgelb	Dez.—Feb.	60 „	„ allen „ „ „ „	braun
Krapplack rosa (Wurzelkrapp)	Feb.—April	61 „	„ fast „ „ „ „ „	—
Indigo	Juli—Okt.	82 „	„ d. dünnen „ „ stark „	—

Abb. 44: Tabelle aus Eibner (1905-b), S. 176 (I. Teerfarbstoffe, II. Natürliche organische Farbstoffe).

186 Eibner (1905-a), S. 166.
187 Eibner (1905-b), S. 174-178.
188 Eibner (1905-b), S. 174-175.

III. Krappfarbstoffe (natürliche und künstliche [1 u. 2])

Name	Jahreszeit	Belichtungsdauer	Resultat: Intensität der Bleichung	Aenderung d. Tones in:
Purpurinlack (künstlich)	März—Mai	56 Tage	In allen Tönen sehr stark gebleicht	—
Rosa Wurzelkrapp	Febr.—April	61 „	„ fast „ „ „ „ „	—
Rose Madder	März—Dez.	9 Monate	unverändert	—
Krapplack dunkel (natürlich)	März 04—Okt. 05	19 „	Nur in d. hell. Tönen schwach gebleicht	nach 2 Mon. etwas nachgedunkelt
Alizarinlack, rein — (künstlich)	März 03—Juni 05	27 „	„ „ „ „ „ „ „	—

Abb. 45: Tabelle aus Eibner (1905-b), S. 174-178 [*III. Krappfarbstoffe (natürliche und künstliche)*].

Eibner konnte zeigen, dass die Aufstriche von Farblacken natürlicher organischer Farbstoffe nicht lichtechter als die Farblacke der besseren ‚Teerfarbstoffe' (Azofarben) sind (Vgl. Abb. 44, 45). Des Weiteren wiesen die künstlichen Krapplacke keine schlechtere Lichtechtheit auf, als die natürlichen; die rosa Krapplacke zeigten sich wesentlich weniger lichtbeständig als die dunklen Krapplacke. Eibner ergänzt die Ausführungen mit einer Tabelle nachdunkelnden Mineralfarbstoffen [u.a. Chromgelb, Saturnrot (Mennige), Carminzinnober].[189]

Eibner (1908)

1908 publiziert Eibner wesentlich umfangreichere Untersuchungen „*Ueber die Verwendung von Teerfarbstoffen in der Anstrichtechnik*“,[190] die zunächst in der *Chemiker-Zeitung* (1907, Nr. 101) erschienen und dann erst in den *Technischen Mitteilungen*. Die Titel der einzelnen Abschnitte wurden für die folgende Zusammenfassung übernommen.

Wasserunechte und ölunechte Teerfarbstoffe: Eibner unterstreicht die Fortschritte der Teerfarbenfabrikation im letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts und vertritt die Meinung, dass die Praxis des Schönens von Mineralfarben mit unbrauchbaren Teerfarbstoffen binnen kurzem verschwinden sollte. Der Autor wehrt sich gegen die bei den Verbrauchern irrtümlich entstandene Meinung, dass alle Teerfarbstoffe geringere Lichtbeständigkeit aufweisen, als die natürlichen organischen.

Relative Lichtechtheit der Teerfarbstoffe: Chemisch identische Farbmittel haben nicht automatisch die gleichen Applikationseigenschaften; diese hängen zum großen Teil auch von den physikalischen Eigenschaften wie Dichte, Teilchengrößen etc. ab. Die Echtheiten von Farbmitteln sind erst im Anwendungsmedium zu beurteilen, so sind die Pigmente im Allgemeinen in Gummi arabicum wesentlich unbeständiger als in Öl. Harzlacke üben eine noch bessere Schutzwirkung aus, weil sie im Gegensatz zu Ölen sehr *„gasdichte“* Filme bilden.

Eibner beschreibt wieder Farbaufstriche für Lichtalterungstests (Vgl. Eibner/1905-b) von natürlichen Farbstoffen sowie älteren und neueren Teerfarbstoffen in Gummi arabicum auf Aquarellhandpapier, die unter Glas dem Sonnenlicht ausgesetzt werden. Die Ergebnisse werden in 3 Tabellen ausgewertet; Tabelle 1 (Abb. 46) listet die natürlichen Farbstoffe nach zunehmender Echtheit auf; in Tabelle 2 und 3 (Abb. 46) werden die älteren und neueren Teerfarbstoffe ausgewertet (Vgl. Eibner/1905-b, S. 176).

189 Eibner (1905-b), S. 177.
190 Eibner (1908-a, b, c).

Tabelle I.

Farbstoff	Jahreszeit	Belichtungsdauer	Resultat: Intensität der Bleichung	Aenderung des Tones in:
Gelblack	Juni	6 Tage	in den dünnen Aufträgen deutlich gebleicht	braun
Grünlack	'Juni	8 Tage	i. d. dünnen Auftr. sehr deutlich gebleicht	graugrün
Carminlack	Juni	8 Tage	in allen Aufträgen stark gebleicht	braun
Casseler Braun	Juni-Juli	20 Tage	in allen Aufträgen stark gebleicht	0
Carmin Nacarat	Juni-Juli	28 Tage	in allen Aufträgen stark gebleicht	braun
Gummigutt	Juli-August	1 Mon. 5 Tage	in allen Aufträgen stark gebleicht	0
Aegypt. Mumie	August-Sept.	1 Mon. 12 Tage	in allen Aufträgen sehr stark gebleicht	0
Sepia	Septbr.-Nov.	1 Mon. 18 Tage	in den dünnen Aufträgen deutlich gebleicht	0
Krapplack, rosa	Febr.-April	2 Monate	in drei Aufträgen sehr deutlich gebleicht	0
Indigo	Juli-Oktober	2 Mon. 11 Tage	i. d. dünnen Auftr. sehr deutlich gebleicht	0
Krapplack, dunkel nat.	März 1904 bis Oktober 1905	19 Monate	i. d. dünnen Auftr. sehr deutlich gebleicht	0
Indischgelb		3 Jahre 4 Mon.	nur i. düunsten Auftr. merkl. gebleicht	0

Die beiden folgenden Tabellen zeigen die beträchtlichen Verschiedenheiten in der Lichtechtheit der ältesten und neueren Teerfarbstoffe:

Tabelle II.

Farbstoff	Jahreszeit	Belichtungsdauer	Resultat: Intensität der Bleichung	Aenderung des Tones in:
Chinolinrot	Juni	4 Stunden	Farbe fast ganz verschwunden	0
Eosinlack	Juni	5 Tage	i. d. dünnen Aufträgen ganz verschwunden	braun
Methylviolettlack	Juni	5 Tage	i. d. dünnen Aufträgen ganz verschwunden	bläulichgrau
Magenta	Juni	5 Tage	i. d. dünn. Auftr. fast ganz verschwunden	bläulichgrau
Anilinblaulack	Juni	5 Tage	i. d. dünn. Auftr. fast ganz verschwunden	graublau
Malachitgrünlack	Juni	5 Tage	i. d. dünnen Aufträgen ganz verschwunden	graugrün
Säuregrünlack	Juni	5 Tage	i. d. dünn. Auftr. fast ganz verschwunden	blaugrün
Ponceaulack	Juni	5 Tage	i. d. dünn. Auftr. fast ganz verschwunden	0
Chinolingelblack	Juni	5 Tage	in den dünnen Aufträgen stark gebleicht	braun
Brillantorangelack	Juni	8 Tage	in den dünnen Aufträgen stark gebleicht	0
Naphtholgelblack	Juni	8 Tage	in den dünnen Aufträgen stark gebleicht	braun
Echtorangelack	Juni	23 Tage	in den dünnen Aufträgen stark gebleicht	0

Tabelle III.

Farbstoff	Jahreszeit	Belichtungsdauer	Resultat: Intensität der Bleichung	Aenderung des Tones in:
Geraniumlack	Februar	11 Tage	in allen Aufträgen stark gebleicht	0
Brillantlack	Februar-Mai	2 Mon. 2 Tage	in allen Aufträgen stark gebleicht	0
Amaranthlack	Februar-Mai	3 Mon. 6 Tage	in allen Aufträgen stark gebleicht	0
Echtblaulack	Januar-April	3 Mon. 16 Tage	in allen Aufträgen stark gebleicht	grau
Echtrot	Januar-April	3 Mon. 18 Tage	i. d. dünnen Aufträgen schwach gebleicht	0
Echtgelblack	Februar-Juni	4 Mon. 18 Tage	i. d. dünnen Anfträgen deutlich gebleicht	0
Echtviolettlack	Januar-Juni	5 Mon. 13 Tage	in allen Aufträgen deutlich gebleicht	rötlich
Moderot 5	Januar-Juni	5 Mon. 24 Tage	in allen Aufträgen deutlich gebleicht	0

Abb. 46: Tabelle I. - III., [Vgl. Eibner (1908-a), S. 140].

Die Ergebnisse der Lichtalterungstests zeigen, dass die Lichtunbeständigkeit der Lacke aus Triphenylmethanfarbstoffen, älteren Azofarben usw. (*Tabelle II. und III.*) nicht größer als jene der unechtesten natürlichen organischen Farbstoffe (*Tabelle I.*) ist. Die Teerfarblacke aus *Tabelle III.* übertreffen meist die Lichtbeständigkeit der natürlichen organischen Farbstoffe aus *Tabelle I.*, allerdings erreichen die bisher bekannten Teerfarblacke nicht die Qualität des echten Indischgelb und des natürlichen dunklen Krapplackes (Abb. 46).[191]

Lichtunechte Mineralfarbstoffe: In einer vierten Tabelle werden Belichtungsversuche lichtunechter Mineralfarbstoffe (anorganische Pigmente) ausgewertet; Zinnober und Mennige schwärzen, Chromgelb wird braun und helles Cadmiumgelb wird grünlich (Vgl. Eibner 1905-b/S. 177). Eibner betont, dass aus den Beispielen lichtunbeständiger anorganischer Pigmente nicht der Umkehrschluss zugunsten der Teerfarbstoffe gezogen werden sollte, da die für Anstrichfarben geeigneten synthetisch organischen Produkte eher (noch) Ausnahmen darstellen.[192]

Tabelle IV.

Farbstoff	Jahreszeit	Belichtungsdauer	Resultat: Intensität der Bleichung	Aenderung des Tones in:
Carminzinnober II	Juni-Juli	18 Tage	in allen Aufträgen stark nachgedunkelt	schwärzlich
Chromgelb, hell	Juni-Juli	19 Tage	in allen Aufträgen stark nachgedunkelt	braun
„ dunkel	Juni-Juli	19 Tage	in allen Aufträgen stark nachgedunkelt	braun
Florentiner Braun (Ferrocyankupfer)	April-Mai	24 Tage	in allen Aufträgen stark verändert	grau
Patentzinnober	April-Mai	1 Mon. 5 Tage	in allen Aufträgen stark nachgedunkelt	schwärzlich
Cadmiumgelb, hell	Juni-Juli	1 Mon. 22 Tage	i. d. dicken Aufträgen stark nachgedunkelt	grünlichbraun
Carminzinnober III	April-Juni	2 Mon. 12 Tage	in allen Aufträgen stark nachgedunkelt	schwärzlich
Saturnrot (Mennige)	Juni-Nov.	5 Monate	in allen Aufträgen stark nachgedunkelt	schwarz

Abb. 47: Tabelle IV., [Vgl. Eibner (1908-a), S. 141].

191 Eibner (1908-a), S. 140.
192 Eibner (1908-c), S. 141.

Ueber Lackfarbstoffe, Krapplack, reiner Alizarinlack und ***Erhöhung der Lichtechtheit von Teerfarbstoffen durch Lackbildung:*** Als Höhepunkt der bisherigen Teerfarbenfabrikation gilt der Krapplack aus synthetischem Alizarin. Eibner erklärt, dass die Verlackung die Echtheit der synthetischen organischen Farbstoffe generell zu erhöhen scheint. In *Tabelle V.* (Abb. 48) wertet Eibner die Lichtechtheit verschiedener Krapplacke und Alizarinlack aus. Da die Krappwurzel verschiedene Farbstoffe enthält, vor allem aber Alizarin und Purpurin, kann synthetischer Alizarinkrapplack nie identisch mit den natürlichen Krapplacken sein. Hinsichtlich Lichtbeständigkeit sind die reinen Alizarinlacke den Purpurinlacken deutlich überlegen. Untersuchungen an den in Künstlerkreisen geschätzten französischen Rosa-Krapplacken haben, so Eibner, gezeigt, dass die französischen Rosalacke hauptsächlich Purpurin enthielten, während die deutschen Fabrikate Alizarinlacke waren; die Schönheit und Ergiebigkeit der französischen Produkte wird demnach mit mangelnder Lichtbeständigkeit erkauft.[193]
Ähnlich dem Alizarin kann den *Kalkgrünen*, die aus den basischen Triphenylmethanfarbstoffen *Malachitgrün*, *Brilliantgrün* etc. und sauren Silikaten hergestellt werden, eine gute Lichtechtheit bescheinigt werden; der Lichtechtheitstest der Grünlacke einschließlich der Kalkgrüne wird in *Tabelle VI* ausgewertet. Offenbar beeinflusst die Art der Verlackung die Qualität in großem Ausmaß.[194]

Tabelle V.

Farbstoff	Jahreszeit	Belichtungs-dauer	Resultat: Intensität der Bleichung	Änderung des Tones in
Tonerdelack aus chem. rein. Purpurin	März-Mai	1 Mon. 15 Tage	in allen Aufträgen sehr stark gebleicht	0
*Rosa Wurzelkrapp	Febr.-April	2 Monate	fast in allen Aufträgen sehr gebleicht	0
*Krapplack (Purpurinlack), sog. krystallisierter	März-August	5 Mon. 6 Tage	in allen Aufträgen beträchtlich gebleicht	0
*Rose Madder v. Winsor & Newton	März-Dezbr.	9 Monate	in allen Aufträgen unverändert	0
*Krapplack, dunkel, natürl.	März 04-Oktbr. 05	19 Monate	nur in den dünnen Aufträgen schwach gebleicht	0
Tonerdelack aus ch. rein. Alizarin (Blaustich)	März 03-Juni 05	27 Monate	nur in den hellsten Aufträgen schwach gebleicht	0
Tonerdelack aus Anthrapurpurin	März-Mai	2 Monate	in allen Aufträgen beträchtlich gebleicht	gelblich
Tonerdelack aus Flavopurpurin	März-Mai	2 Monate	in allen Aufträgen beträchtlich gebleicht	bräunlich

Abb. 48: Lichtechtheit verschiedener Krapplacke und Alizarinlacke; *Tabelle V.* [Vgl. Eibner (1908-a), S. 142].

Tabelle VI.

Farbstoff	Jahreszeit	Belichtungs-dauer	Resultat: Intensität der Bleichung	Aenderung des Tones in
Malachitgrünlack	Juni	5 Tage	in den dünnen Aufträgen verschwunden	graugrün
Säuregrünlack	Juni	5 Tage	in den dünnen Aufträgen fast verschwunden	graugrün
Geschönte Grünerde	Jan.-Februar	1 Mon. 18 Tage	in allen Aufträgen verändert	graugrün
Kalkgrün I, gelbgrün	Jan. 06 bis Okt. 07	1 Jahr 10 Mon.	in allen Aufträgen deutlich verändert	graugrün
Kalkgrün II, gelbgrün dunkel	Jan. 06 bis Okt. 07	1 Jahr 10 Mon.	in allen Aufträgee deutlich verändert	schwärzlich grün
Kalkgrün III, blaugrün	Jan. 06 bis Okt. 07	1 Jahr 10 Mon.	in allen Aufträgen schwach verändert	graugrün
Kalkgrün IV, blaugrün	Jan. 06 bis Okt. 07	1 Jahr 10 Mon.	in allen Aufträgen sehr schwach verändert	graugrün

(Schluß folgt.)

Abb. 49: Lichtechtheit verschiedener Kalkgrüne (Triarylmethanfarbstoff-Farblacke); *Tabelle VI.* [Vgl. Eibner (1908-a), S. 144].

193 Eibner (1908-a), S. 142-143.
194 Vgl. Eibner (1908-a), S. 143: *„Wiederholte, an Alizarinlacken verschiedener Herstellung gemachte Wahrnehmungen legen den Schluss nahe, dass man durch eine bestimmte Art der Fabrikation dieser Lacke […] ein Maximum von Schönheit […] (und) Lichtechtheit erzielen könne. Bei Triphenylmethan- und einigen anderen Farbstoffen sind ähnliche wertvolle Erscheinungen seit längerer Zeit bekannt, welche überzeigend beweisen, dass ein und derselbe Teerfarbstoff relativ sehr lichtunecht bzw. ganz überraschend lichtecht sein kann…“*, je nach Art der Verlackung.

Tabelle VII.

Farbstoff	Jahreszeit	Belichtungs-dauer	Resultat: Intensität der Bleichung	Aenderung des Tones in
Chinonaphthalon	Mai-Oktober	4 Mon. 6 Tage	in den dicken Aufträgen vergilbt, in den hellen gebleicht	braun
β-Naphthochinophthalon	Mai-Oktober	4 Mon. 6 Tage	„ „ „ „	braun
Chinophthalon chemisch rein	Mai-April	7 Mon.	„ „ „ „	braun
Dimethylchinophthalon	Mai-April	11 Mon. 3 Tage	„ „ „ „	braun
Trimethylchinophthalon	Mai-Juli	1 Jahr 33 Tage	„ „ „ „	braun
Barytlack d. tech. Chinolingelb	März-Mai	1 Mon. 25 Tage	in allen Aufträgen gebleicht	0
Techn. Chinolingelb, wasserlösl.	Febr.-Mai	2 Mon. 27 Tage	„ „ „	0
Techn. Chinolingelblack I	Febr.-Mai	2 Mon. 27 Tage	„ „ „	0

Abb. 50: Lichtechtheit verschiedener Farblacke; *Tabelle VII.* [Vgl. Eibner (1908-b), S. 148].

Dies trifft auch für die *Kalkrot*-Fabrikate, auf Tonerdesilikaten gefällte rote Farbstoffe der Triphenylmethane (ähnlich denen der Malachitgrünreihe) sowie einige Safranine und Rhodamine zu, die durch Lackbildung lichtbeständiger wurden. Im Gegensatz dazu wurde von Eibner für die Chinolingelbgruppe gefunden, dass die Lacke aus Chinolingelb/wasserlöslich wesentlich lichtunechter sind als aus Chinolingelb/spritlöslich und den Homologen; d.h. hier verursacht die Einführung der Sulfogruppe offenbar eine Abnahme der Lichtechtheit (*Tabelle VII.* wertet die Belichtungsversuche zur Chinolingelbgruppe aus).[195]

Der Begriff Farblack: Eibner erläutert die Erweiterung des Farblack-Begriffes im Laufe der Zeit; einerseits beschreibt der Begriff traditionelle Farblacke, die komplexe salzartige Verbindungen mit Metallen (Alizarin mit Tonerde und Calcium) sind. Andererseits werden auch Fällungen von (Teer)-Farbstoffen auf anorganische Substrate (z.B. Schwerspat) als Farblacke bezeichnet, obwohl hier keine chemische Bindung vorliegt. Die Bezeichnung der deckenden Teerfarblacke als ‚Lackfarbstoffe', die in der Anstrichtechnik, im Buntdruck usw. verwendet wird, ist demnach falsch. Auch wenn die Farbenindustrie seit einiger Zeit versucht, Mineralfarbstoffe durch Teerfarbstoffe zu ersetzen (Zinnober-Ersatz etc.) sollte deren Bezeichnung als ‚Lackfarbe oder Farblack' laut Eibner aufgegeben werden, da diese Bezeichnung ihrer Eigenschaft als Deckfarbe widerspricht.[196]

Ueber Zweck und Widmung der Substrate bei Teerfarbstoffen: Eibner erläutert, dass bei der Herstellung von Anstrichfarben deckende Substrate notwendige Bestandteile sind, aber in Konsumentenkreisen noch die negative Ansicht verbreitet ist, dass diese in erster Linie die Rolle von Verschnittmitteln spielen, was nicht der Fall ist. Substrate erfüllen, so Eibner, zwei Aufgaben: Teerfarbstoffe besitzen große Färbekraft, aber schwache Lichtbrechung; um deckende Farben zu produzieren und Überfärbung (Kupferglanz bzw. Bronzieren) zu vermeiden, müssen Substrate bzw. Füllstoffe verwendet werden. Allerdings sei das Strecken der Teerfarbstoffe über das erwünschte Maß hinaus teilweise auch üblich. Eibner rät davon ab, da die Lichtechtheit damit rapide abnimmt.[197]

Die so genannten Pigmentfarbstoffe; wasser-, kalk- und ölechte Teerfarbstoffe: Die Entdeckung der ersten synthetischen organischen Pigmente, wie die 1880 von R. Holliday und Dr. Grässler gefundenen so genannten Entwicklungsfarbstoffe der Paranitranilinrotreihe (Eisfarben) zählen zu den größten Fortschritten der deutschen Teerfarbenchemie. Eibner beschreibt die Klasse als wasser- und kalkecht, allerdings nicht metallgebunden und daher nicht ganz ölecht. Der Begriff *Pigmentfarbstoffe* scheint Eibner für diese Substanzen geeigneter als die Bezeichnung *Lackfarbstoffe*.[198]

Im letzten Abschnitt seiner Publikation stellt Eibner einige der synthetischen organischen Pigmente vor, die höhere Anforderungen als die Vertreter der Paranitrinanilinrotreihe erfüllen: Das sind vor allem *Litholrot* (PR 49, verlacktes ß-Naphthol-Pigment), unter dem Namen *Lackrot* im Handel, außerdem *Pigmentechtgelb*, *Helioechtrot*, *Helioechtblau* und *Heliochromgelb*. In *Tabelle VIII.* wertet Eibner die Lichtbeständigkeit von *Pigmentechtgelb* und *Lackrot*-Aufstrichen aus.[199]

Eibner erläutert, dass die Beständigkeit der Teerfarblacke von folgenden Kriterien abhängig ist:

195 Eibner (1908-b), S. 148.
196 Eibner (1908-b), S. 148-149.
197 Eibner (1908-b), S. 149-150.
198 Eibner (1908-b), S. 150.
199 Eibner (1908-c), S. 168.

A: Lichtechtheit des Farbstoffes
B: Chemischer Beschaffenheit des Farbstoffes und des Lackbildners.
C: Bindung zwischen Farbstoff und Lackbildner.

Diesen Kriterien entsprechend nimmt Eibner eine Reihung der Teerfarbstoffe nach Beständigkeit vor:

A: Tannin-Antimon-Harzlacke usw. der basischen Triphenylmethanreihe entsprechen weder bezüglich Licht-, Wasser- noch Ölechtheiten den Anforderungen (Anstrich- und Dekorationsfarben).
B: Eosin- und Rhodaminlacke sind ähnlich unbeständig.
C: Bessere Echtheiten weisen die älteren Lacke aus Farbstoffsulfosäuren der Azogruppe auf.
Höheren Ansprüchen genügen die neueren Pigmentfarbstoffe (Abb. 51; *Tabelle VIII*); diese werden allerdings von Alizarin in der Lichtechtheit übertroffen.

Tabelle VIII.

Farbstoff	Beginn der Belichtung	Dauer der Belichtung	Resultat: Abnahme der Tonstärken 1 bis 4
Lack aus Lackrot P	Oktober	11 Mon. 25 Tage	in allen Tonstärken gebleicht
Lack aus Pigment-echtgelb R	„	11 Mon. 25 Tage	„ „ „ „
Lack aus Pigment-echtgelb G	„	17 Mon. 20 Tage	Ton 1 (stärkster) fast unverändert
Lack aus Pigment-echtgelb G	„	25 Mon. 3 Tage	Ton 1 unverändert.

Abb. 51: Lichtechtheit von Pigmentfarbstoffen *Tabelle VIII* [Vgl. Eibner (1908-c), S. 168].

Tabelle IX.

Farbstoff	Beginn u. Ende der Belichtung	Dauer der Belichtung	Resultat: Abnahme der Tonstärken (1—4)	Aenderung des Tones in
Säurealizarinblau BB der Höchster Farbwerke	7. Oktober 03 bis 15. Juni 05	1 Jahr, 8 Mon., 8 Tage	deutliche Aufhellung in 1—3	rötlich
Lack aus Säurealizarinblau BB der Höchster Farbwerke	7. Oktober 03 bis 15. Okt. 07	4 Jahre, 7 Tage	kaum bemerkbare Aufhellung in 4	sehr schwach rötlich

Abb. 52: Lichtechtheit von Säurealizarinblau BB im Verhältnis zu seinem Lack, *Tabelle IX* [Vgl. Eibner (1908-c), S. 170].

Eibner schlussfolgert hinsichtlich der Künstlerfarben, dass Teerfarbstoffe, die nicht die Echtheit des Krapplackes erreichen, nicht in diesen verwendet werden sollten. Allerdings verweist der Autor auf recht gute Resultate der Belichtungstests von *Säurealizarinblau BB* (Hoechst) und Lack aus *Säurealizarinblau BB* (*Tabelle IX.*). Eibner zufolge seien in der Gruppe der Antrachinonfarbstoffe die lichtechtesten Produkte zu erwarten. *Helioechtblau* gehört ebenfalls in diese Gruppe, sowie *Indanthren* und *Flavanthren* und einige andere Vertreter; bei *Indanthren* wurde eine höhere Lichtechtheit als bei Alizarin festgestellt.[200]

Ueber Prüfungsmethoden zur technischen Bereitung von Körperfarben aus Teerfarbstoffen und sonstige Anstrichfarben: Abschließend empfiehlt Eibner, die Einführung einheitlicher Prüfungsmethoden anzustreben und die Verträglichkeit der einzelnen Farbmittel untereinander zu testen. Für alle Körperfarben sollte ein einheitlicher Beurteilungsmodus geschaffen werden, der für Fabrikanten, Händler, Konsumenten in gleicher Art und Weise verbindlich und verständlich wäre und den Farbenhandel und Verbrauch in sichere Bahnen leiten. Eibner schlägt vor, die Echtheitseigenschaften mit einem Ziffernsystem zu charakterisieren und unterbreitet seine Vorschläge für Kriterien der Prüfungsmethoden.[201]

200 Eibner (1908-c), S. 170.
201 Eibner (1908-c), S. 170-171.

Täuber (1910)

Ernst Täuber[202] publiziert 1910 die Untersuchung von Pigmenten unter dem Titel „*Vergleichende Prüfung verschiedener Pigmentfarben auf ihre Brauchbarkeit in der Malerei insbesondere in der Kunstmalerei*“.[203] Der Autor untersucht anorganische Pigmente und Teerfarblacke in Öl und als Wasserfarben. Die Auswertung wird nur als Text ohne tabellarische Vergleiche publiziert und präsentiert sich dadurch relativ unübersichtlich. Zusammenfassen lassen sich Täubers Ergebnisse – nach Farbtönen unterteilt – folgendermaßen:

Gelbe Farben:

- Schüttgelb und Chromgelb in Öl sowie *Naphtolgelb* als Wasserfarbe sollten ausgeschlossen werden; der Gebrauch von Indischgelb und *Naphtolgelb* in Öl sollte vermieden werden.
- Geeigneter Ersatz für Indischgelb sind *Indanthrengelb G* und *R* sowie *Indanthrongoldorange* (Flavanthrenfarbstoffe; gelbe Küpenfarbstoffe, *BASF*); als Lasurfarben auf Tonerde weisen sie eine gute Lichtbeständigkeit auf.
- *Alizarinorange A* ist als Ölfarbe beständig, aber als Wasserfarbe weniger lichtbeständig als Indischgelb.
- Für grüngelbe Lasurtöne ist als Ölfarbe *Pigmentechtgelb G* (*Hoechst*) brauchbar; für die Dekorationsmalerei sind *Normalgelb 5 GL* und *Pigmentchromgelb L* (*Hoechst*) ausreichend echt.

Rote Farben:

- Zinnober ist zu meiden; von den Krapplacken sollten nur die lichtechtesten verwendet werden.
- Als Zinnoberersatz und für Krapplack kommen Kadmiumrot und Lacke aus *Permanentrot 2G extra* (*Agfa*) und *Indanthrenbordeaux* (*Agfa*) in Frage, ev. auch *Pigmentscharlach 3B* (*Hoechst*) für Ölfarben; *Thioindigorot* (*Kalle & Co.*) ist für Wasserfarben zu empfehlen.
- Gute Echheit, für die Kunst aber nicht ausreichend, weisen die Lacke aus *Permanentrot R* (*Agfa*) und *Helioechtrot* (*Bayer*) und *Pigmentechtrot* (*Hoechst*) auf.

Violette und blaue Farben:

- *Ultramarinviolett* sollte nicht verwendet werden; von *Preußischblau* wird in allen Bindemitteln abgeraten; *Kobaltviolett* ist als Ölfarbe gut geeignet.
- *Indanthren S* (*BASF*) und *Säurealizarinblau neu* sind hoch lichtecht; Indigo ist zu vermeiden; *Indanthrenblau G* wird in Form seiner Lacke empfohlen; für Dekorationsmalerei sind Lacke aus *Helioechtblau* (Bayer) ausreichend.
- Lacke aus *Indanthrenblau G* (*BASF*) sind sowohl als Öl- wie auch als Wasserfarbe sehr beständig.

Grüne Farben:

- Kupferfarben sind unverträglich mit Kadmiumgelb; *Cöruleingrün* sollte durch Mischungen aus *Indanthrengelb G* und *Indanthrenblau G* ersetzt werden.

Krais (1913, 1915)

Krais kündigt schon 1911 in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* an, einen umfangreichen Farbentest durchführen zu wollen. Er gibt die Versuchsbedingungen bekannt und die Konsumenten werden aufgerufen, gegebenenfalls Wünsche und Vorschläge zu den geplanten Untersuchungen einzureichen, da bald mit der Vorbereitung des Versuchsmaterials begonnen werden soll.[204]

Die Untersuchungsergebnisse publizierte Krais 1913 in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* unter dem Titel: „*Die Lichtechtheit der Körperfarben aus Teerfarbstoffen*“[205] als Nachdruck des gleichnamigen Artikels aus der *Zeitschrift für angewandte Chemie* (1912, S. 2133).

Krais hatte für seine Versuche Aufstriche aus reinen Farben und 3 unterschiedlichen Weißausmischungen (mit Blanc fix), gebunden in Kasein, herstellen lassen. Diese Aufstriche wurden

202 Ernst Täuber (?-1944); Dozent an der Technischen Hochschule Berlin und an der Akademie der Künste, Regierungsrat am Kaiserlichen Patentamt.
203 Täuber (1910-a), S. 187-189; (1910-b), S. 203-205; (1910-c), S. 2-5.
204 Krais (1911-a), S. 159-160.
205 Krais (1913), S. 153-158.

unter Glas in südliche Ausrichtung insgesamt 221 Tage (eingeteilt in 5 Perioden) belichtet.
Die Ergebnisse werden tabellarisch ausgewertet. Nach jeder der 5 Belichtungsperioden wurden die belichteten Proben mit den Referenzen verglichen. Geringe Veränderungen wurden in der Tabelle mit einem Punkt vermerkt; stärkere Veränderungen mit einem Kreuz (x). In der Auswertung werden Farben, die sich erst nach der 3. oder 4. Belichtungsperiode veränderten, der Klasse A zugeordnet. Diese Farbmittel werden (rein und in Weißausmischung) von Krais für alle Innendekorationsaufgaben als gut geeignet beurteilt. Die Farbmittel der Klasse B sind nur als reine Farblacke gut lichtecht.
Allerdings wurden die Ergebnisse aus der Sicht eines Teerfarbenchemikers beurteilt; *‚vorzüglich lichtecht'* erfüllt die Anforderungen der Innendekorationsmaler, jedoch nicht die der Künstler.

Klasse A (reine Pigmente; gemischt mit *„chemisch inaktivem Weiß vorzüglich lichtecht"*; davon 11 Farbmittel ausgezeichnet lichtecht (mit ** gekennzeichnet):[206]

Hoechst: ***Hansagelb 5G* (PY 5, 11660), G (PY 1, 11680), ***Hansagelb R* (PY 10, 12710), *Helindonrot 3B* (Vat dye)

Bayer: ***Helioechtgelb 6GL* (PY 23, 60520), ***GL*, ***Heliochromgelb GL*, *Helioechtgelb RL* (ohne PY, C.I. 61730), Algolrot 5G (Vat dye), ***Helioechtrosa* RL (PR 89, 60745), *Brill. Alizarinbordeaux R*, ***Algolblau 3R* (Vat dye), (Tonerdelack *Helioechtblau BL*), *Helioechtrot 2GL*

BASF: *Siriusgelb G* (ohne PY, C.I. 59000), *Litholechtgelb GG extra* (PY11, 10325), *Litholgelb R*, ***Litholechtorange R*, *Litholechtscharlach RN* (PR 3, 12120), *Eglantin BBP*, *Indanthrenolive G*, *Indanthrengrau B*, ***Indanthrenblau GGSZ, RZ*, *Alizarinlack aus V I extra* (PR 83, 58000), *Alizarin-Eisenlack aus V2 bläul*., *Indanthrenviolett RR extra*

Agfa: ***Permanentrot 2G extra*, wohl auch *6B* (C.I. 15610) und *4B extra*

Klasse B (nur als reiner Farblack gut lichtecht):

Hoechst: *Pigmentchromgelb L*, *Alizarin IB extra* 12 % ig, *Helindonviolett R* (Vat dye)

Bayer: *Helioechtrot RL, Alizarinrot IB extra* (PR 83, 58000)

BASF: *Tuscalinorange GN* (C.I. 12080), *Grün PLX* (Acid Green 1, PG 12, beide 10020)

Krais (1915)

Krais veröffentlicht 1915 in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* noch einmal eine Liste von synthetischen organischen Farbmitteln bzw. Teerfarbstofflacken, die nach seinen Untersuchungen für Künstlerfarben geeignet sein sollen. Die Publikation erscheint unter dem Titel „*Zur Frage der Normalfarben"*[207].
Da hinsichtlich der *Normalfarbenskala* immer noch kein befriedigendes Ergebnis erzielt wurde, schlägt Krais vor, den Begriff der *Normalfarbe* fallen zu lassen, da sich dieser nach jahrzehntelangen Bemühungen als unpraktisch erwiesen hat.[208] Stattdessen sollte jeder Farbstoff und jedes Pigment individuell behandelt werden und jedes Farbmittel in unterschiedlichen Bindemitteln einzeln untersucht werden, da sich Unechtheiten und Unverträglichkeiten nicht verallgemeinern lassen. Krais verweist auf eine Auflistung von Teerfarbstofflacken, die er bereits 1912/1913 in der *Zeitschrift für angewandte Chemie* (1912, S. 2193; 1913, S. 74) veröffentlicht hat und die (auch in Weissausmischungen) ebenso lichtecht sein sollen, wie die Erd- und Mineralpigmente.

206 Die Colour Index Nummern wurden zusätzlich recherchiert und hinzugefügt. Vgl. Colour Index, 2. Aufl. (1956-1967).
207 Krais (1915), S. 121-123.
208 Kämmerer spricht sich in einer Erwiderung in der übernächsten Nummer der *Technischen Mitteilungen für Malerei* für das Beibehalten des Begriffes ‚Normalfarbe' im *Deutschen Farbenbuch* aus; allerdings bedürfe es dazu einer genauen Definition. Vgl. Kämmerer (1915), S. 137.

Tab. 56: Vorschlag geeigneter Teerfarbstofflacke für die Verwendung in Künstlerfarben aus dem Jahr 1915 [Krais (1915), S. 121]; gegebenenfalls ergänzt durch recherchierte Angaben und Nummern aus den *Farbstofftabellen* [Schultz (1931), 7. Auflage] und/oder *Colour-Index*-Nummern.

Farbton	Wasserfarben	Ölfarben
Gelb	Hansagelb 5G, G, R, (M. L & B), [C.I. Monoazogelbpigmente, 5G = PY 5, 11660; G = PY 1, 11680; R = PY 10, 12710]	Hansagelb G, R (M. L&B)
	Heliochromgelb GL (By) [Monoazopyrazolon-Pigment, C.I. 12720; Schultz (1931) Nr. 733]	Heliochromgelb GL
	Helioechtgelb 6GL [CI PY 23, 60520], GL, RL (By)	Helioechtgelb 6GL, GL, RL (By)
	Litholechtgelb GG extra, R (BASF) [Monoazogelb-pigment, Schultz (1931) Nr. 25N, C.I. 14800]	
	Siriusgelb G (BASF) [Anthrachinonküpenfarbstoff Schultz (1931) Nr. 1289, C.I. 59000]	
Orange	Litholechtorange R (BASF) [Monoazo-ß-Naphtholpigment C.I. PO 5, 12075]	Litholechtorange R (BASF)
Rot	Alizarinlack aus V1 extra (By)	Alizarin 1B extra-Lack (By) [Alizarin = Anthrachinonbeizenfarbstoff; Schultz (1931) Nr. 1141; C.I. Mordant Red 11, 58000]
	Helidonrot 3B (M. L&B) [Anthrachinonküpen-farbstoff, Schultz (1931) Nr. 1354]	Alizarin V1 extra-Lack (BASF)
	Algolrot 5G (By) [Anthrachinonküpenfarbstoff, Schultz (1931) Nr. 1218, C.I. Vat Dye]	Helioechtrosa RL (By)
	Helioechtrosa RL [Anthrachinonfarbstoff, für Farblacke, ? C.I. PR 89, 60745]	Helioechtrot 3GL, RL (By) [RL = C.I. PR 3, 12120]
	Helioechtrot 2 GL (By)	Permanentrot 2G extra (Agfa)
	Litholechtscharlach RN (BASF) [C.I. PR 3, 12120]	Algolrot 5G (By)
	Permanentrot 2G extra (Agfa) [Monolite Red 2G, Schultz (1931) Nr. 72; C.I. PO 5, 12075]	
Violett	Brilliantalizarinbordeaux R (By) [Schultz (1931) Nr. 1162, C.I. Mordant Red 45, 58230]	Alizarinbordeaux B (By) [Schultz (1931) Nr. 1141]
	Alizarin-Eisenlack aus V2 bläulich (BASF)	Alizarin-Eisenlack aus V2 bläulich (BASF)
	Indanthrenviolett RR extra (BASF) [Anthrachinonküpenfarbstoff, Schultz (1931) Nr. 1265; C.I. Vat Violet 1, 60010]	Indanthrenviolett RR extra (BASF)) [Anthrachinonküpenfarbstoff]
Blau		Algolblau 3R (By) [Anthrachinonküpenfarbstoff, Schultz (1931) Nr. 1222, C.I. Vat Violet 15, 63355]
		Indanthrenblau GGSZ und RL (BASF) [Anthrachinonküpenfarbstoff, C.I. Vat Dyes]
(By) = Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co. Leverkusen; (Agfa)= Actien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation; (BASF) = Badische Anilin- und Soda- Fabrik, Ludwigshafen; (M. L&B) = Farbwerke vorm. Meister Lucius & Brüning, Höchst		

9.2.4.2. Teerfarblack-Einsatzgebiete: Künstlerfarben- versus Dekorationsfarbenqualität (1908-1915)

In den Jahrgängen zwischen 1908 und 1915 fällt auf, dass teilweise wieder sehr kontrovers über die Verwendung von Teerfarblacken bzw. synthetischen organischen Farbmitteln in (Künstler-)Farben diskutiert wird. Einerseits fallen diese Debatten allgemein und polemisch aus, andererseits werden konkret die Teerfarblacke in *Schmincke*-Künstlerfarben und die Einführung der auf synthetischen organischen Farbmitteln basierenden *Eilido-Farben* thematisiert. 1914 wird die *Normalfarbenskala* durch Eibners Publikation in den Mittelpunkt des Interesses gerückt, bevor im Zusammenhang mit dem Ersten Weltkrieg vor allem die Farbenqualität der Englischen und Französischen Marken einen Themenschwerpunkt markieren.

Debatte zur Teerfarbenfrage (Pudor, Immerheiser, Schwitzer, Krais)

1908/1909 räumen die *Technischen Mitteilungen für Malerei* einer sich über mehrere Ausgaben fortsetzenden Kontroverse über die ‚modernen' Farbstoffe bzw. die Teerfarbstoffe sehr viel Platz ein.

Beteiligt sind die Chemiker Dr. Immenheiser, Ing.-Chemiker Schwitzer und Dr. H. Pudor,[209] ein der Chemie fernstehender Publizist.

Ausgelöst wird die Kontroverse durch Pudors Artikel „*Von den modernen Farbstoffen*“,[210] der nicht dem neuesten Stand der Wissenschaft entspricht. Pudor favorisiert darin vor allem die vegetabilen natürlichen Farbstoffe.

Unabhängig davon erscheint in der gleichen Ausgabe der *Technischen Mitteilungen für Malerei* (25. Jg./Nr. 10) „*Zeitgemäßes über die Teerfarbstoffe*“[211] des *BASF*-Chemikers Dr. Immerheiser; dieser versucht mit den falschen Vorurteilen über die Teerfarben aufzuräumen. Laut Immerheiser sind die moderne Textilindustrie und der Dekorationsfarbensektor nicht ohne die Teerfarbstoffe denkbar.

Von Pudor wird das Thema in einer polemischen Replik im übernächsten Heft (25. Jg./Nr. 12; „*Ueber Teerfarbstoffe*“)[212] wieder aufgegriffen; er zweifelt Immerheisers Ausführungen an und behauptet, dass gerade die *„wertvollen Eigenschaften“* der Teerfarbstoffe nicht feststehen. Eine Warnung vor den neuen Materialien und den Aufruf zur Vorsicht kann Pudor schon im Heft Nr. 14/25. Jg. platzieren. Wiederholt gibt der Autor die Unsicherheiten zu Bedenken, da das Gebiet der Teerfarbenfabrikation noch sehr jung sei und die chemische Konstitution der meisten Farbstoffe noch nicht aufgeklärt wurde.[213]

Die Redaktion der *Technischen Mitteilungen für Malerei* unterstützt und fördert die Kontroverse über die Teerfarbstoffe und lässt in weiterer Folge zu dem Thema mehrheitlich Chemiker zu Wort kommen.

Schwitzer bedauert in seinem Beitrag „*Von den modernen Farbstoffen*“[214] einleitend, dass Zuschriften wie jene Pudors veröffentlicht werden, da der Autor offenbar nicht auf dem Gebiet der Teerfarbstoffe bewandert ist. Schwitzer widerlegt viele der Behauptungen von Pudor hinsichtlich der vegetabilen Farbstoffe und führt dazu Beweise an.

Dazwischen schaltet sich wieder Immerheiser (*BASF*) in die Diskussion ein. Der Beitrag „*Zeitgemäßes über Teerfarbstoffe*“[215] wird mit dem Vermerk *„Entgegnung an die Herren Dr. Pudor und Dr. Krais“* publiziert. Immenheiser widerlegt zahlreiche Behauptungen Pudors; auch mit Krais' Anmerkung,[216] dass Immerheiser als *BASF*-Chemiker eine zu optimistische Haltung gegenüber Teerfarbstoffen einnimmt, kann sich dieser nicht einverstanden erklären. Im Wesentlichen werden aber die wenig fachkundigen Aufsätze Pudors kritisiert:

> *„Wenn Dr. Pudor anführt, dass ihm die ‚fortwährende Versicherung' von Seiten der ‚Teerfarbstoff-Fabrikanten' über die mangelhafte Brauchbarkeit der Teerfarbstoffe für Künstlerzwecke einigermaßen verdächtig vorkomme, so ist das nicht verständlich. Die Bedeutung der Teerfarbstoffe für Künstlerzwecke war bisher so untergeordnet und dieselben haben vom merkantilen Standpunkt aus nur einen so ganz geringen Wert für diesen Zweck, dass von Seiten der Teerfarbenfabriken gar keine Veranlassung vorliegt in dieser Beziehung eine ‚fortwährende Versicherung' abzugeben […].*[217]

Immerheiser regt aber an, dass man zukünftig auch die Teerfarbstoffe für Künstlerfarben in Betracht ziehen sollte, denn neben Alizarinlack und Indigo gibt es weitere Farbstoffe, die den gestellten Anforderungen entsprechen könnten und verweist auf Eibners Publikationen.

Interessanterweise geht aber auch Schwitzer in seinen folgenden Beiträgen auf Pudor ein, obwohl dieser als Publizist mit philosophiehistorischer Promotion nicht zu den qualifizierten Experten auf dem Gebiet der Farbenchemie gezählt werden kann.

Mit der Publikation „*Von den modernen Farbstoffen*“[218] in den Heften Nr. 17, 18, 19 und 20 (25. Jg.) setzt Schwitzer den oben erwähnten Artikel fort, versucht aber vor allem auch zu beweisen, dass Dr. Pudor von der Sache nicht genug versteht und kein Chemiker sei. Schwitzer erläutert, dass ständig neue Farbstoffe entwickelt werden. Interessenten wird das Wesentliche dazu durch Produktinformationen

209 Vgl. Neue deut. Biographie, Bd.: 20 (2001), S. 759: Dr. Heinrich Pudor (1865-1945); promovierte über Philosophiegeschichte; völkisch-nationaler Publizist, widmete seine Publikationen ab 1905 antisemitischer Agitation.
210 Pudor (1908-a).
211 Immerheiser (1908-a); Nachdruck aus der Süddeutschen Malerzeitung, 7. Jg./Nr. 43, S. 518-519.
212 Pudor (1908-b).
213 Pudor (1909).
214 Schwitzer (1909-a; 1909-b).
215 Immerheiser (1909-a).
216 Vgl. Technische Mitteilungen für Malerei, 25. Jg./Nr. 12, 1908, S. 112 (Zuschrift von Dr. Paul Krais).
217 Immerheiser (1909-a), S. 156.
218 Schwitzer (1909-c, -d, -e, -f).

mitgeteilt. Der Autor sieht die Farbstoffindustrie diesbezüglich vorbildhaft für die Industrie der Mal- und Anstrichfarben. Einige Produktinformationen neuerer Farbstoffe werden als Beispiele angeführt und abgedruckt: *Diaminogenblau 6RN* (*Cassella*; C.I. Direct Dyes); *Immedialindonviolett B* (*Cassella*; C.I. Sulphur Blue 7, 53440); *Algolrot 5G* (*Bayer*; C.I. Vat Dye); *Algolscharlach G* (*Bayer*; C.I. Vat dye); *Thiogenneublau J L* (*Hoechst*; C.I. Sulphur Dyes); *Permanent-Rot R* (*Agfa*; PR 4, 12085).
Schwitzer wiederholt seinen *Vorschlag zur Bestimmung der Lichtechtheit der Mal- und Anstrichfarben*; der Antrag war auch schon auf dem *Kongress zur Bekämpfung der Farben- und Malmaterialienfälschungen* 1905 von ihm eingebracht worden.[219] Der Vorschlag orientiert sich an bekannten Lichtechtheiten von definierten Farbstoffen wie Krapplack und Indigo und verwendet ein Ziffernsystem, das der höheren Lichtechtheit auch die höhere Ziffer zuteilt (1-5; 5 für Krapplack), während Eibner zur gleichen Zeit noch vorschlägt, die Lichtechtheiten entsprechend den Veränderungen nach bestimmten Belichtungszeitspannen zu definieren. In Eibners Ziffernsystem (5-1) wird die beste Lichtbeständigkeit mit der kleinsten Zahl beschrieben.[220]
Der Themenschwerpunkt Teerfarbstoffe und -lacke wird durch einen Artikel von Immerheiser (*BASF*) abgeschlossen. Unter dem Titel „*Einiges Wissenswerte über Teerfarbstoffe und Teerfarblacke"*[221] geht der Autor auf die Entwicklung von Pigmenten aus Teerfarbstoffen ein, die erst in jüngerer Zeit forciert wird, da die Industrie den synthetischen organischen Pigmenten bislang nur ein kleines Anwendungsgebiet zuschrieb.
Immerheiser geht relativ ausführlich auf die Herstellung von Farblacken aus löslichen Farbstoffen ein, erklärt die Bedeutung der Substrate und charakterisiert die Einsatzgebiete der Farblacke. Beschwerden über lichtunechte Tapeten beweisen nur, so Immerheiser, dass der Farbstoff schlecht ausgewählt wurde. Die Bedeutung des relativ jungen Gebietes der „*unlöslichen Teerfarbstoff-Pigmente*"- für die Körperfarbenindustrie wird besonders betont.
Immerheisers Aufsatz folgt die redaktionelle Anmerkung, dass die oben geführte Diskussion zu dem Thema der Teerfarbstoffe als abgeschlossen betrachtet wird, bis *„neue Gesichtspunkte"* zu dem Schwerpunkt zu erörtern sind.[222]

Künstlerfarbenhersteller: Teerfarblacke (*Schmincke); Eilido-Farben (Günther Wagner)*
Während vom Künstlerfarbenhersteller *Schmincke* um 1911 nur relativ wenige Teerfarblacke in den Künstlerfarbenserien *Horadam`s Patent-Aquarellfarben* und *Mussiniölfarben* verwendet werden,[223] kommen um 1911 die von Dr. Carl König (Düsseldorf) entwickelten und dann von der Künstlerfarbenfirma *Günther Wagner*[224] (Wien-Hannover) übernommenen *Eilido-Farben* auf den Markt. Die Farben werden als vollständig neue Töne von großer Leuchtkraft beworben und als Öl-, Tempera- und Wasserfarben eingeführt.[225] Da in dieser neuen Serie alle Farbtöne Teerfarben enthielten und mit Phantasienamen benannt wurden, protestierte man in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* sofort gegen deren Verbreitung und Bewerbung.[226] Das sorgte in der weiteren Folge für eine Beleidigungsklage[227] von C. König gegen Keim; in einer Erwiderung des Fabrikanten der *Eilido-Farben* (G. Wagner) weist dieser darauf hin, dass die Farben nicht überstürzt, sondern nach sorgfältiger Prüfung herausgegeben wurden und die *Eilido-Farben* in Volltönen beständiger seien, als viele der bisher gebräuchlichen Aquarellfarben.[228] Die *Technischen Mitteilungen für Malerei* publizieren daraufhin eine Künstler-Zuschrift (G.T. gezeichnet), die den Protest gegen Einführung der *Eilido-Farben* unterstreicht. Zweifelhafte Farben sollten nicht mehr eingeführt werden, da es schon genug unzuverlässiges Material gibt. Der technische Ausschuss

219 Schwitzer (1909-f), S. 200. Vgl. auch: Kongress zur Bekämpfung der Farben- und Mal-Materialfälschungen. Anhang (1905-b), S. 133. Schwitzers Antrag, der Grundlagen für eine Prüfung der Lichtechtheit vorschlägt.
220 Schwitzer (1909-f), S. 200-201.
221 Immerheiser (1909-b).
222 Technische Mitteilungen für Malerei, 26. Jg./Nr. 4, 1909, S. 35.
223 Vgl. Schmincke (1911-a; 1911-b; 1911-c). Aus der 9. Lieferung der Maltechnischen Mitteilungen der Firma Schmincke/ Düsseldorf; siehe Kapitel 9.4.1.
224 Eilido-Farben: von Dr. Carl König 1910/1911 eingeführt; am 1. Oktober 1911 von G. Wagner (Hannover-Wien) übernommen.
225 Eilido-Farben (1911), S. 112.
226 Die neuen lichtechten Teerfarbstoffe (1912-c), S. 162.
227 Eilido-Farben (1912-a); Eilidofarbenklagssache (1912) S. 69-70: Die Klage von Dr. König gegen Keim wegen Beleidigung wird dann im Oktober 1912 endgültig abgelehnt.
228 Eilido-Farben (1912-b), S. 212-213.

der *Deutschen Gesellschaft zur Förderung rationeller Malverfahren* wird aufgerufen, die Farben in den Münchner und Berliner Versuchslaboratorien zu prüfen.[229] *Eilido*-Farbenproduzent G. Wagner weist die Beschuldigungen in einer Antwort an Künstler G.T. zurück. Durch die einheitliche Benennung der Produkte als *Eilido-Farben* wissen Künstler immer, dass es sich um Farben mit Teerfarblacken handelt. Die chemischen Namen der Teerfarbstoffe sind viel zu kompliziert, als dass sie für sinnvolle Etikettierung geeignet wären. Außerdem bemerkt G. Wagner, dass die Prüfung der *Eilido-Farben* durch die Münchner und Berliner Versuchslaboratorien bereits veranlasst wurde.[230]

Tendenzen und Schwerpunkte 1913-1914

Im Zeitraum zwischen 1912 und dem Ausbruch des Ersten Weltkrieges im Sommer 1914 liegen einige Veröffentlichungen in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* vor, die sich zwar nicht unmittelbar auf die Teerfarbstoffe bzw. -lacke beziehen, aber im gesamten Kontext aufschlussreich sind.

- Durch den plötzlichen Tod von Keim im Herbst 1913 (Freitod) werden in der Redaktion der *Technischen Mitteilungen für Malerei* Veränderungen notwendig. Nach wechselnder Schriftleitung (unter anderem Kunstmaler P. Kaemmerer 1915-1918) übernimmt der Fabrikant Heinrich Trillich 1919 die Redaktion der Fachschrift.
- Eibner veröffentlicht 1914 eine längere Abhandlung über die *Normalfarbenskala*,[231] in der die Entwicklungen seit Keims erster *Normalfarbenskala* (1886/1887) zusammenfasst werden. Die Ausführungen sind im Kontext der seit 1907 laufenden Vorbereitungen für *Das Deutsche Farbenbuch* interessant, weil dieses im Prinzip einer erweiterten *Normalfarbenskala* entsprechen soll. Allerdings werden die Arbeiten am *Farbenbuch* durch den Ersten Weltkrieg bis 1918 dann unterbrochen.[232]
  Keim hatte 1886 eine Liste von Malerfarbstoffen für Öl und Wandmalerei zusammengefasst; die als *Normalfarbenskala der Deutschen Gesellschaft für rationelle Malverfahren (DG)* bekannt wurden. Die zweite, geringfügig geänderte *Normalfarbenskala* wird 1887 zusammengestellt (siehe TM, 4. Jg./Nr. 32, S. 37); inzwischen wurde eine Revision der *Normalfarbenskala* gefordert (Doerner, auf der Generalversammlung der DG am 26. November 1913). Das ursprünglich geplante Programm der *Normalfarbenskala* sollte nur ‚trockene' Pigmente für Malerei enthalten; bald diskutierte man aber auch die Aufnahme angeriebener Farben. Keim stellte daraufhin aufwändige Untersuchungen zu den Bindemitteln an, konnte jedoch die Fragen zur Herstellung ‚normaler' Bindemittel nicht lösen. Schwierigkeiten bereitete auch, dass ab Mitte der 1880er Jahre im Prinzip ständig neue Bindemittelsysteme auf den Markt kamen und auch kein allein gültiges *Normalfarben*-System für Künstler existiert. Eine Revision der *Normalfarbenskala* sollte die Trennung in Künstler-, Dekorations- und Anstrichfarben berücksichtigen und zu folgenden Schwerpunkten fortgesetzt werden:
  1. Arbeiten zum Reinheitsbegriff
  2. Arbeiten zu Verwendungsechtheiten trockener Farben
  3. Arbeiten zu Bindemitteln.

  Schwierigkeiten bereitet allerdings die Einführung der Verwendungsechtheiten, da verschiedenste Anwendungen und Echtheitsparameter zu berücksichtigen seien. Eibner stellt schließlich noch Richtlinien zur Revision der *Normalfarbenskala* auf.
- Ernst Berger (1857-1919),[233] selbst kein Mitglied der *Deutschen Gesellschaft zur Förderung rationeller Malverfahren (DG)*, nimmt zu dieser vielfach eine distanzierte Position ein.[234] 1913 kritisiert Berger die *DG* in einem Vergleich mit der britischen *Society of Painters in Tempera*, zu deren Ehrenmitglied der ernannt wurde (veröffentlicht in den *Münchner Kunsttechnischen Blättern*, 9. Jg./Nr. 22; keine Seitenangabe); dabei wertet er die *DG* stark ab. Berger berichtet, dass die englische Gesellschaft (im Gegensatz zur *DG*) nicht über Farbenfabrikation debattiert, sondern sich lediglich über Erfahrungen

229 Eilido-Farben (1912-c), S. 230.
230 Eilido-Farben (1912-d), S. 10-11; siehe auch Kapitel: 9.4.1.
231 Eibner (1914); Eibner (1915).
232 Vgl. Kapitel 9.2.3.
233 E. Berger (1857-1919); Quellenforschung und Veröffentlichungen zu historischen Maltechniken; z.B. Quellen und Technik der Fresko-, Oel- und Tempera-Malerei von der byzantinischen Zeit bis einschließlich der ‚Erfindung der Ölmalerei' durch die Brüder van Eyck. Nach den Quellenschriften und Versuchen bearbeitet von Ernst Berger, 2. Auflage, München, 1912.
234 Vgl. Trillich (1928), S. 45: *„Berger, in seiner Werkstatt der Kunst oft ein Widersacher Keims und der DG, hat an der Verbreitung maltechnischer Kenntnisse sicher reichen Anteil, vielleicht am meisten durch die Gegnerschaft, die seine Ansichten fanden […]."*

mit dem Material austauscht, was im Sinne Bergers auch eher den Aufgaben der DG entspräche.[235] Kaemmerer (Schriftleiter der *Technischen Mitteilungen für Malerei* und Vorstandsmitglied der *DG*) weist diesen Vorwurf zurück und erklärt, dass die *DG* auf *„sozialer Grundlage“* gegründet wurde und sich daraus eine moralische Berechtigung für die Kämpfe gegen den Farbenschlendrian etc. ergeben habe. Des Weiteren zielen die Bemühungen der *DG* auf eine gewisse Internationalität. Außerdem sei zu bedenken, dass England wohl auf dem Gebiet der (Künstler-)Farbenfabrikation auf besserem Stand als Deutschland ist (guter Ruf der englischen und französischen Fabrikate); offenbar wurde in England *„eine gewisse maltechnische Tradition geschaffen; in Deutschland lagen die Verhältnisse anders.“* Daher sei die Etablierung einer wissenschaftlichen Maltechnik aus verschiedensten Gründen notwendig.[236]

- Mit Beginn des Ersten Weltkrieges wird die Bevorzugung englischer und französischer Farben von den deutschen Farbenverbrauchern wieder thematisiert und vom patriotischen Standpunkt aus kritisiert. [237]

  In diesem Kontext wird 1915 der Beitrag „*Englische Farben im deutschen Aquarell*“ vom Kunstmaler Nockher publiziert; dieser hatte mit der Hilfe von Keim eine Auswahl an Aquarellfarben deutscher Produzenten zusammengestellt und auf einer Studienreise in Tirol (1909/10 und 1911) getestet.[238] Das Ergebnis war offenbar enttäuschend: Das frische Kolorit ging schnell verloren und Ausmischungen wurden grau; der Autor gibt allerdings keine Details zum Fabrikat bekannt, eine nähere Beschreibung der Farbtöne fehlt ebenfalls. Nockher schlussfolgert aus seinen Erfahrungen, dass von deutschen Farbenherstellern offenbar immer noch nicht die gleiche Qualität wie von englischen Herstellern produziert wird, obwohl doch der Aquarellverbrauch durch die Gebrauchsgraphik stark gestiegen seien. Der Künstler empfiehlt für hochwertige Arbeiten englische Aquarellfarben (*Winsor & Newton*); für Öl- und Tempera-Technik deutsche Fabrikate und schließlich französische Farben für Gouachearbeiten.[239]

  Nockhers Kritik an deutscher Aquarellfarbenqualität stößt auf Widerspruch aus der Künstlerfarbenbranche. Die *Fabriken Günther Wagner* (Hannover und Wien) entgegnen, dass die *Wagnerschen Pelikan-Farben* hochwertig und beständig seien.[240] Für die Qualität der *Pelikan-Aquarellfarben* werden unterschiedliche Beweise angeführt; unter anderem ein Gutachten der *DG* und *Versuchsanstalt* von 1906, nach dem die genannten Farben *„den besten englischen Aquarellfarben“* gleichwertig beurteilt werden.[241] Es gäbe verschiedene Lichtbeständigkeitsklassen und die Künstler müssen das dauerhafteste Material auswählen. [242]

  Nockher bedauert in der übernächsten Ausgabe der *Technischen Mitteilungen für Malerei*,[243] dass die Diskussion um die deutschen und englischen Farben nun doch „persönlich“ wird, da er ausgerechnet mit *Pelikan-Farben* der Firma *Wagner* gearbeitet habe. Anscheinend besitzen *Winsor & Newton* besondere Verfahren zur Herstellung von Aquarellfarben, die den deutschen Herstellern nicht bekannt seien, da deren Farbmittel bekanntlich auch aus Deutschland bezogen würden. Nockher erwähnt in dem Zusammenhang die *„anerkannte Abhängigkeit der Engländer“* von der *„deutschen chemischen Rohproduktion.“*[244]

  Diese beiden Anmerkungen Nockhers setzen ein grundsätzliches Verständnis von Farbenproduktionsabläufen voraus, was zu dieser Zeit und auch später noch nicht unbedingt bei Künstlern und Maltechnikern vorausgesetzt werden kann.[245]

235 Kaemmerer (1913-a), S. 65-66.
236 Kaemmerer (1913-a), S. 66.
237 Hoppe (1914), S. 70-72 [in den Jahren 1915-1918 war P. Kaemmerer Schriftleiter der *Technischen Mitteilungen für Malerei*, dann vorübergehend Dr. Heller mit A. Lenck und Dr. J. Hoppe, Vgl. Trillich (1928), S. 20].
238 Nockher (1915), S. 149-150.
239 Nockher (1915), S. 150.
240 Wagner, G. (1915), S. 164-165.
241 Wagner, G. (1915), S. 165.
242 Ebenda.
243 Nockher (1915-b), S. 179-180.
244 Nockher (1915-b), S. 180.
245 Vgl. dazu Doerner (1931), S. 150.

9.2.4.3. Ostwalds Farbenlehre – Debatte über Teerfarblacke für Farbnormen (1919-1922)

Für deutlich negative Schlagzeilen hinsichtlich der Teerfarbenlacke sorgen in den Jahren 1919 bis etwa 1922 Ostwalds Farbenlehre und die damit auf den Markt kommenden *Farben nach Ostwald*.
Obwohl die *Technischen Mitteilungen für Malerei* von der Farbenlehre Ostwalds zunächst positiv berichten,[246] kehrt sich die Meinung rasch ins Gegenteil, als bekannt wird, dass Ostwald seine Farbnormaufstriche mit lichtunbeständigen Teerfarblacken herstellt. Trillich, der im Oktober 1920 ehrenamtlich die Schriftleitung der *Technischen Mitteilungen für Malerei* übernommen hatte[247] und gleichzeitig beschließt, das *Deutsche Farbenbuch* auf Grundlage der Vorarbeiten als Entwurf selber herauszugeben,[248] erkennt zwar die Bedeutung der Farbenlehre, nimmt aber im Namen der *Deutschen Gesellschaft zur Förderung rationeller Malverfahren (DG)* eine strikte Position gegen die lichtunbeständigen *Ostwald Farben* ein.
Dabei stand die Notwendigkeit, genormte Farbtöne für Vergleichbarkeit festzulegen, zu dieser Zeit schon lange zur Debatte. Die *Technischen Mitteilungen für Malerei* berichteten bereits 1911 von der Farbenkonferenz des *Deutschen Werkbundes*, auf der man über die Herstellung einer *„vollständigen und billigen Farbenkarte“* zur allgemeinen Benützung in Deutschland diskutierte. Es wurden verschiedene Bemühungen in Richtung Farbnormung referiert sowie einige Farbenskalen und Farbenlexika (vor allem für Farbennuancen) vorgestellt.[249] 1914 begann sich dann der Chemie-Nobelpreisträger Wilhelm Ostwald[250] mit farbwissenschaftlichen Studien zu beschäftigen. Er hatte seit 1912 Verbindung zum *Deutschen Werkbund*, insbesondere ab 1914 mit Dr. P. Krais.[251] Zur Gründung einer internationalen Arbeitsgemeinschaft kam es allerdings durch den Ausbruch des Ersten Weltkrieges nicht. Ostwald forschte zur Farbenkunde in Großbothen nahe Dresden und publizierte 1917 *„Die Farbenfibel“* und *„Beiträge zur Farbenlehre“*.[252] 1919 wird in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* sein Aufruf zur Gründung einer Anstalt für Farbkunde für Farbenforschung publiziert; das Institut soll zur Herstellung von einem Atlas aller Farbharmonien genutzt werden und als Beratungsstelle sowie Schulungszentrum fungieren.[253]
Trillich schreibt 1920 in dem Artikel über *Farbenlehre und Farbentage*,[254] dass Ostwalds Farbenlehre inzwischen weite Kreise zieht und auch außerhalb des Farbengewerbes wahrgenommen würde. Auch der *Deutsche Werkbund*, der auf seiner 9. Hauptversammlung am 9. September 1919 den *1. Deutschen Farbentag* veranstaltete, erkennt die wissenschaftliche Bedeutung der Ostwaldschen Farbenlehre an, bezweifelt aber hinsichtlich der Farbharmonien die Naturwissenschaft und möchte dies den Künstlern vorbehalten wissen.[255] Trillich berichtet weiter, dass in Dresden schon ein Institut für Farben-Forschung gegründet wurde und in Sachsen (Dresden) der erste *Deutsche Lehrer-Farbentag* stattfinde. Der Verfasser berichtet, dass Ostwald zu einem Vortrag nach München eingeladen wurde und kündigt an,

246 Vgl. Trillich (1928), S. 43: Die Beschäftigung mit der Farbenlehre stand zwischen 1914 und 1920 in engem Zusammenhang mit der *„leidenschaftlichen Stellungnahme für Goethes Farbenlehre“* unter den DG Vorsitzenden Kaemmerer und Dr. Horn, 1914-1918, die nicht ohne Widerspruch aus Mitgliederkreisen blieb und schließlich zum Rücktritt beider führte.
247 Vgl. Technische Mitteilungen für Malerei, 36. Jg./Nr. 11, 1920, S. 145: Trillich kündigt an, die Technik der Malerei, insbesondere die Normung für Farben und Malmittel in den Vordergrund zu stellen, der Wissenschaft Aufmerksamkeit zu schenken, und den wirtschaftlichen Teil zu erweitern. Den Werken deutscher Malerei soll der Bestand über möglichst viele Jahrhunderte gewährt werden.
248 Trillich (1923), S. 16: Die ‚Farbenbuchfrage' war durch den Ersten Weltkrieg auf Jahre unterbrochen. Trillich übernahm *„[…] im Oktober 1920 ehrenamtlich die Schriftleitung der TM […], um A. W. Keims Lebenswerk weiterzuführen und durch die Herausgabe des Deutschen Farbenbuches zu krönen. In der Erkenntnis, dass bei der Fortsetzung der bisherigen kommissarischen Behandlung und angesichts der immer schwieriger werdenden Zeitumstände das Buch nie fertig würde, entschloss sich der Verfasser, das Farbenbuch zunächst selbst unter Berücksichtigung der bisherigen Vorarbeiten und Beschlüsse, aber nach einheitlichen Gesichtspunkten, als Entwurf herauszugeben. Der Vorsitzende der Farbenbuchkommission, Herr N. Stolz, stimmte diesem Plan zu, […].“*
249 Farbenkonferenz Werkbund (1911).
250 Vgl. Neue deut. Biographie, Bd.: 19, Berlin (1999), S. 630-631: Wilhelm Ostwald (1853-1932) gehört zu den Begründern der physikalischen Chemie. 1909 erhielt er den Nobelpreis für Chemie für seine Arbeiten über Katalyse. Aus seiner Beschäftigung mit Farben heraus entwickelte Ostwald eine Farbenlehre.
251 Vgl. Ostwald, G. (1953), S. 180-181: *„Um 1912 erweiterten sich die Beziehungen zum Werkbund mit seinen sympathischen Forderungen nach Materialehrlichkeit […]. Natürlich war allseits nur an eine internationale Farbenkommission mit dem Ziel einer internationalen Farbkarte gedacht worden […]. Mitglied der Vorkommission war Dr. Paul Krais, ein in der Farbenindustrie und Färbereipraxis wohlangesehener Fachmann, der zugleich Mitarbeiter am […] Deutschen Farbenbuch war […].“*
252 Ostwald (1917-a); Ostwald (1917-b).
253 Ostwald (1919), S. 43-44.
254 Trillich (1920), S. 159-160.
255 Trillich (1920), S. 159.

dass die *Deutsche Gesellschaft für rationelle Malverfahren* eine vorbereitende Versammlung plant, um sich mit Ostwalds Farbenlehre bekannt zu machen.[256]

Bayerische Farbentagung – Februar 1921

Auf der *Bayerischen Farbentagung* vom 31. Januar bis 2. Februar 1921 in München hält Ostwald dann auf Einladung des *Polytechnischen Vereins in Bayern* und der *Deutschen Gesellschaft zur Förderung rationeller Malverfahren* einen Vortrag über seine Farbenlehre (Farbnormung, Farbmessung, Farbharmonien).[257] Krüger, Direktor der von Ostwald initiierten *Deutschen Werkstelle für Farbenkunde* in Dresden, berichtet über das seit dem 1. Oktober 1920 eingerichtete Institut sowie dessen Zweigstelle in Chemnitz seit dem Sommer 1920. Er geht auf die Bedeutung der Farbnormungen ein, unterstreicht die Wichtigkeit einer Vereinheitlichung in Deutschland und fügt an, dass in Sachsen die neue Farbenlehre an den Schulen gelehrt werde. Krüger schlägt vor, mit *„bestehenden Organisationen, die Teilgebiete der Farbkunde bereits bearbeiten (wie Keimgesellschaft, Versuchsanstalt […] ein Kartellverhältnis einzugehen.“*[258]

Ostwalds Vortrag ruft grundsätzlich Interesse hervor, allerdings kommt vor allem von den Künstlern und Kunstgelehrten Kritik, da diese in der Farbenlehre eine Bedrohung alles Schöpferischen sehen. Der *Deutsche Werkbund* rückt aus diesen Gründen allmählich von der Ostwaldschen Lehre ab. Ostwald fühlt sich durch diese Reaktionen missverstanden, da es ihm vor allem um Industrie und Gewerbe geht. Viele Einwände und Bedenken gibt es aufgrund der lichtunechten Teerfarbstoffe, die zur Herstellung der Ostwaldschen Farbtünchen für die Normfarben-Atlanten verwendet werden. Eibner geht auf der *Farbentagung* darauf ein und erläutert, dass der Farbkreis möglichst nah an Spektralfarben herankommen muss und daher statt der üblichen tonunreinen Farben zum großen Teil Teerfarblacke eingesetzt werden. Da die Ostwald-Farben aber Lehr- und Anschauungsmittel und nicht für künstlerische Zwecke gedacht sind, kann die geringe Lichtbeständigkeit vernachlässigt werden. Eibner sieht allerdings die Gefahr, dass die Studientünchen in nicht beabsichtigte Gebiete – wie Künstlerfarben – eingeführt werden.[259]

Kritikpunkt bleibt aber auf der *Bayerischen Farbentagung*, dass mit den Ostwald Studienfarben (*Kleinchen* = Schulmalkasten) wieder unechte Farben in den Handel kommen, auch wenn diese nur für Studienzwecke gedacht sind. Laut Trillich, wäre das ein Rückschlag für die *Gesellschaft zur Förderung rationaler Malverfahren* und betont, dass man doch nicht wieder *„des Farbkreises wegen lichtunechte Farbstoffe“* in den Umlauf bringen könne. In der Forderung nach Materialechtheit, so Trillich, sieht sich die Keim-Gesellschaft dem *Deutschen Werkbund* eng verbunden.[260]

Insgesamt war die Resonanz auf Ostwald Lehre auf der *Bayerischen Farbentagung* sehr gespalten und vor allem durch Missverständnisse und Feindlichkeit geprägt.[261]

Ostwalds Farben: *Kleinchen*-Farbkasten und Temperatünchen

Bald nach der *Bayerischen Farbentagung* warnt Trillich in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* vor den Ostwaldschen Farben als Malmaterial – allerdings nicht vor dessen Farbenlehre. In dem Beitrag *„Die Farben Ostwalds“*[262] erläutert Trillich, dass die Ostwald-Farben einerseits als die *Kleinchen*-Farben und andererseits als ‚Farbplatten‘ für die Herstellung der so genannten ‚Temperatünchen‘-Aufstriche im Handel sind.

Die verwendeten Farben sind Fällungen synthetischer organischer Farbstoffe auf Lithopon; dafür werden die *„organischen Farbstoffe in wässriger Lösung mit Lithopon vermischt und durch [...] Tannin und Brechweinstein bei basischen, (sowie) Chlorbarium oder Bleinitrat bei sauren Farbstoffen“* gefällt.[263] Laut Ostwald („*Beiträge zur Farbenlehre*“, Ostwald, 1917-a, S. 162-163) kommen folgende Farbstoffe

256 Trillich (1920), S. 160.
257 Vgl. Trillich (1921-a): Bayrische Farbentagung in München.
258 Trillich (1921-a), S. 17.
259 Trillich (1921-a), S. 19.
260 Trillich (1921-a), S. 21.
261 Ostwald, G. (1953), S. 212: *„Anfang Januar 1921 war dann ein mehr als dramatischer Farbentag in München, auf welchem leider der Werkstellenleiter Professor Krüger kein guter Sekundant war und wo Missverstehen, Unkenntnis und wütende Gegnerschaft sich ungemeine bajuwarische äußerten. […] (Die Künstler) erwarteten von ihm, dem Chemiker, neue, schöne, lichtechte Farbstoffe […]. Dass die von ihm benutzten Farbstoffe lichtecht waren, interessierte ihn erst in zweiter Linie […]. Er hatte nicht Farbstoffe, er hatte Farbdenken, Farbordnung verbessert.“*
262 Trillich (1921-b), S. 5-56.
263 Trillich (1921-b), S. 53

zur Anwendung:

1. GELB: *Siriusgelb* (*BASF*) oder Naphtanthrachinon auf Lithopon
2. DUNKELGELB: *Auramin O* mit Tannin/Brechweinstein auf Lithopon
3. ORANGE: *Orange IIP* mit Chlorbarium auf Lithopon
4. HOCHROT: *Eosin A* mit Bleinitrat auf Lithopon
5. PURPURROT: *Rhodamin 3B* mit Tannin/Brechweinstein auf Lithopon
6. ULTRAMARINBLAU: *Brilliantwollblau FFR (Baeyer)* mit Chlorbarium, Tannin/Brechweinstein
7. CYANBLAU: *Brilliantsäureblau FG (Baeyer)* mit Chlorbarium, Tannin/Brechweinstein
8. GRÜN: *Brilliant Säuregrün GG* (Baeyer) mit Chlorbarium, Tannin/Brechweinstein.[264]

Trillich führt weiter aus, dass für Weiß Blanc fix (Barytweiß) und als Schwarz Knochenschwarz eingesetzt werden, *„als Grau eine Mischung von Zinkweiß (Grünsiegel) mit genanntem Schwarz und dunklem Goldocker.“*[265] Als Bindemittel wird *„helle Tischlerleimgallerte mit Mohnöl und einigen Tropfen Kalilauge“* verwendet. Die 24 Farbtöne des Farbenkreises werden mit diesen Farbmitteln ermischt; diese können jedoch, so Ostwald, auch durch beständigere ausgetauscht werden. Offenbar trat schon bald das Problem auf, dass verschiedene Auflagen der Farbenfibel und Farbkörper Abweichungen in den Farbtönen aufwiesen.[266]

Trillich befürchtet, dass nun Pastell-, Wasser-, Tempera- und Ölfarben als Künstler- oder gewerbliche Farben auf den Markt kommen werden, die aus den gleichen Materialien hergestellt sein werden und äußert seine Bedenken hinsichtlich deren Lichtbeständigkeit. Tatsächlich werden offenbar schon diverse Farben nach dem Ostwaldschen Farbenkreis angeboten; dazu verweist der Verfasser auf Wagner (*Farbenzeitung* Nr. 27, 1921, *„Ostwalds Farbenkreis in der Praxis“*).[267] Trillich gibt zu bedenken, dass alles, was als Ostwald-Farbkreisfarben auf den Markt kommt, Teerfarbstoffe enthält, teilweise sehr lichtempfindlich sei und betont unter Verweis auf Doerners Ausführungen (TM, 37. Jg./Nr. 2), dass die *Deutsche Gesellschaft für rationelle Malverfahren (DG)*

> *„noch nie seit ihrem 36jährigen Bestehen […] einer größeren Gefahr für Maltechnik, Gemäldeerhaltung, […] und Materialehrlichkeit des künstlerischen Schaffens entgegen treten (hat) müssen, als diesem Versuch, unter dem Mantel der wissenschaftlichen Farblehre lichtunechte Teerfarbstoffe zur Grundlage des Farbenunterrichts und künstlerischer Arbeit zu machen. […] Ging es früher nur gegen ‚Schönen“ und Fälschen’ […] so geht es jetzt um das Ganze, die geschäftliche Ausnützung einer wissenschaftlichen Farbtonordnung zur Inverkehrbringung lichtunechter Farben zu verhindern oder sie […] zu zwingen, auf jeder einzelnen Packung ‚Farbe zu bekennen’.“*[268]

Mit diesem Statement zeigt sich deutlich, in welche Richtung die Bemühungen der *DG* tendieren: Es sollte auf jeden Fall verhindert werden, dass die wissenschaftliche Farbtonordnung zur Einführung lichtunechter Farben kommerziell ausgenutzt wird. Damit befand man sich im Konflikt mit Ostwald; hinzu kamen für Ostwald noch Gegner aus dem Gewerbe und aus der Industrie.[269]

Eine Zuspitzung des Konfliktes blieb nicht aus. Im Januar 1922 protestierte Doerner in einem Artikel mit dem Titel „*Farbenskalen in der Praxis“*[270] polemisch gegen die überstürzte Einführung der Ostwaldschen Farbenlehre in der Praxis und warnt vor Ostwaldfarben auf der Künstlerpalette. Er erwähnt, dass der *Reichswirtschaftverband bildender Künstler* inzwischen sogar daran denke, ein eigenes Farbengesetz hinsichtlich der Materialqualität zu erarbeiten.[271]

In weiten Kreisen setzte sich das Ostwald System aber durch. So einigte sich die Farbenkommission des Normen-Ausschusses für das graphische Gewerbe in Leipzig, dem Normen-Ausschuss für die deutsche

264 Vgl. Ostwald (1917-a), S. 161/523 -162/524; die Auflistung entspricht Ostwald. Trillich führt in seinem Artikel zwar die gleiche Quelle an, gibt die im Original aufgeführten Farbstoffe aber nur unvollständig wieder.
265 Trillich (1921-b), S. 55.
266 Ebenda.
267 Ebenda.
268 Trillich (1921), S. 56.
269 Vgl. Ostwald, G. (1953), S. 212-213: *„…zu der Münchner Feindlichkeit, deren Mittelpunkt Professor Doerner hieß, kamen viel einflussreichere Gegner, die im Werkbund und in der Farbstoffindustrie saßen. Die I.G. Farbenindustrie z.B. veranlasste ihre Vertreter, die Kundschaft vor der Ostwaldschen Farbenlehre zu warnen. […] Aber ihre Farbenkarten ordnete die I.G. doch nach Ostwald, […]. Die Entwerfer wurden vor der ‚Einengung durch Normen und Harmoniegesetz’ freundlich gewarnt.“*
270 Doerner (1922-a), S. 5-6: Bezieht sich auf den Artikel von Prof. Krüger (TM, 37. Jg./Nr. 11, 1921), der wiederum von einem Artikel von G. Schieder veranlasst wurde (TM, 37. Jg./Nr. 9, 1921).
271 Doerner (1922), S. 5-6.

Industrie in Berlin das System Ostwald als das einzig wissenschaftlich begründete zu empfehlen.[272]

Künstlerharzfarben nach Ostwald (Firma G. Wagner)

Auf dem *Bayerischen Farbentag* vom 31. Januar bis 2. Februar 1921 hatte die Firma Günther Wagner *Künstlerölharzfarben nach W. Ostwald* vorgestellt, die nur mit Farbtonziffern nach Ostwald bezeichnet waren und keine ‚Stoffbezeichnungen' trugen.

Eibner und Wolf untersuchen die Farben in der *Versuchsanstalt für Maltechnik* an der *TU München* und publizieren die Ergebnisse unter dem Titel „*Die Gegensätze zwischen Stoff-Normung und Ton-Normung in den Künstlerölharzfarben nach Ostwald der Firma Günther Wagner, Hannover*."[273] Dazu werden von den Verfassern relativ ausführlich die Begleitumstände der gesamten Problematik erläutert.[274] Auf der *Farbentagung* waren die Künstlerölharzfarben nach Ostwald der Firma *Günther Wagner* bei den Künstlern auf Skepsis gestoßen. Viele befürchteten, dass es sich bei den vorgestellten Farben um eine Neuauflage der *Eilidotöne* handeln könnte, die von der Firma *G. Wagner* 1912 als Öl- und Wasserfarben herausgebracht worden waren. Diese waren auf vehemente Ablehnung gestoßen, da die Farben mit Phantasienamen bezeichnet waren und sich bei Untersuchungen herausgestellt hatte, dass alle Töne aus Teerfarblacken hergestellt waren. Eibner erläutert, dass die bisher ausschließlich in wässrigen Bindmitteln hergestellten Ostwaldtünchen lichtunecht sein müssen,

> *„da es keine in Wasser löslichen Teerfarbstoffe gibt, die die für Malerfarbstoffe erforderliche Lichtechtheit besäßen, so müssen die Ostwaldschen Farbnormen aus Papier und die ebenfalls aus löslichen Teerfarbstoffen hergestellten Farbpasten der Farborgel und des Farbkastens ‚Kleinchen' naturgemäß relativ stark lichtunecht sein."*[275]

Die Resultate der Untersuchung der *Künstlerölharzfarben nach Ostwald* zeigten dann zumindest, dass diese nicht mit den *Eilido-Farben* identisch sind. Allerdings stellte sich heraus, dass die warme Hälfte der Farben (Ton 04-46) aus organischen Farbstoffen bestehen, während der kühlere Teil der Farbauswahl (Ton 00, 96 bis 50) aus anorganischen Pigmenten und Mischungen derselben hergestellt wurde. Identifiziert wurden ein *Hansagelb* (Ton 08), ein Gelb der *Flavanthrenreihe* (Ton 13), Farbstoffe der *Permanentrotreihe* (Töne 17, 21, 25), *Pigmentscharlache* (Ton 29, 33 – verblauen im Licht), Krapp- oder Alizarinlack (Ton 38, 42), ein Violett der Triphenylmethanreihe (Ton 46).

Eibner konstatiert außerdem, dass die *Künstlerölharzfarben nach Ostwald* weder den lückenlosen Farbtonkreis darstellen noch von der materiellen Seite her dem entsprechen, was Künstler verlangen.

> *„Gerade durch die Zusammensetzung der Günther Wagner-Ostwaldfarben aus überwiegend anorganischen Farbstoffen ist […] gezeigt, dass gegenwärtig ein ausschließlich aus Pigmentteerfarben bestehender, optisch richtiger und stofflich einwandfreier Farbtonkreis noch nicht darstellbar ist. Ostwald selbst verweiset hierauf in der Abhandlung Nr. 20 der Sammelschrift die ‚Die Farbe' mit dem Hinweis, dass bei diesen die kalten Töne optisch zu unrein, die brillanten zu wenig haltbar und die haltbaren zu wenig brillant sind. Den gegenwärtigen Zustand der Unfertigkeit der Pigmentteerfarben in Bezug auf ihre Anwendbarkeit zur Herstellung tonnormierter und stofflich einwandfreier Künstlerölfarben nach Ostwald drückt also der Farbentonkreis der Günther Wagner-Ostwaldölfarben klar aus."*[276]

Eibner betont, dass die Stoffbezeichnung auf den Farbenetiketten der Tonbezeichnung unbedingt vorzuziehen sei. Wenn schon Tonbezeichnungen verwendet werden, dann sollten diese zumindest mit der Stoffbezeichnung kombiniert werden.

---

272 Vgl. Technische Mitteilungen für Malerei, 37. Jg./Nr. 10, 1921, S. 121: Mitteilungen, Notizen zur Angewandten Farbenlehre.
273 Eibner/Wolf (1922), S. 21-24.
274 Eibner/Wolf (1922), S. 21: Eibner erläutert, dass man vor der Farbentagung davon ausgegangen war, dass die Herstellung der Künstlerölfarben nach Ostwald ein privates Unternehmen der Firma G. Wagner war. Auch auf der Tagung konnte nicht geklärt werden, wer die Anregung für die Farben gab. – Unabhängig davon war sich Eibner aber offenbar schon vor der Tagung über deren Konfliktpotential bewusst: *„Dem Kenner ‚Münchner Verhältnisse' konnte es nicht zweifelhaft bleiben, dass ein Versuch des Übergreifens der neuen Farbenlehre auf die Bilderherstellung Widerständen begegnen werde. Um der Tagung möglichst ruhigen Verlauf zu sichern, hatte sich daher der eine von uns entschlossen, auf dieser ein Referat zu halten, worin aus den Veröffentlichungen Ostwalds nachgewiesen wurde, dass von dieser Seite Übergriff auf die Bildherstellung nicht beabsichtigt war."* Eibner erläutert weiter, dass er den Vortrag auch dann nicht absagte, als er *„in letzter Stunde"* erfuhr, *"dass auf der Tagung Künstlerfarben nach dem System Ostwald aufgelegt seien […] da gerade dieses Referat zur Klärung der dadurch geschaffenen Lage beitragen konnte."*
275 Eibner/Wolf (1922), S. 22.
276 Eibner/Wolf (1922), S. 22-23.

> *„Diesbezüglich genügt es mitzuteilen, dass München vom Stoffnormungsverfahren nicht abgehen wird und dass dieser Versuch, das Tonnormungsprinzip in der Anwendung auf malfertige Farben durchzusetzen, in München nur dann Aussicht auf Erfolg haben könnte, wenn auf den Tuben außer den Tonbezeichnungen die Stoffbezeichnungen angegeben gewesen wären […].“*[277]

Eibner fasst abschließend zusammen, *„dass die Möglichkeit, Farbtonnormen herzustellen, aufhört, sobald man sich dazu der derzeit vorhandenen anorganischen und organischen Farbstoffe und an Bindemitteln solcher von höherem Lichtbrechungsvermögen bedient, als der pflanzlichen und tierischen Leime.“*[278]

Lichtempfindlichkeit der synthetischen organischen Farbmittel in Ostwaldtünchen

Damit konnte die Debatte zur Verwendung von lichtempfindlichen synthetischen organischen Farbmitteln in *Ostwald-Farben* aber noch nicht beigelegt werden. Nachdem schon Doerners Veröffentlichungen zu einer Konfliktverschärfung beigetragen hatten, publiziert Trillich als Schriftführer der *Technischen Mitteilungen für Malerei* im März 1922 einen Artikel unter dem Titel „*Zur Lichtempfindlichkeit der Farbstoffe“*,[279] in dem die Streitfragen zwischen der Gesellschaft und Ostwald detailliert diskutiert werden. Ostwald hatte die Gesellschaft als rückständisch angegriffen und in der Sammelschrift *Die Farbe* (Nr. 20, 1921) unter eben dem von Trillich aufgegriffenen Titel *Zur Lichtempfindlichkeit der Farbstoffe* geschrieben, dass

> *„gemäß dem allgemeinen Gesetz der Wellenbewegung sozialer Einstellungen […] mit Notwendigkeit auf die Überschätzung der Teerfarbstoffe eine starke und unsachgemäße Unterschätzung folgen (musste). Diese naturgesetzliche zweite Phase ist zurzeit im Wesentlichen überwunden, wenn auch eine Gruppe von Nachzüglern, die sich in der Münchener „Gesellschaft für rationelle Malverfahren“ zusammengetan haben, den Fortschritt der Technik vergeblich durch einen gedankenlosen Rigorismus aufzuhalten versucht.“*[280]

Trillich reagiert deutlich distanziert, stellt zum wiederholten Mal die Bestrebungen der Gesellschaft hinsichtlich der Malmaterialqualität ausführlich dar und zitiert den Beschluss der *DG* im Jahr 1907 (nach Antrag von Marr), dem zufolge synthetische organische Farbmittel für die Künstlerpalette zumindest die Lichtbeständigkeit von Krapplack aufweisen müssen.[281] Ostwald differenziert offenbar auch die Lichtbeständigkeit von Farben nach Anwendungsgebieten. Trillich betont diesbezüglich, dass die Gesellschaft zwar ähnliches anstrebe, allerdings Wert darauf lege, dass schon allein Lichtempfindlichkeit genügt, um die Farbe von der *Normalfarbenskala* auszuschließen. [282]

Besonders im Zusammenhang mit den Argumentationen zur Nützlichkeit von Farbmessungen geben die Ostwaldschen Ansichten aber – verständlicherweise – Grund zu empörtem Widerspruch: Sinngemäß sieht Ostwald das Problem der Veränderung von Farben an Kunstwerken durch Farbmessung zukünftig entschärft, da die Werke nun jederzeit wieder herstellbar wären. Vielmehr betont Ostwald die Probleme für Objekte der angewandten Kunst, da diese an Wert verlieren, sollten sie sich durch Lichteinwirkung zu stark verändern. Trillich kommentiert, dass Kenner der Kunst oder Künstler solche Ansichten nur ablehnen könnten.[283]

Schon in der nächsten Nummer der *Technischen Mitteilungen für Malerei* nimmt Prof. Krüger, Leiter der *Werkstelle für Farbenkunde* in Dresden, Stellung zu den Vorwürfen und merkt an, nur einmal auf diese zu antworten und den Streit danach nicht fortsetzen zu wollen. Unter dem Titel „*Zur Abwehr“*[284] bedauert Krüger, dass die Ostwaldsche Farbenlehre zum Streitobjekt in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* geworden ist und durch sachlich falsche Argumente angegriffen wird. Er betont, dass die Ostwaldsche Farbenlehre sich in erster Linie an Industrie und Gewerbe richtet und das Studienmaterial nicht für künstlerische Arbeiten gedacht sei. Künstler sollten selbstverständlich nur mit lichtechten Farbmitteln arbeiten.

277 Eibner/Wolf (1922), S. 24.
278 Ebenda.
279 Trillich (1922), S. 31-35.
280 Trillich (1922), S. 31.
281 Vgl. Kapitel 9.2.3.
282 Trillich (1922), S. 35.
283 Ebenda.
284 Krüger (1922), S. 45-46.

Im Anschluss an Krügers Ausführungen verwehrt sich die Schriftleitung der *Technischen Mitteilungen für Malerei* gegen den Vorwurf der ‚Streitsucht'[285] und wiederholt, dass es bei den Diskussionen um die Ostwaldlehre vor allem um Befürchtungen vor missverständlichen Anwendungen der wissenschaftlichen Vorschläge handelt.[286]

Mit Doerners polemischem Schlusswort zur Künstlerfarbendiskussion und Ostwaldfarben endet dann die Debatte in den *Technischen Mitteilungen für Malerei*. In dem kaum um Sachlichkeit bemühten Artikel „*Ostwalds Lehre und die Künstlerfarbenfrage"*[287] wirft Doerner dann Prof. Krüger mehrere Unkorrektheiten vor, unter anderem glaubt Doerner zu wissen, dass Krüger die Herstellung der Künstlerölfarben nach Ostwald veranlasst habe.[288] Er spricht sich außerdem im Namen aller deutschen Künstler gegen eine Verschlechterung des Materials bezüglich der Lichtechtheit und Stoffbezeichnung aus:

> *„Ostwalds Lehre, die Mechanisierung der Farbenempfindung, lehnen wir rundweg ab, ebenso jede geschäftliche Ausmünzung solcher Lehren in der Praxis. Täten wir das nicht, so gäben wir uns selbst auf. [...] Ostwald treibt hier nur ‚Energievergeudung', die er doch sonst so heftig bekämpft. Und nun wolle wir endlich mal Ruhe haben!"*[289]

Nach dem ‚Schlusswort' von Doerner scheint die Diskussion über die *Ostwald-Farben* abgeschlossen und die Thematik taucht in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* nicht mehr auf. Erst 1930 erscheint noch einmal ein Artikel im Zusammenhang mit Ostwald, nachdem dessen Buch über „*Die Maltechnik jetzt und künftig"* (Leipzig, 1930) erschienen war.[290] Doerner rezensiert den Inhalt polemisch und einseitig. Viele der Ostwaldschen maltechnischen Ratschläge führt Doerner ad absurdum und reagiert als Maltechniker offensichtlich empfindlich. Ostwald verfügt auf dem Gebiet der Malerei offenbar über keine vertieften Fachkenntnisse, und genau das sucht Doerner in dem langen Aufsatz zu beweisen.[291]

Ostwalds Farbenlehre gewinnt jedoch an Bedeutung und ist bis nach 1945 quasi europäischer Standard; inwiefern dazu Unterrichtsfarben in Deutschland im Handel waren, wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter recherchiert. Trillich erwähnt 1928, dass die *„Ostwaldschen Kleinchen- und Studienfarben und entsprechende Künstlerfarben […] zurückgezogen bzw. für Schulzwecke in Preußen verboten"* wurden.[292]

Anhand von Katalogen von *Winsor & Newton* und *Reeves* (beide: Archivmaterialien, W&N) kann aber dennoch einigermaßen die Bedeutung der Ostwaldschen Farbenlehre auf dem Schul- und Posterfarbensektor – zumindest für Großbritannien – nachvollzogen werden. So finden sich bei *Winsor & Newton* unter der Rubrik *commercial colours* und *scholastic colours* seit Mitte der 1930er Jahre (~1935; Katalog nicht genau datierbar) *Ostwald*-Schulfarben (*Scholastic Water Colour Boxes*) und *Ostwald Poster Farben* (*Ostwald Standard Poster Colours*) im Angebot. Noch 1972 finden sich in einem exakt datierten *Winsor & Newton* Katalog u.a. bei den Studienqualitäts-Wasserfarben *Cotman Water Colours & Boxes* die Serie *Ostwald Standard Colours/ NA circle*.[293]

9.2.4.4. Farbenhandel und Farbenproduktion – Beiträge von Hans Wagner (1922-1924)

Im Verlauf der 1920er Jahre ist auffällig, dass die *Technischen Mitteilungen für Malerei* vermehrt Beiträge zum Farbenhandel wie auch zur Farbenproduktion publizieren, die relativ häufig auf die synthetischen

285 Vgl. Krüger (1922), S. 46: Im Nachwort der Schriftleitung: *„[…] Wenn aber Herr Prof. Krüger Eingangs seines Artikel sagt, dass der Geiste lebendig geblieben zu sein scheine, der in älteren Jahrgängen der TM viele Seiten mit allerlei Streitschriften ausgefüllt habe, sein neuestes Objekt sei die Ostwaldsche Farblehre; so schlägt er damit zwar in dieselbe Kerbe, wie sein Herr und Meister auf dem Farbentag in München; wir müssen aber die Unterstellung einer ‚Streitsucht' sehr bestimmt ablehnen."*

286 Ebenda.

287 Doerner (1922-b), S. 46-47.

288 Doerner (1922-b), S. 47: *„Krüger behauptet ferner, die im Handel vertriebenen Künstlerfarben nach Ostwald seien ohne Vorwissen und Fühlungnahme mit Ostwald erschienen. […] Die Firma schreibt mir, dass die Ostwaldschen Künstlerfarben auf ausdrücklichen Wunsch Krügers hergestellt worden seien und es sei mir wohl bekannt, in welchem Verhältnis Ostwald zu der von Krüger geleiteten Werkstelle stehe! Die Firma hat übrigens laut einer Erklärung an die Künstlerschaft ihre Ostwald-Künstlerfarben zurückgezogen. […] Wir begrüßen das mit Genugtuung. […] In sächsischen Schulen soll die Ostwaldsche Lehre in den Lehrplan aufgenommen worden sein. […] Der gesunde Sinn unserer bayerischen Lehrerschaft hat uns vor einem so übereilten, in seinen schädlichen Folgen nicht abzusehenden Experiment bewahrt."*

289 Doerner (1922-b), S. 48.

290 Doerner (1930), S. 255-259.

291 Doerner (1930), S. 255: *„Wilhelm Ostwald, der berühmte Chemiker ist wieder auf dem Plan. Mit einem Schwertstreich vernichtet er die gegenwärtige Maltechnik und auch gleich die alten Meister und verkündet seine neue Lehre als allein gültige, auf wissenschaftlicher Grundlage beruhende Malerei der Zukunft, man möchte sagen: als die wissenschaftliche Malerei."*

292 Trillich (1928), S. 34.

293 Vgl. Kapitel 9.4.2.

organischen Farbmittel eingehen. Darunter sind insbesondere die Beiträge des Chemikers Hans Wagner von Interesse, der 1928 mit dem Buch *Die Körperfarben* ein Standardwerk herausgibt.[294]

Die *Technischen Mitteilungen für Malerei* übernehmen im August 1922 einen Artikel des Chemikers Mayer aus der *Zeitschrift für angewandte Chemie* (1922/Nr. 16) zum *„Der Stand der Entwicklung der Farbstoffchemie“*[295], der sich vorrangig dem nur langsamen Forschritt der Farbenchemie in den Nachkriegsjahren widmet. Der Beitrag erscheint in Kombination mit einem weiteren Nachdruck (aus der *Farbenzeitung* 1922/Nr. 27). Darin berichtet Wagner unter dem Titel *„Die Zukunft der Farblackindustrie“*[296] über aktuelle Entwicklungen auf dem Gebiet der Teerfarblackherstellung. Offenbar hat sich auf dem Sektor der Farblackindustrie einiges verschoben: Zuvor galt *„die Herstellung organischer Farblacke als Privileg der Pigmentfarbenfabriken.“* Mit den Erfolgen und dem steigenden Verbrauch hatten die Teerfarbenfabriken aber erkannt, dass *„ein weites Land brachliege“* und man wendete sich vermehrt der bis dahin vernachlässigten Herstellung unlöslicher Pigmentfarbstoffe zu. Bald waren dann zahlreiche, *„aus allen möglichen chlor- und nitrosubstituierten Anilinen durch Diazotieren und Kuppeln mit ß-Naphthol erhaltenen Azofarbstoffe“* (ß-Naphthol-Pigmente) im Handel, die große Marktanteile erobern konnten. Damit trat die eigentliche Farblackproduktion in den Hintergrund, weil *„gerade die Massenproduktion für Malerei und Anstreicherei von den genannten“* Pigmenten *„den größten Gebrauch machte.“* Die Farblackfabrikation wurde aber dadurch nicht ganz aufgegeben: *„Kalkfarben, Alizarinlacke, Druckfarben“* hatten nach wie vor Bedeutung. Die Weiterentwicklung der Farblackindustrie wurde dann weiter durch die Teerfarbenfabriken forciert.[297]

> *„Lackstationen wurden eingerichtet, neue Farbstoffe auf ihre Brauchbarkeit direkt geprüft und die geeigneten mit genauen Fällungsvorschriften angeboten. Hatte nun schon die Einführung der unlöslichen Pigmentfarbstoffe für die Farblackproduktion eine Betriebsvereinfachung bedeutet, die für die Herstellung billiger Anstrichfarben nicht zu unterschätzen war, so wurde für diese jetzt auch die Prüfung der Farbstoffe auf ihre Eignung für Lack durch die von Seiten der Teerfarbenfabriken vorgelegten Vorschriften mit Druck- und Aufstrichproben vereinfacht und teilweise unnötig gemacht. So kam es, dass die Pigmentindustrie die Bearbeitung des Lackgebietes ganz von selbst immer mehr den Teerfarbenfabriken überließ und damit dessen Weiterentwicklung ganz in deren Hände geriet. Und so kommt es, dass der Fortschritt auf diesem Gebiet heute von diesen kommt und wir am Beginn einer neuen Epoche der Farblackfabrikation stehen, […].“*[298]

Wagner gibt dann in der weiteren Folge einen Überblick zu ersten Forschungsresultaten. Er erklärt, dass *„der Gedanke, saure Azofarbstoffe direkt bei der Kupplung als unlösliche Metallsalze zu fällen, […]“* nicht neu sei, früher aber weniger praktiziert wurde (z.B. *Litholrot 3B*). Mittlerweile werden aber schon einige solcher Lacke *„aus den bekannten, von den Lackfarbenfabriken schon länger verwendeten Farbstoffen hergestellt und neben diesen angeboten“* wie bspw. *„Heliorot RMT extra neben RM, Heliobordeaux BL Pulver neben der Teigware, Litholrubin BK neben BN.“*[299] Wagner betont die Vereinfachung des Verarbeitungsprozesses und die Kosten- und Zeitersparnis für die Pigmentfarbenfabriken.

Während die erwähnten Lacke zwar mit neuen Verfahren hergestellt wurden, aber keine neuen Fertigprodukte repräsentieren, führt Wagner dann Beispiele für komplett neue Fällungsmethoden an. Dies sei einerseits der Versuch, vermehrt

1. Chromsalze zur Fällung saurer Farbstoffe einzusetzen, dann
2. die *„gegenseitige Fällung von sauren Oxyanthrachinonen und basischen Farbstoffen bei Gegenwart von Tonerdehydrat“* (Verfahren nach D.R.P. 301 555, z.B. *Heliomarin* aus *Helioechtblau* und *Methylenblau*) und

294 Später als 3. Auflage unter dem Titel Pigmente von Kittel (1960) herausgegeben.
295 Vgl. Mayer (1922), S. 99-101: Mayer behandelt theoretisch, *„inwieweit auf dem Gebiet der Farbstoffchemie noch neues Leben zu erwarten steht.“* Dazu erläutert er die Chemie einiger bekannter Farbstoffklassen und schließt mit folgendem Satz (Vgl. S. 101): *„[…] die Farbstoffchemie ist immer noch eine vorzügliche Schule für die Ausbildung hochwertigern Nachwuchses, die wird genau wie anderer Teile der chemischen Wissenschaft, welche eine ruhigere Entwicklung nach einer Sturm- und Drangzeit genommen haben, ihre Aufgabe erfüllen müssen, durch Billigkeit, Echtheit und Schönheit ausgezeichnete Stoffe zur Befriedigung des Bedürfnisses an Färbungen zu liefern.“*
296 Wagner (1922), S. 101-103.
297 Wagner (1922), S. 101.
298 Wagner (1922), S. 101-102.
299 Wagner (1922), S. 102.

3. die Fällung von basischen Farbstoffen mit Phosphorwolframsäure, wodurch nuancenreine und lichtechte Farblacke hergestellt werden können (*Fanalfarben*, *BASF*), die momentan (1922) aber noch sehr kostspielig in der Herstellung seien.

Wagner erläutert, dass Fortschritte in der Lackherstellung nur durch eigene Laboratorien und wissenschaftliche Mitarbeiter erzielt werden können, so dass dies meist den großen Teerfarbenfabriken vorbehalten bleibt. Dagegen ist in den typischen Pigmentfarbenfabriken der *„organische Betrieb nur Teilbetrieb neben der Fabrikation anderer Produkte wie Chromgelb, Zinkgelb, Pariserblau, Bleiweiß, Erdfarben usw.“*; den Labors solcher Werke (falls überhaupt eingerichtet) fallen daher verschiedenste Aufgaben zu und sie sind kaum in der Lage, Spezialgebiete wissenschaftlich zu bearbeiten.

> *„Die Pigmentfarbenindustrie muss sich daher mit der Tatsache zufrieden geben, dass der Fortschritt auf dem Lackgebiet ganz in den Händen der Teerfarbenfabriken liegt, und dass […] die bisher ihr überlassene Farblackherstellung mehr und mehr von diesen übernommen wird. Damit wird sich natürlich eine weitere Betriebsverschiebung nach der Seite der Verarbeitung unlöslicher Pigmente auf Spezialfarben ergeben, werden Misch- und Mahlbetrieb weitere Ausdehnung erfahren müssen, wogegen sich die eigene Farblackfabrikation mehr […] auf die unerlässlichen Lacke, auf Kalkfarben, Alizarinlacke, verschiedene Druck- und Künstlerfarben usw. beschränken wird. Schließlich bestände für große Werke noch die Möglichkeit, die wichtigsten patentfreien Azopigmente, Nitranilin-, Nitrotoluidinrot usw. in größerem Umfang als bisher selbst herzustellen.“*[300]

Wagner begründet abschließend, dass durch die Verlagerung der Farblackherstellung in die Teerfarbenfabriken das Hauptgebiet der Pigmentfarbenindustrie nicht berührt würde. Das Mischen mit Substrat, Mahlen und die Nuancenherstellung bleiben in den Händen der Pigmentfarbenindustrie, da selbst diese Arbeitsgänge inzwischen teure zeitgemäße Apparate (Mahl- und Mischlangen) und Spezialkenntnisse erfordern. Auch wenn die Tendenz zur Selbstherstellung steigen sollte, wird sich die Masse der Abnehmer dies gar nicht leisten können.

> *„Mit diesen Arbeiten aber können sich ebensowenig die Teerfarbenfabriken abgeben. […] Wenn also tatsächlich die von den Teerfarbenfabriken herausgebrachten Neuerungen sich durchsetzen, so wird hierdurch praktisch das Hauptgebiet der Pigmentfarbenindustrie nicht berührt, sondern nur innerhalb desselben eine Verschiebung stattfinden. Theoretisch aber ist auf alle Fälle die Wissenschaft der Pigmentfarben in einer Weise befruchtet, wie es von seiten der Pigmentfabriken aus oben dargelegten Gründen nicht möglich gewesen wäre.“*[301]

1923 schreibt Wagner unter dem Titel „*Wesen und Eigenschaften der zu Künstlerfarben verwendeten Teerfarben“*[302] einen auf die Leser der *Technischen Mitteilungen für Malerei* zugeschnittenen Artikel über synthetische organische Farbmittel für Künstlerfarben. Er führt aus, dass die schlechten Erfahrungen mit der Lichtechtheit der Teerfarben aus der ersten Zeit die Skepsis gegen die ganze Produktfamilie begründet haben. Für die Klärung, ob diese Bedenken noch berechtigt sind, geht er näher auf die organischen Farben ein. Wagner erläutert einige grundsätzliche Fragen, so den Unterschied zwischen Farblacken aus synthetischen organischen Farbstoffen und ‚unlöslichen Pigmentfarbstoffen' (synthetischen organischen Pigmenten), weiter die Herstellung von Farblacken durch Fällung von sauren oder basischen Farbstoffen mit salzbildenden Stoffen. Außerdem geht er auf den Unterschied zwischen den lasierenden Farblacken und den eher deckenden Pigmentfarbstoffen ein.

Er bringt verschiedene Beispiele für sinnvollen oder auch nicht sinnvollen Einsatz der Teerfarbstofflacke in Farben. So seien diese bei *„verantwortungsbewusster Auswahl sehr wohl zum Ersatz der unerschwinglichen natürlichen Farben“* zu verwenden; weniger günstig sind sie

> *„als Ersatz für Mineralfarben […]. Die reinen Farblacke stehen an Deckkraft ganz bedeutend hinter den mineralischen Deckfarben zurück. Konzentrierte Lacke zeigen außerdem einen wohl in der Druckerei geschätzten, aber beim Malen nicht erwünschten Bronzeglanz. Durch Mitfällen von Blancfixe wird die Deckkraft nicht genügend erhöht, so dass man als Substrat schon Lithopone, Zinkweiß oder Bleiweiß verwenden muss, oder auch gefärbte Substrate wie*

300 Wagner (1922), S. 102.
301 Wagner (1922), S. 102-103.
302 Wagner (1923), S. 66-68.

> *Mennige oder Ultramarin. […].*
> *Andererseits ist nicht zu leugnen, dass bei der Herstellung billiger Malfarben, wie sie in niederen Schulklassen aus ökonomischen Gründen verwendet werden müssen, schlechterdings teure Farben wie Zinnober nicht in Frage kommen können. Und da muss man wohl oder übel zum Ersatz greifen, […]. Schon jetzt sei erwähnt, dass hier die Pigmentfarbstoffe infolge besserer Deckkraft den Farblacken vorgezogen werden.“*[303]

Wagner führt das Beispiel *Zinnoberersatz* an, für den früher Eosin auf Mennige verwendet wurde, jetzt aber eher z.B. *Helioechtrot* (PR 3, Anm.), allerdings auch mit Mennige, *„um den Mineralfarbencharakter nach Möglichkeit zu wahren.“* Kennzeichnungen von Schulmalfarben seien nicht üblich, allerdings sollte sich jeder bewusst sein, dass um den geringen Preis kein echter Zinnober enthalten sein könne. *„Für Erdfarben kommt ein Ersatz in Form von Farblacken nicht in Frage, da letztere ungleich teurer sind.“* Wager erklärt weiter, dass das Schönen bei Anstrichfarben üblich sei und auch *„für die Gewinnung stark rotstichiger Malfarbentöne, wie Venetianerrot, Indischrot, in Betracht“* komme. Der Nachweis von Teerfarbstoffen ist durch Betupfen eines Aufstriches oder einer Farbprobe mit konzentrierter Schwefelsäure leicht möglich, wobei sich die *„praktisch verwendeten, lichtechten Azofarbstoffe […] durch charakteristische Violett- oder Blaufärbung“* auszeichnen.[304]

Im Zusammenhang mit Alizarinlacken kommt Wagner auf die Lichtechtheit der grünen und blauen Derivate zu sprechen (*Helioechtblau*, *Alizarincyaningrün*), die schlechter als die des Alizarinrots und Purpurins sei.

> *„Auch die Nuancenreinheit lässt in Violett, Blau und Grün nach, und man macht auch hier wieder die leidige Erfahrung, dass in den genannten Tönen Lichtechtheit und Nuancenreinheit im umgekehrten Verhältnis stehen. Es ist daher nicht angängig, nuancenklare, aber lichtunechte violette, blaue und grüne Teerfarbstoffe als Grundlagen für eine Farbennormierung zu wählen und mit ihnen Vergleichsapparate herzustellen, die im Licht in kürzester Zeit verblassen. Wer sich die kostspieligen, mit solchen Farben hergestellten Ostwaldschen Farbenatlanten, Körper und Normen kauft, ist daher zu bedauern.“*[305]

Wagner erläutert, dass auch die Pigmentfarbstoffe sich durch verschiedene chemische Konstitution teilweise stark in ihren Eigenschaften unterscheiden. Hier seien nicht nur die Lichtechtheiten zu prüfen, sondern auch Öllöslichkeit, Benetzbarkeit, Neigung zum Ausbluten bzw. Durchschlagen etc. Zum Beispiel verhalten sich *Palatinchromrot BLX* und *Pigmentscharlach 3B* alkali- und säureempfindlich, *Litholgelb GG* schlägt in wässrigen Bindemitteln durch das Papier durch. Als relativ lichtechte Farbmittel fügt Wagner noch die *Anthrachinon-*, *Indanthren-, Indigo-* und *Thioindigofarbstoffe* an, *„unter denen sich die lichtechtesten künstlichen Pigmente befinden, die bis jetzt überhaupt dargestellt werden können. Naturgemäß sind sie durchweg sehr teuer und kommen daher als verbilligende Ersatzfarbstoffe gar nicht in Frage.“* Es werden noch einige, für Künstlerfarben in Frage kommende Farblacke und synthetische organische Pigmente aufzählt, wobei darauf hingewiesen wird, dass viele leicht öllöslich sind und beim Übermalen mit Weiß durchschlagen. [306]

Wagner empfiehlt statt Skepsis die wohlwollende Prüfung der Teerfarbstoffe für Schul- und Künstlermalfarben, allerdings muss diese sorgfältig durchgeführt werden und darf sich nicht auf die Lichtechtheit beschränken.[307]

Der nächste, sehr aufschlussreiche Beitrag von Wagner erscheint im Oktober 1924. Zuvor war der Beitrag „*Zur Lichtechtheit der neueren Farbstoffe in der Dekorationsmalerei“* von Schieder[308] veröffentlicht worden, der wieder gemäßigte Skepsis bzw. Ratlosigkeit in Bezug auf die Fortschritte in der Teerfarbenherstellung äußert und sich dabei auf einen nicht näher bezeichneten Artikel von Wagner aus der *Farbenzeitung* bezieht. Schieder gibt zu bedenken, dass die ursprünglichen Namen der organischen Pigmente bzw. Teerfarblacke in den Bezeichnungen der Farbenhersteller nicht mehr auftauchen und führt etliche Beispiele an. Außerdem berichtet er von den Resultaten einer 3-monatigen

303 Wagner (1923), S. 67.
304 Ebenda.
305 Wagner (1923), S. 67: In einer Fußnote wird durch die Redaktion (Trillich) vermerkt, dass nach den „Untersuchungen an der Versuchsanstalt für Maltechnik […] die Aufstriche der acht bunten Ostwald Kleinchenfarben nach 5/4-*jähriger Belichtung vollkommen verschwunden (seien) bis auf Spuren von Gelb.“*
306 Wagner (1923), S. 68.
307 Ebenda.
308 Schieder (1924), S. 115-117.

Belichtung von Musterbüchern zweier großer (Pigment)Farbenfabrikanten; von 63 Aufstrichen waren nur 18 nicht verändert oder verblasst. Die Aufstriche können keinen Pigmenten zugeordnet werden, da alle mit *„nichts sagenden Phantasienamen bezeichnet“* wurden. Schieder wünscht anschließend, dass die Farben zukünftig mit den ‚Ursprungsnamen' bezeichnet werden würden.[309]

Im seinem Beitrag „*Zur Ursprungsbezeichnung der Teerfarben“*[310] stimmt Wagner dann Schieder vollkommen zu: In der Praxis werden Farben im Handel nach wie vor mit Phantasienamen bezeichnet, daher nützt es wenig, die Kunst- und Dekorationsmaler mit den Eigenschaften der neuen synthetischen organischen Farbmittel vertraut zu machen, da der Verbraucher sie nicht zuordnen kann und „*zudem noch die Erfahrung macht, dass der Kleinverkäufer selbst über das Wesen seiner Farbe nur ganz mangelhafte Auskunft geben vermag.“*[311]

Der Autor erklärt den zeitgenössischen Handel und die komplizierte Situation:

> *„Es ist heute so, dass die Teerfarbenfabrik den konzentrierten Farbstoff mit ihrer Handelsbezeichnung an eine Pigmentfarbenfabrik liefert, die ihn sachgemäß und in Kenntnis seiner chemischen und physikalischen Eigenschaften verlackt oder mit Substrat bzw. anderen Farben verkollert. Der fertige Farbstoff erhält einen neuen Namen, der zu dem der Teerfabrik in keiner Beziehung steht und der Konkurrenz diesen nicht sofort verraten soll. Die großen Pigmentfarbenfabriken liefern aber nicht direkt an den Verbraucher. Dieser muss sich an den Händler oder Klein- „Fabrikanten“ wenden, der die bezogenen Pigmente entweder nur umtauft oder auch nochmals verschneidet, meist von der Zusammensetzung keine Ahnung hat, die Farben für gewöhnlich nur durch Aufstreichen des trockenen Pulvers mit dem Spachtelmesser auf Papier vergleicht und häufig nicht einmal sagen kann, ob eine Farbe teerfarbenstoffhaltig ist oder nicht. Es soll nicht geleugnet werden, dass in allen Fällen, also sowohl für den Teerfarbstoffabrikanten, den Pigmentfarbenfabrikanten und den Händler zwingende wirtschaftliche Gründe zur Geheimhaltung der Zusammensetzung bestehen. [...] Damit ist gesagt, dass die Ursprungsbezeichnung der Teerfarbenfabriken auf keinen Fall über diese hinaus im Gebrauch sein wird, es sei denn auf dem Gebiet der Künstlerfarben, wo sich verschiedene Firmen bequemen, den Ursprungsnamen bekannt zu geben. Nun bedeutet aber die Ursprungsbezeichnung selbst insofern schon eine Verschleierung, als sie über das Wesen des Farbstoffs gar nichts aussagt und nur auf Grund eingehender, allein dem Geübten möglicher Untersuchung dessen chemische Zusammensetzung festzustellen ist.*
>
> *Zudem herrscht gerade in diesen Bezeichnungen Willkür und Systemlosigkeit. So ist das Helioechtviolett AL ein Alizarinfarbstoff, während das Helioechtviolett 2 RL einen Azofarbstoff darstellt. Litholrubin BN ist ein löslicher Farbstoff, die BK-Marke dagegen ein Kalklack. Helioechtrot RL, Litholechtscharlach R und Hansarot B sind Bezeichnungen verschiedener Fabriken für ein und denselben Farbstoff.*[312] *Damit ist für den, der sich in der Nomenklatur der Farbstofffabriken nicht genau auskennt, die Sache erheblich erschwert und der Wert der Ursprungsbezeichnungen zweifelhaft.“*[313]

Damit ist klar, dass gerade für Künstler oder Dekorationsmaler, die üblicherweise keine Kenntnisse der Nomenklatur von Farbstofffabriken haben, kaum eine Orientierung möglich sei.

Wagner schlägt hinsichtlich der Farbenbezeichnungen eine Gruppeneinteilung vor: in Gruppe A (völlig licht-, luft-, öl-, wasser-, kalkecht), Gruppe B (völlig licht-, luft-, öl-, wasserecht), Gruppe C (völlig licht-, luft-, ölecht), Gruppe D (völlig licht- und luftecht), Gruppe E (völlig lichtecht), Gruppe F (gut licht-, luft-, öl-, wasser-, kalkecht) etc. Die Verschnittfarben mit Spat müssten zusätzlich deklariert werden.

> *„Zur Vereinfachung auch dieser Nomenklatur könnte man sich […] darauf beschränken, nur diejenigen Farben derart zu deklarieren, deren Echtheitseigenschaften nicht unter einer bestimmten Mindestgrenze liegen. Es ist zu hoffen dass sich die Gesellschaft für rationelle*

309 Schieder (1924), S. 117.
310 Wagner (1924-b), S. 160.
311 Ebenda.
312 Anm.: C.I. 1956: Helio Fast Violet AL [IG] = Pigment 53, 58300 (Antrachinon); Helio Fast Scarlet RL [IG] = Dye for Lakemaking, 16110; Helioechtrot RL, Litholechtscharlach R, Lithol Fast Scarlet B und RN, Hansarot B = alle PR 3; die Litholrot-Marken im CI 1956 nur noch als Pigmente gelistet: Litholrubin BK = PR 57 [BASF + IG] 15850 Lake; Litholrubin BN = PR 57 [IG] 15850 Lake; Litholred 3 BN = PR 49 [IG] 15630 Lake; Litholred DK = PR 51 [IG] 15580.
313 Wagner (1924), S. 160.

Malverfahren auch noch dieser Sache annimmt." [314]

Vor allem in der *Farbenzeitung* publiziert Wagner noch weitere Artikel zur Farbenfabrikation, die nicht in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* gedruckt werden. Die Beiträge zur Künstlerfarbenfabrikation[315] werden im Kapitel 9.4.5. ausführlich ausgewertet.

9.2.4.5. Etablierte ‚Hansa-Pigmente' und Doerners Kritik an Talens Orpi-Farben (1929-1931)

Ende der 1920er Jahre hatten sich *Hansagelb* bzw. die damit assoziierten Monoazogelbpigmente soweit etabliert, dass auch für Künstlerfarben die Verwendung im Prinzip nicht mehr grundsätzlich zur Diskussion stand. Allerdings bedeutete das nicht, dass die Klassifikation und die Eigenschaften der synthetischen organischen Farbmittel auf dem Maltechniksektor bzw. von den Farbenanwendern verstanden wurden.

Darauf deuten jedenfalls Publikationen von Hebberling und Doerner[316] aus den Jahren 1929 und 1931 hin, in denen wesentliche Zusammenhänge ignoriert bzw. missverständlich weitergegeben werden.

Hebbling diskutiert 1929 in dem Beitrag „*Kadmium- oder Hansafarben?"*[317], ob *Hansa*-Pigmente die teuren Kadmiumpigmente ersetzen könnten. Der Ersatzbedarf wird einerseits durch die von Schwefelsulfid in Kadmiumpigmenten hervorgerufene Unverträglichkeit mit blei- oder antimonhaltigen Farben (Bleiweiß, Neapelgelb) begründet, andererseits aber vor allem durch den hohen Preis von Kadmiumverbindungen bedingt.[318] Während der Autor die Gefahr der Unverträglichkeit für vermeidbar hält, kann die Kostenfrage nicht negiert werden. Hebberling diskutiert die Monoazopigmente relativ pauschal als *Hansafarben*, die er nur nach Farbton in *Hansagelb*,[319] *Hansaorange* und *Hansarot* unterteilt. Die Differenzierung der einzelnen Pigmente durch die Buchstaben (bspw. *Hansagelb G* etc.) wie sonst üblich (auch in den *Technischen Mitteilungen*), fehlt völlig. Damit wird der falsche Eindruck vermittelt, dass bspw. *Hansagelb* ein einziges definiertes Pigment sei, obwohl damit de facto verschiedene Monoazogelbpigmente bezeichnet werden und *Hansa* als Handelsname der Pigmente von *Hoechst* bzw. später der *I.G.* eingetragen ist.[320]

Hebberling findet bemerkenswert, dass die Farbmittel „*nicht der Alizarin- sondern der Azogruppe angehören, deren Repräsentanten mangels der erforderlichen Licht-, Öl- und Tubenechtheit bisher keinen Zutritt zur Künstlerpalette erlangen konnten."* Während *Hansagelb* für den Ersatz von Kadmiumgelb empfohlen wird und auch maltechnisch ähnlich wie dieses zu handhaben sei, darf das sogenannte *Hansarot,*[321] so Hebberling, dagegen noch nicht als Ersatz für Kadmiumrot angeboten werden, da dessen Öl- und Tubenechtheit noch nicht nachgewiesen werden konnte. Schließlich weist der Autor noch indirekt auf die Lösungsmittelempfindlichkeit hin; Hebberling schreibt, dass sich je nach Art des Gemäldefirnisauftrags die *„grobdisperse mineralische Komponente (Schwerspat) von der feindispersen organischen"* in der *Hansa*-Farbe trennen könnte und sich das in *„höchst fataler Weise bemerkbar macht."*[322]

Während in Hebberlings Beitrag vor allem die unpräzise Verallgemeinerung der *Hansafarben* als Pigmentklasse auffällt, wird dann in dem 1931 publizierten Doerner-Artikel[323] gegen die *Orpi-Farben* von Talens deutlich, zu welchen Missverständnissen die Komplexität des Farbmittelmarktes und die komplizierte Farbmittel-Nomenklatur selbst bei den Maltechnikprofessoren führen konnten.

---

314 Ebenda.
315 Wagner (1924).
316 Hebberling (1929), Doerner (1931).
317 Hebberling (1929), S. 239-240. Der Autor ist Dipl.-Ing.; offenbar aber auch Maler (-dilettant?), da er von Ölstudien berichtet.
318 Vgl. Lake/Lomax (2007), S. 187: Später scheint sich das Preisverhältnis wieder geändert zu haben. 1939 werden Hansa-Yellows als die teuersten Pigmente der Gelbtöne genannt; der Dollar-Preis für Hansa-Yelllow war 1939 mit 1,75$ offenbar mehr als doppelt so hoch, wie für Cadmiumgelb.
319 Trillich fügt als Herausgeber dem Hebberlingschen Aufsatz noch an, dass laut Wagner (Stuttgart) Hansagelb 5G und 10G *„genügend ölecht, wasserecht spritecht und auch für Künstlerzwecke geeignet"* wären. Vgl. Hebberling (1929), S. 240.
320 *Hansagelb G* (PY 1); der Markennamen *Hansa* wurde von *Hoechst* (ab 1925-1951 *I.G. Farben*) verwendet; nach dem Ablauf des Patents für *Hansa Yellow G* in den späten 1920er Jahren wurde das Pigment auch von anderen Firmen hergestellt, so z.B. ab 1926 *Monolite Yellow G (British Dyestuff Corp.)* und *Pigment Fast Yellow HGL (J.W. Leitch and Co.)*. Vgl. Lake/Lomax (2007), S. 180-182; 185.
321 Hansarot B = PR 3; Hansarot GG = PR 6, Vgl. Kapitel 2.3.1.3., Tab. 12: ß-Naphthol-Pigmente.
322 Hebberling (1929), S. 240.
323 Doerner (1931), S. 149-150.

Der Künstlerfarbenhersteller *Talens* bringt 1930 *Orpi-Farben* (Artists`Oil colors) auf den Markt. In Anzeigeblättern - auf solche bezieht sich Doerner - werden diese Farben als größtenteils aus neuen organischen Pigmentfarbstoffen hergestellt und im hohen Grade lichtbeständig beworben (Vgl. Abb. 60-62, Kap. 9.4.3.). In der Preisliste sind sie mit ‚P' gekennzeichnet, werden allerdings unter bekannten Namen wie *Kadmiumrot*, *Kobaltblau* etc. angeboten, was nach Doerners Ansicht ein zweifelhaftes Unterfangen ist: Hier werden Teerfarbstoffe unter irreführenden Bezeichnungen in die Künstlerfarbenliste eingeführt.

> „*Mit aller Schärfe und rücksichtsloser Deutlichkeit muss dieser ungeheuerliche Einbruch in die so mühsam errungene Ordnung unseres deutschen Farbwesens zurückgewiesen werden. […] Um irrigen Schlüssen vorzubeugen, sei es hier ausgesprochen, dass wir Künstler durchaus nicht gegen Teerfarbstoffe sind. Aber wir wollen sie unter einwandfreien Bezeichnungen und unter Angabe ihrer Lichtbeständigkeit und Verwendbarkeit in den verschiedene Techniken aufgeführt wissen und nach gegenseitiger Prüfung durch Vertrauensleute der Künstler und der Fabrikanten. Erfreulicherweise gehen wir darin völlig einig mit einsichtigen Fabrikanten, […].*"[324]

Doerner dankt bei der Gelegenheit den Teerfarbenfabrikanten der *I.G. Farbenindustriegesellschaften* in Oppau und Ludwigshafen (*BASF*) für den Einblick, der ihm dort auf dem Gebiet der Teerfarbstoffe geboten wurde. Er zieht offenbar nicht in Betracht, dass die Farben von *Talens* auch die derzeit besten synthetischen organischen Farbmittel enthalten könnten (und zwar unter Umständen genau die von ihm erwähnten Pigmente), denn Doerner schreibt: „*Die deutsche Industrie liefert unbestritten die besten Teerfarbstoffe der Welt und die ‚neuen' Pigmentfarbstoffe der Firma Talens wie ‚Kadmiumgelb P' werden an Güte kaum das Hansagelb oder Indanthrengelb usw. erreichen, geschweige dann übertreffen*."[325] (siehe dazu auch Kap. 9.4.3.)

9.2.5. Synthetische organische Farbmittel im Kontext: Farbnormungen und Begriffsdefinitionen (1926-1940)

Etwa ab Mitte der 1920er Jahre nimmt die Frequenz von Publikationen über oder gegen Teerfarben in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* signifikant ab.

9.2.5.1. Allgemeine Tendenzen – Farbenbranche und Normungsfragen

Zu dieser Zeit wird deutlich, dass sich die Kompetenzen zum Thema Farbenqualitäten allmählich verschieben. Die Farbenbranche entwickelte sich immer mehr zu einem in viele Spezialindustrien gegliederten, stetig wachsenden Industriezweig, der aus Gründen der Rationalisierung und Qualitätssicherung inzwischen aus eigenem Interesse nach einheitlichen Prüfbestimmungen und Bezeichnungsregelungen strebte. 1925 wird in Deutschland der *Reichs-Ausschuss für Lieferbedingungen* (RAL)[326] unter dem *Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit* (RKW) gegründet, um technische Lieferbedingungen und Qualitätskriterien sowie deren Kontrolle festzulegen. Diese wurden von jeweiligen Fach-Gremien erarbeitet. 1952 wurde der RAL dem *Deutschen Normenausschuss* (DNA) angegliedert.[327] Auf dem Farbensektor gibt es lange Meinungsverschiedenheiten; eine Einigung über die Begriffsbildung kann erst in den 1950er Jahren erreicht werden.[328]

In den *Technischen Mitteilungen für Malerei* kommen synthetische organische Farbmittel seit Ende der 1920er Jahre dann auch am ehesten in Beiträgen über die fehlende Normung von Farben bzw. über

---

324 Doerner (1931), S. 149-150.
325 Doerner (1931), S. 150.
326 Später wurde der Name in Reichs-Ausschuss für Lieferbedingungen und Qualitätssicherung geändert. Vgl. RAL-RG 607/13 Aushebelschutz-Beschläge, Ausgabe 06/1996; Anlage Die Institution RAL, 08/1995; auf: http://de.wikipedia.org/wiki/RAL_Deutsches_Institut_f%C3%BCr_G%C3%BCtesicherung_und_Kennzeichnung (access 2.10.2008).
327 Ebenda.
328 Kittel (1960), S. 3: In der Bezeichnungsfrage wird mit Normverbänden anderer Staaten zusammengearbeitet. Kittel verweist auf die Tagung der ISA (International Federation of the National Standardizing Associations) von 1938 (Farbenzeitung 43, 671), auf der offensichtlich wird, dass auch in der englischen und französischen Sprache Begriffe durcheinandergeworfen werden. Ein Normblatt zur Festlegung der Bezeichnungen wird erst 1957 herausgegeben (DIN 55 945).

dringend notwendige Vereinheitlichung von Begriffen zur Diskussion.[329] Dabei fällt auf, dass Vertreter der *Gesellschaft für rationelle Malverfahren (DG)* in Bezug auf die Teerfarben wieder zunehmend separat über ‚Künstlerfarbenqualitäten' kommunizieren (z.B. Doerner 1828-b); der Anstrichfarben-/ Dekorationsfarbensektor wird dezidiert abgekoppelter behandelt als zuvor. Obwohl die fehlende Normierung und das Bezeichnungsproblem keine neuen Themen sind, kommen andere Aspekte hinzu, die zum Teil durch die Forschritte bei Normungen in den USA beeinflusst werden. Insgesamt ist eine deutliche Objektivierung - auch im Tonfall der Beiträge - zu verzeichnen.

Wehlte (1897-1973), der seit 1925 als maltechnischer Leiter an der Akademie in Dresden ist und grundsätzlich eher für den Dialog als Streit zwischen Anwendern und Farbenherstellern plädiert, weist 1926 in einem Beitrag in den *TM* auf die Schwierigkeiten der Definition und Vereinheitlichung bei Verschnittfarben hin.[330] Diese Farben durch Prozentangaben der Verschnittmittel zu deklarieren, gäbe nicht unbedingt Auskunft über die Qualität. So seien z.B. bei Chromgelb je nach Herstellung unterschiedliche $BaSO_4$-Zusätze möglich; hochwertiges Chromgelb verträgt etwa die doppelte Verschnittmenge wie ein minderwertiges. Auch bei der Herstellung von Teerfarblacken variiert die technisch notwendige Menge an Substrat und Verschnitt. Bei Dekorationsfarben bleibt die Prüfung auf den jeweiligen Verwendungszweck oft die einzige Möglichkeit. Während für Anstrichfarben oft ein hoher Prozentsatz an Verschnittmitteln erwünscht ist; gelten für Künstlerfarben ganz andere Anforderungskriterien. Die Angabe vom Verwendungszweck hält Wehlte beim Farbenkauf für wichtig, obwohl auch die Künstler *„unter den heutigen wirtschaftlichen Verhältnissen öfter als notwendig […] „Studien"-, „Skizzen"-, „Atelierfarben" […] in vielen Fällen auch Dekorationsfarben verarbeiten, aus deren Preis klar hervorgeht (leider nicht immer), dass man es mit einer geringeren Qualität zu tun hat."*[331]

Ausgelöst durch eine Zuschrift von dem Maler H. Bremer zur nicht neuen Problematik der Benennung bzw. Deklaration der Teerfarbstoffe in Künstlerfarben,[332] bekräftigen Doerner[333] und Dr. W. Obst[334] wiederholt die Notwendigkeit einer systematischen Prüfung synthetischer organischer Farbmittel für Künstlerfarben von einer unabhängigen wissenschaftlichen Stelle. Doerner schlägt vor, dass *„in der Hand der Gesellschaft […] wieder alle Fäden zusammenlaufen (müssten)",* während Dr. Obst die *I.G. Farbenindustrie A.-G.* mit ihren Laboratorien einbeziehen möchte. Er verweist darauf, dass von der Teerfarbstoffindustrie schon normierte *„absolut lichtechte, waschechte und bügelechte Farben"* für die Textilindustrie definiert werden.[335]

Auf der *IV. Farbentagung* in München am 18. und 19. 2. 1929[336] spricht Doerner über *„Die Sicherung des künstlerischen Farbmaterials."*[337] Hinsichtlich der ‚unbefriedigenden Teerfarbstofffrage' gibt es auch auf diesem Symposium keine konkreten Lösungsansätze. Doerner plädiert für eine Bezeichnung mit den Handelsnamen der Teerfarbstoffe (die er ja auch in seinen Maltechnikbüchern angibt). Außerdem könnte das *Farbenbuch „eine wertvolle Grundlage für künftige Gesetzgebung"* sein; Doerner sieht eine Option in einer Wiedereinführung der Kontrolle des Handelsmaterials, steht aber auch der Normierung nicht ablehnend gegenüber. Dezidiert für die Normung von Farbmitteln und Anstrichstoffen spricht sich der damalige Vorsitzende der *DG* Otto Rückert in seiner Funktion als Vertreter des *Reichsbundes für das Deutsche Malerhandwerk* aus.[338]

Im Kontext der *Farbentagung* ist ein Vortrag über die Farben- und Anstrichmittelindustrie und deren zunehmende Spezialisierung interessant (Dr. Gademann, Schweinfurt). Die Branche gliedert sich in Farbmittel-Hersteller und Bindemittelproduzenten; diese sind wieder in viele Spezialwerke unterteilt. Dabei gilt:

> „*Je größer die Anforderungen der Spezialtechnik, desto nötiger die Spezialfabrikation, z.B. bei*

329 Obwohl das Thema zu der Zeit wohl von anderen Fachjournalen kompetenter und ausführlicher behandelt wird (z.B. Farben-Zeitung).
330 Wehlte (1926).
331 Wehlte (1926), S. 186.
332 Bremer (1928), S. 6-7.
333 Doerner (1928-b), S. 55-56.
334 Obst (1928).
335 Obst (1928), S. 86: Dass es für die Teerfarbenindustrie einfach sein sollte, eine Normalfarbenliste in Teerfarbstoffen für Künstlerzwecke herauszugeben, wie Obst meint, ist durch die verschiedenen Bindemittelsysteme und die im jeweiligen Anwendungsmedium variierenden Applikationseigenschaften de facto illusorisch. Vgl. dazu auch Wagner (1923; 1924).
336 Farbentagung (1929-a); Farbentagung (1929-b).
337 Farbentagung (1929-a), S. 91-92.
338 Farbentagung (1929-a), S. 92-93.

Druckfarben oder Künstlerfarbenfabriken. Auch die große Zahl der Lackfabriken betreibt viele Spezialherstellungen und weitgehende Verfeinerung. Überall aber greifen nun die Gruppen ineinander über, der Rohstofflieferant in das Gebiet der Weiterverarbeitung und umgekehrt. Schließlich gilt wie überall die Regel: Je größer der Bedarf, desto kürzer der Weg vom Hersteller zum Verbraucher, [...] je vielgestaltiger die Anforderungen, desto wichtiger und nötiger die Zwischenglieder."[339]

Die Normungsfrage wird zwar angesprochen, allerdings sei bei chemischen Produkten Vorsicht geboten. Hinsichtlich der Farbnormung sind die USA schon wesentlich weiter fortgeschritten. Würth erläutert 1926 in seinem Beitrag über *Die Grundlagen der Farbnormung in den Vereinigten Staaten von Nordamerika*,[340] dass in Nordamerika bereits ein Institut mit mehr als 2000 Mitarbeitern gegründet wurde und Anstrichstoffe inzwischen auch in die Normung einbezogen werden. Zur Vereinheitlichung von Bezeichnungen wurden zunächst die Ausdrücke festgelegt, die in Normblättern verwendet werden sollen. Würth übersetzt das Blatt, in dem die amerikanischen Normal-Definitionen von Ausdrücken für die Kennzeichnung von Anstrichstoffen festgelegt wurden. Das Norm-Blatt wurde von der *American Society for Testing Materials* (A.S.T.M.) unter der Kennnummer D 16/24 herausgegeben (Normaldefinition von Ausdrücken für die Kennzeichnung von Anstrichstoffen); die Annahme erfolgte 1915, Nachprüfungen dann 1922 und 1924.[341] In Deutschland ist man von solchen Farbnormungen noch weit entfernt.

Erst 1941 wird der *Deutsche Farbenausschuss* gegründet, dessen Mitglieder aus *„26 wissenschaftlichen Gesellschaften, Vereinen, Berufsverbänden, Wirtschafts- und Fachgruppen (stammten). Darunter befanden sich auch Vertreter des deutschen Normenausschusses (DIN) sowie des ‚Reichsausschusses für Lieferbedingungen' (RAL)".*[342] Auf der Gründungsversammlung wird durch Vorträge aus allen Bereichen des verzweigten Farben-Fachgebietes *„die Notwendigkeit unterstrichen, sich endlich zu gemeinsamer […] Arbeit zusammenzufinden."*[343] Wehlte konstatiert in dem Zusammenhang, dass man in Deutschland durch die massive Ablehnung der Ostwaldschen Farbenharmonielehre durch die Künstler und den damit verbundenen Streit entscheidende Zeit hinsichtlich der Farbnormungen verloren hat und Amerika (seit 1930) auf dem Gebiet inzwischen einen großen Vorsprung erarbeiten konnte. Der *Deutsche Farbenausschuss* definierte als dringliche Aufgaben vor allem die Neuschaffung einer *Deutschen Farbenkarte* und die Entwicklung einer Farbenordnung, um eine Skala zur Farbenkennzeichnung entwickeln zu können.[344]

9.2.5.2. Begriffsdefinitionen in der Farbenbranche – Vorschläge von H. Trillich (1932-1934)

Auch die Diskussion von Begriffsdefinitionen in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* spiegeln wider, wie weit die deutsche Farbenbranche noch von einer Einigung entfernt ist. Herausgeber Trillich widmet sich Anfang der 1930er Jahre sehr ausführlich der Farbennomenklatur. Dabei bleibt er aber im Wesentlichen auf dem inhaltlichen Stand des *Deutschen Farbenbuches*.[345] In seinem Artikel über „*Stoffliche Beschaffenheit und Benennung von Farbmitteln"*,[346] bemängelt Trillich richtigerweise, dass die Benennung von Farbmitteln in der deutschen Sprache nicht eindeutig ist, während man im Englischen differenziert in *Colour* für die farbige Erscheinung; *Pigment* für trockene unlösliche Farbmittel, *Paint oder Ink* für Anstrichmittel und *Dyestuff* für lösliche Farbstoffe. Den Vorschlag verschiedener Autoren, *Pigment* im englisch-französischen Sinn auch im deutschen Sprachgebrauch einzuführen, lehnt Trillich

339 Farbentagung (1929-a), S. 92-93.
340 Würth (1926): Bereits in ähnlicher Form als Artikel in der Farben-Zeitung (1925, S. 2991) erschienen.
341 In Deutschland wurden für die Anstrichstoffe erst 1957 mit dem Normblatt DIN 55 945 Anstrichstoffe, Begriffe die geläufigen Bezeichnungen festgelegt. (Vgl. Kittel, 1960, S. 3). Der Normenausschuss der deutschen Industrie (NADI) wurde schon 1917 gegründet und die festgelegten Normen als Deutschen Industrie-Norm (DIN) bezeichnet. Da die Normfrage bald nicht mehr nur die Industrie betraf, benannte man die Organisation 1926 in Deutscher Normenausschuss (DNA) um. Nach dem 2. Weltkrieg wurde das DIN dann 1951 Mitglied in der Internationalen Organisation für Standardisierungen (ISO) und zuständig für Normung auf deutschsprachigem Gebiet. Seit 1975 änderte sich Name der Organisation noch einmal in DIN Deutsches Institut für Normung e. V.; die Normen heißen Deutsche Normen bzw. DIN-Normen. Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/DIN (access 1.10.2008).
342 Wehlte (1941), S. 27.
343 Ebenda.
344 Wehlte (1941), S. 27-28.
345 Trillich (1923; 1925; 1926); in 3 Teilen herausgegeben.
346 Trillich (1932).

aber ab und glaubt, diesen Begriff der Physiologie überlassen zu müssen.
Auch die Bezeichnung *Pigmentfarbstoff* (für synthetische organische Pigmente) birgt einen Widerspruch in sich, hat sich aber in der Nomenklatur der Farbenbranche eingebürgert. Trillich plädiert eher für die Begriffe *unlösliche Pigmentfarbstoffe* statt *Pigmentfarbstoffe* und *Teerfarblacke* statt *Pigmentfarblacke*.[347]
Im Gegensatz zu diesen im *Deutschen Farbenbuch* verwendeten Nomenklaturen wurden 1928 von Wagner[348] schon andere Definitionen vorgeschlagen. Vor allem der Begriff ‚Farbstoff' wird dessen Ansicht nach oft missverständlich gebraucht, seit es üblich geworden ist, nicht mehr zwischen löslichem Farbstoff und unlöslichem Pigment zu unterscheiden. Trillich greift diesen Vorwurf auf; tatsächlich wurden schon seit 1909 die Ausdrücke *Farbstoff* und *Farbe* von der *Farbenbuchkommission* per Beschluss gleichbedeutend gebraucht. Trillich als Herausgeber des *Farbenbuches* diskutiert die verschiedenen Ansätze und verteidigt das Prinzip der *Farbenbuch*-Begriffe.[349]
Auch die Abgrenzung von Substrat- und Verschnittfarben wird von Trillich diskutiert; er sieht hier aber eine einfache Definitionsmöglichkeit, um diese eindeutig zu unterscheiden: *Substratfarben* sind chemische Fällungen, während *Verschnittfarben* durch mechanische Mischung erzielt werden.[350] Hinsichtlich g*eschönter* und *genetzter* Farben tritt Trillich, im Gegensatz zu Wagner, für eine Unterscheidung ein. So werden genetzte bzw. gefeuerte Farben durch Zusatz von bspw. Glyzerin zur Farbtonvertiefung produziert, während geschönte Farben durch Beimengen eines anderen ‚Farbstoffes' ein verändertes Aussehen erhalten. Eine optische Vertiefung ist keine Schönung.[351]
Inhaltlich ähnlich gelagert, publiziert Trillich 1934 einen Beitrag unter dem Titel *Fachausdrücke im Farbenwesen*.[352] Er bezieht sich auf einen Artikel von van Wüllen-Scholten (*Farbenzeitung* Nr. 58/1933), in dem 17 Begriffsdefinitionen für Fachausdrücke vorgeschlagen und erläutert werden. Trillich hat verschiedene Einwände, verweist mehrfach auf die Definitionen aus dem *Deutschen Farbenbuch* und vergleicht mit Wagners Begriffen aus dem *Körperfarben*-Buch. Alle 17 Fachbezeichnungen werden aufgegriffen; die meisten hält Trillich für ungeeignet. Fremdsprachige Begriffe wie *Pigment* oder *Substrat*, offenbar von Wüllen-Scholten vorgeschlagen, um eine internationale Verständigung zu ermöglichen, werden von Trillich ziemlich vehement abgelehnt, da *„möglichst nur deutsche Worte"* in den *„deutschen Begriffsbestimmungen"* verwendet werden sollten.[353] Synthetische organische Farbmittel werden in dem Kontext nur peripher erwähnt; die Meinungsbildung zu Fachbegriffsdefinitionen ist zu dem Zeitpunkt zu kontrovers - vor allem in der Auslegung durch Trillich in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* - und wenig lösungsorientiert, um inhaltlich konkret werden zu können.

9.2.5.3. Dinblatt NAGRA 213 für das graphische Gewerbe (1932/1933)

Für das graphische Gewerbe konnte schon 1932 ein Fortschritt hinsichtlich der Farbennormung erreicht werden. Die *Technischen Mitteilungen für Malerei* berichten, dass eine *„komplizierte und langwierige Arbeit der Farbenkommission des Normenausschusses für das Graphische Gewerbe"* zum Dinblatt Nagra 213 geführt hat.[354] Damit werden die Farben für den graphischen Einsatz genormt. Dieses Sortiment von 12 Farben (Abb. 53) soll zukünftig von jeder Druckfarbenfabrik im gleichen Farbton und mit gleichen Eigenschaften bezogen werden können.

Nagra-Farbenliste:
Nagra 1: **Fanalrosa supra** (Fanalrosa B supra: PR 81, 45160 Lake; PR 82, 45150 Lake/ für *Fanalrosa G supra (IG)* wurden 93% C.I. Basic Red 8 und 7% C.I. Basic Yellow 2 verwendet); **Nagra 2:** *Permanentrot F 4 NH* (Permanentrot F4R: PR 8, 12335), **Nagra 3:** *Permanentrot R extra* (PR 4, 12085), **Nagra 4:** *Pergamentrot 2 G extra* (?, kein C.I. Eintrag), **Nagra 5:** *Hansagelb GT und 3R* (PY 1, 11680 + PO 1, 11725), **Nagra 6:** *Hansagelb G* (PY 1, 11680), **Nagra 7:** *Hansagelb 10 G* (PY 3, 11710), **Nagra 8:** *Fanalgrün neu hochkonz.* (*Fanalgrün G supra*: PG 1, 42040 Lake), **Nagra 9:** *Fanalbremerblau* (*Fanalbremerblau*

347 Trillich (1932), S. 36.
348 Wagner (1928).
349 Trillich (1932), S. 51-52.
350 Trillich (1932), S. 132.
351 Trillich (1932), S. 140.
352 Trillich (1934).
353 Trillich (1934), S. 80.
354 Dinblatt-Entwurf Nagra 213 (1933), S. 5-6.

B supra: PB 3, 42140 Lake, blauer Farbton; wahrscheinlich aber eher *Fanalbremerblau G supra*: PB 8, 42140 + 42040 Lake, aus C.I. Basic Blue 5 + C.I. Basic Green 1, ergibt einen grünliches Blau), **Nagra 10:** *Miloriblau* + *Fanalbremerblau* (PB 27, 77510 + siehe Nagra 8), **Nagra 11:** *Fanalblau B supra* (PB 1, 42595 Lake), **Nagra 12:** *Fanalrot 6 B supra* + *Fanalblau B supra* (PV 2, 45175 Lake + siehe Nagra 10).

Es fällt auf, dass die Nagra-Farbenliste fast ausschließlich aus synthetischen organischen Pigmenten zusammengestellt wurde. Nur Miloriblau, ein Eisencyanat-Pigment, ebenfalls synthetisch hergestellt, gehört zu den anorganischen Pigmenten.

NAGRA-Farben (Druckereiwesen, Druckfarben). **DIN**, Entwurf 1, Nagra 213.

Bezeichnung	Farbton	Farbpigment	Farbstoffträger	Lichtechtheit[3]	Deckfähigkeit[3]	Lackierechtheit[3]
Nagra 1	Bläuliches Rot	Fanalrosa supra	Mischweiß[1]	I bis II	1	bedingtecht[2]
Nagra 2	Mittleres Rot	Permanentrot F 4 NH	Mischweiß[1]	I	1	echt
Nagra 3	Gelbliches Rot	Permanentrot R extra	Tonerdehydrat	I bis II	1 d	echt
Nagra 4	Orange	Pergamentrot[2] G extra	Tonerdehydrat	I	1 d	echt
Nagra 5	Rötliches Gelb	Hansagelb GT und 3 R	Tonerdehydrat	I bis II	1	echt
Nagra 6	Mittleres Gelb	Hansagelb G	Tonerdehydra	I bis II	1 d	echt
Nagra 7	Grünliches Gelb	Hansagelb 10 G	Tonerdehydrat	I bis II	1 d	echt
Nagra 8	Grün	Fanalgrün neu hochkonz.	Mischweiß[1]	I bis II	1	echt
Nagra 9	Grünliches Blau	Fanalbremerblau	Mischweiß[1]	I bis II	1	bedingtecht[1]
Nagra 10	Mittleres Blau	Miloriblau Fanalbremerblau	Mischweiß[1]	I	1	bedingtecht[2]
Nagra10M	Miloriblau	Miloriblau	—	I	1	echt
Nagra 11	Rötliches Blau	Fanalblau B supra	Mischweiß[1]	I bis II	1	bedingtecht[2]
Nagra 12	Violett	Fanalrot 6 B supra Fanalblau B supra	Mischweiß[1]	I bis II	1	bedingtecht[2]

[1] Mischweiß üblicher Zusammensetzung, Tonerdehydrat und Blanc fixe gefällt; übliches Zusammensetzungsverhältnis 1 : 3.
[2] Echt für Maschinenlackierung; nicht geeignet für Handlackierung.
[3] Nach Merkblatt „Normprüfmethoden für Druckfarben" (später DIN NAGRA 210).

Abb. 53: Nagra-Farbenliste, Tabelle aus den TM, 49. Jg./Nr. 1, S. 6.

9.2.5.4. T-Farben-Kennzeichnung auf Schminckes Künstlerfarben-Etiketten (1933)

In den 1930er Jahren haben sich die synthetischen organischen Farbmittel in Künstlerfarben offenbar soweit etabliert, dass in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* darüber keine kontroverse Diskussion mehr stattfinden muss. Die Thematik wird kaum angeschnitten; gelegentliche Meldungen über Patente für neue synthetische organische Pigmente, die unter der Rubrik *Kleine Mitteilungen* erscheinen, haben den Status einer knappen Information.[355]
Eine Veröffentlichung des Künstlerfarbenherstellers *Schmincke* dokumentiert den Etablierungsgrad, den die synthetischen organischen Pigmente erreicht haben, relativ anschaulich. Der besagte Artikel erscheint 1933 unter dem Titel *Lichtstarke T-Farben;*[356] *Schmincke* stellt darin die Adaptierung der T-Kennzeichnung seiner Künstlerfarben vor. Jene Farbtöne, die synthetische organische Farbmittel enthalten, sind auf den Etiketten und in den Listen nun mit einer neuen Form des T-Zeichens (T für ‚Teerfarben') gekennzeichnet: je nach Grad der Beständigkeit mit T für ausreichende, TT für vorzügliche oder mit TTT für überragende Lichtechtheit. Alizarinkrapplack und ähnlich bewertete Pigmente erreichen

355 *Monastralblau Fast Blue BS* (1936): Die TM hatten bereits in einer früheren Ausgabe im Jahr 1936 (TM, 52. Jg./Nr. 2, S. 18) von der Einführung des Phthalocyaninblaus (*Monastralblau*, *ICI*, England) berichtet und teilen nun mit, dass entsprechend einer Notiz aus der Chemiker-Zeitung (1936, Nr. 37, S. 375) das gleiche Pigment nun auch von der *I.G. Farbenindustrie A.-G.* mit dem Markennamen *Heliogenblau B* hergestellt wird.
356 Hesse (1933); Dr. Julius Hesse war ein Neffe der Schmincke-Gründer und 1933 Firmeninhaber von Schmincke & Co.

in der Skala nur ein T. Das T-Zeichen steht in einem sechseckigen Benzolring; *Schmincke* hat sich diese Art der Kennzeichnung schützen lassen, um Missbrauch zu verhindern. Der *Schmincke*-Inhaber Hesse berichtet, dass die neuen Teerfarbstoffe für die Eignung in Künstlerfarben in Öl-, Tempera- und Aquarelltechnik getestet wurden und verweist auf die 16. Lieferung von *Schmincke's Maltechnischen Mitteilungen*,[357] die sich ausschließlich und ausführlich den ‚lichtstarken T-Farben' von *Schmincke* widmen.[358] Dort werden allerdings nur die Substanzklassen, jedoch nicht konkrete Pigmente benannt. Damit bleibt der Informationsumfang bzw. die Informationsqualität deutlich hinter den Angaben von 1925[359] zurück, als noch einzelne Pigmente mit Handelsnamen benannt wurden, die wiederum Rückschlüsse auf die chemische Zusammensetzung erlaubten.

Der Zielgruppe von *Schmincke's Maltechnischen Mitteilungen*, also Künstlern und anderen Farbenkonsumenten, dürfte die Übersichtlichkeit der T-Kennzeichnung inklusive Beschreibung maltechnischer Eigenschaften für alle T-Farbtöne in Öl-, Tempera- und Aquarelltechnik (wie in den Listen der 16. Lieferung) aber eher entgegengekommen sein (siehe 9.4.1.; Tab. 57).

Das ‚T-Farben'-Sortiment von Schmincke wird in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* nicht grundsätzlich in Frage gestellt oder diskutiert. Die fehlenden detailierteren Angaben zu einzelnen Pigmenten fallen erst rückblickend ins Gewicht; für Künstler oder andere *Schmincke*-Farbenverbraucher dürfte das damals von untergeordneter Bedeutung gewesen sein.

Ansonsten kommt *Schmincke* den Forderungen der *Deutsche Gesellschaft zur Förderung rationeller Malverfahren* zur Einführung synthetischer organischer Farbmitteln in Künstlerfarben geradezu beispielhaft nach: Alle Farbmittel wurden hinsichtlich ihrer Beständigkeit getestet,[360] die Pigmente sind – wenn auch nur mit dem Substanzklassennamen – deklariert, die Tuben-Etiketten sind eindeutig gekennzeichnet und eine Beschreibung der maltechnischen Eigenschaften wird zur Verfügung gestellt. Außerdem sind die Prognosen hinsichtlich der Beständigkeit trotz der ‚Hochwertigkeit' der T-Farben bescheiden gehalten. In der 16. Lieferung der *Maltechnischen Mitteilungen* heißt es, dass „*kein organisches Pigment […] unzerstörbar (ist). Die Erdfarben werden ebenso wie gewisse Mineralfarben noch dann farbig wirken, wenn der Kohlenstoff jener Gebilde längst oxydiert und in unsichtbares Gas oder grauweißes Salz verwandelt ist. Die Farbentechniker von Schmincke konnten trotzdem aus der Familie des Kohlenstoffs eine kleine Anzahl hochwertiger Malfarben so bereiten, dass diese sich selbst für höchste Qualitätsarbeit eignen*."[361]

Von Schmincke selber werden die ‚T-Farben' aber nicht nur beworben, sondern auch zur Etablierung bzw. Positionierung der Firma auf dem Gebiet der Verwendung synthetischer organischer Farbmittel in Künstlerfarben genutzt. Schon der einleitende Abschnitt in der 16. Lieferung der *Maltechnischen Mitteilungen* belegt diese Absicht:

> „*Über die Eignung der Teerfarbstoffe für hochwertige Malerei bestanden in Kunstkreisen bis vor kurzem noch starke Zweifel. Um der Unsicherheit ein Ende zu bereiten, sind seitens der Künstlerfarbenfabrik H. Schmincke & Co. eingehende Beobachtungen angestellt worden, deren Ergebnis ihr Inhaber und Leiter, Dr. J. Hesse, zum Teil in einem Vortrag der ‚Deutschen Gesellschaft für rationelle Malverfahren zu München' vorgeführt hat, und deren Abschluss nunmehr eine endgültige Einstellung zu diesem Problem ermöglicht*."[362]

357 Schmincke's Maltechnische Mitteilungen (1933), Lieferung 16.
358 Hesse (1933), S. 85.
359 Schminckes Maltechnische Mitteilungen, H. Schmincke & Co. (ed.), Lieferung Nr. 1 bis 10, neu bearbeitet, Düsseldorf, Ausgabe 1925.
360 Genaue Angaben zur Durchführung der Test werden nicht veröffentlicht. Schmincke versichert aber in den Mitteilungen, dass *„...der Maler, der bedenkenlos mit Krapplack arbeitet, ohne weiteres auch die fachmännisch geprüften und praktisch bewährten T-Farben aus der maltechnischen Werkstatt Schmincke verwenden (kann)."* Vgl. Schmincke's Maltechnische Mitteilungen (1933), Lieferung 16, S. 2.
361 Schmincke's Maltechnische Mitteilungen (1933), Lieferung 16, S. 2.
362 Ebenda.

9.2.6. Zusammenfassung und Auswertung

Die Artikel und Diskussionen in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* (TM) spiegeln im Betrachtungszeitraum von 1884 bis zum Ende der 1930er Jahre zum Teil sehr eindrücklich die zeitgenössischen Auseinandersetzungen über Malmaterialqualitäten für die unterschiedlichen Anwendungsbereiche wider; dabei spielen die synthetischen organischen Farbmittel bis in die 1920er Jahre eine signifikante Rolle. Deren Verwendung in bzw. Bedeutung für Künstlerfarben steht dabei aber im engen Zusammenhang mit anderen Farbenqualitäten wie bspw. Dekorations- oder sogar Anstrichfarben.[363]

Im Zeitraum von 1884 bis etwa 1907 dienen die synthetischen organischen Farbmittel als *Anilinfarben*, *Teerfarben*, *Teerfarblacke* oder *Teerfarbstoffe* im Kontext der Debatten um Farbenqualität und Farbenfälschungen sowie chaotischer Farben-Nomenklatur zunächst meist als Synonym für schlechte Farbenqualität und werden dadurch ein Projektionsziel der Qualitätsbemühungen. Das negative Image verändert sich erst allmählich im laufe der Jahre. Dieser Akzeptanzprozess korrespondiert einerseits wohl mit tatsächlicher Innovation auf dem Farbmittelsektor - so kommt nach den roten Pigmenten PR 1 (Pararot, 1885) und PR 3 (Toluidinrot, 1904) ja erst 1910 mit PY 1 (*Hansagelb*) das erste gelbe unverlackte synthetische organische Pigment auf den Markt; aber andererseits wohl aber auch mit dem Qualitäts-Regulativ des Marktes. Die negativen Auswüchse der Farbenfälschungen, wie z.B. Etikettenschwindel oder das Verschneiden von Farbmitteln bis zur Unbrauchbarkeit, konnten sich zwangläufig nicht lange am Markt behaupten.

So zeichnet sich schon 1903-1904[364] in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* deutlich ein Schwerpunkt zum Thema Farbenqualität und Farbenschwindel ab, der 1905 im *Kongress zur Bekämpfung der Farben- und Malmaterialien-Fälschungen*[365] im Rahmen des *Deutschen Malertages* in München gipfelte. Auch danach stehen die synthetischen organischen Farbmittel (Teerfarbstoffe) wiederholt im Mittelpunkt des Interesses; Polemik und Emotionalität weichen aber zunehmend dem sachlichen Kontext.[366] Die synthetischen organischen Farbmittel werden aus dem grundsätzlichen Farbenqualitätskontext herausgelöst; diese Beiträge stammen dann meist von Chemikern. Vor allem durch Eibners Publikationen (1905-1908)[367] wird den Teerfarbstoffen viel Platz eingeräumt. Aber immer noch bieten die *Technischen Mitteilungen für Malerei* auch den polemischen Auseinandersetzungen zu diesem Thema eine Bühne.

Noch nach dem Ende des ersten Weltkrieges kommen mit der Diskussion und Ablehnung der Ostwald Normfarben (1919-1922)[368] die synthetischen organischen Farbmittel wieder in die negativen Schlagzeilen, werden aber bald darauf durch Wagners Artikel (1922-1924)[369] über Farbenproduktion und Farbenhandel wieder in eindeutig sachlichen Kontext gestellt. Zu der Zeit scheinen die synthetischen organischen Farbmittel offenbar auch in Künstlerfarben in begrenztem Ausmaß akzeptiert zu sein. Grundsatzhinterfragung findet dazu nicht mehr statt. Die Skepsis bleibt aber; dafür sorgen nicht zuletzt die Malmaterialien-Bücher (Vgl. 9.1.5.). Die Prüfung und Kennzeichnung der relevanten Farbtöne ist oberstes Gebot und die Erfüllung dieser Anforderung ist entscheidend für die Akzeptanz als Künstlerfarben-Qualität; das Beispiel von *Schmincke* ist dabei vorbildlich und erfüllt nahezu die Forderung, *“dass nur einwandfrei geprüfte Teerfarbstoffe und bezeichnet mit T […] eingeführt werden,*

363 Dazu trägt vor allem bei, dass der relativ kleine Künstlerfarben-Anwendungsbereich im Prinzip direkt von der auf ökonomisch wichtigere Anwendungsgebiete ausgelegten Innovation am Farbmittelsektor profitiert. Außerdem muss berücksichtigt werden, dass die vom jeweiligen Farbenhersteller oder Zwischenhändler zu verschiedenen Farbenqualitäten verarbeiteten Farbmittel bzw. Pigmente von den gleichen Bezugsquellen kommen, nämlich von der Farbstoffindustrie bzw. aus den Pigmentfarbenfabriken. Ob und in welcher Farbenqualität die jeweiligen synthetischen organischen Farbmittel zum Einsatz kamen, wurde daher großenteils vom Zwischenhandel oder den Verarbeitungsbetrieben gesteuert.

364 Keim (1904-a bis i).

365 Vgl. Kongress zur Bekämpfung der Farben- und Mal-Materialfälschungen. Protokoll (1905-a).

366 Der Stil des Journals wurde teilweise deutlich von den redaktionell verantwortlichen Personen geprägt. Das ist besonders im Zeitraum von 1884 bis 1913 auffällig, als Keim für die Redaktion verantwortlich war und in dieser Zeit auch einen großen Publikationsanteil schreibt. Die Periode ist gekennzeichnet durch einen hohen Faktor an Emotionalität, der die Diskussionen oft zu Streitereien degradiert. Einen deutlichen Schritt Richtung Versachlichung der veröffentlichten Beiträge lässt sich dann seit der Übernahme der Redaktion 1919 durch Trillich erkennen. Kontrovers diskutierte Themen führen aber auch danach noch zu unsachlicher Themenverzerrung; dazu gehören auch die Meinungsverschiedenheiten zu Ostwalds Farbenlehre.

367 Eibner (1905-b); Eibner (1908 a-c).

368 Trillich (1921-a); Trillich (1921-b).

369 Wagner (1922); Wagner (1924-b).

und zwar unter ihrem richtigen Namen […].“[370] Dieser Aspekt wird dann durchaus auch bewusst zu Werbezwecken eingesetzt, wiederum evident bei *Schmincke*.[371]

Einige Fragen, die für eine Wertung des Materials aus den *Technischen Mitteilungen für Malerei* wichtig gewesen wären, konnten im Zuge der vorliegenden Arbeit nicht eindeutig geklärt werden. So muss offen bleiben, welche Leserschaft das Fachjournal tatsächlich jeweils erreichte. Nach Trillich[372]schwankte die Auflagenzahl bis 1928 zwischen 2000 und 4000; ob und wie sich die Struktur der Leser entwickelte, ist dort nicht belegt. Außerdem ist zu bedenken, dass die oft langwierigen und ausufernden Diskussionen in den Jahren unter Keim (bis 1913) zwar viel Raum einnehmen und die Fakten dadurch nicht immer einfach herausgefiltert werden können, allerdings diese Periode auch den Vorteil hat, dass Meinungen und Tendenzen deutlicher ablesbar sind, als in den sachlichen, aber knapperen Publikationen der Zeit ab etwa 1920. Für diesen Zeitraum konnte weniger Material ausgewertet werden, als für die Periode bis zum Beginn des Ersten Weltkrieges 1914.

Auch hinsichtlich der Verwendung von synthetischen organischen Farbmitteln in Künstlerfarben kann zwar die Frage des Angebots geklärt bzw. zumindest teilweise beantwortet werden - die Farbenlisten von *Schmincke* (siehe 9.2.5.4. bzw. 9.4.1.) spiegeln einen Teil des Angebots gut wieder - offen bleibt jedoch, ob diese Farben den gleichen Stellenwert und die Akzeptanz erreichten, wie die traditionellen Töne. Dazu notwendige Produktions- oder Verkaufszahlen konnten nicht ermittelt werden. Zumindest belegt ein Beitrag von 1929 über ‚günstiges' *Hansagelb* (PY 1 oder PY 3) und die ‚kostspieligen' Kadmiumgelbpigmente,[373] dass unter Umständen auch der Verkaufspreis eine ausschlaggebende Rolle spielen konnte. Allerdings wohl auch nur dann, wenn es sich um ein maltechnisch empfehlenswertes Pigment handelte.

370 Doerner (1933), S. 70.
371 Schminckes Maltechnische Mitteilungen (1933).
372 Trillich (1928), S. 21.
373 Hebberling (1929).

9.3. Exkurs: Verwendung und Akzeptanz von synthetischen organischen Farbmitteln in Künstlerfarben im europäisch-internationalen Kontext

Nicht nur in Deutschland sondern auch im europäischen Ausland und Übersee nahmen Besorgnis um Materialqualität und Farbenfälschungen seit Ende des 19. Jahrhunderts zu.
Während man in Deutschland die englischen sowie französischen Künstlerfarben aufgrund ihrer Qualität schätzte und oft den deutschen Produkten vorzog,[374] dürfte wohl der Farbenmarkt in den anderen europäischen Ländern auch nicht nur von Qualitätsware dominiert gewesen sein. Jedenfalls legt dies der historische Kontext nahe. Unter wirtschaftsgeschichtlichen Gesichtspunkten kann der Künstlermaterialienhandel nicht von den allgemeinen Produktions- und Handelsentwicklungen ausgenommen werden.[375] Schon seit Anfang des 19. Jahrhunderts kam im Vertrieb und Warenabsatz dem Zwischenhandel eine wachsende Bedeutung zu. Dabei war die Verfälschung von Konsumgütern als kommerzielle Praxis zur Gewinnsteigerung eine verbreitete Folgeerscheinung, von der eben auch die Künstlermaterialien nicht ausgenommen waren.[376] Im Zuge dessen kamen die synthetischen organischen Farbmittel als Substitute bzw. Schönungsmaterialien nicht nur in Deutschland zu ihrem zweifelhaften Ruf, sondern wurden auch im europäischen Ausland zunächst vor allem mit schlechter Farbenqualität assoziiert.
Für eine über den deutschsprachigen Raum hinausgehende Auswertung von Verwendung und Akzeptanz synthetischer organischer Farbmittel in Künstlerfarben konnte im Rahmen dieser Arbeit nur begrenzt Material recherchiert werden. Im folgenden Abschnitt werden daher nur einige wenige Aspekte aus der relevanten englischsprachigen Fachliteratur aufgegriffen, die sich vor allem auf den Umgang mit synthetischen organischen Farbmitteln in England und zum Teil auch auf die Situation in Amerika beziehen und dadurch die vorangegangenen Kapitel zum deutschsprachigen Raum sinnvoll ergänzen.

9.3.1. Verwendung synthetischer organischer Farbmittel in britischen Künstlerfarben im späten 19. Jahrhundert

Malerhandbücher und Farbenherstellerkataloge
In dem Zusammenhang ist vor allem die Dissertation von Carlyle (2001) aufschlussreich, die sich mit den britischen Quellen zur Ölmalerei im 19. Jahrhundert auseinandersetzt und die gesamte maltechnische Literatur sowie umfangreiches Künstlerfarbenhersteller-Archivmaterial berücksichtigt.[377] Die Auswertung zur Verwendung synthetischer organischer Farbmittel mit dem Untertitel *Coal tar colours* fällt relativ knapp aus,[378] da den neuen Farbmitteln in den zeitgenössischen britischen Quellen kaum Bedeutung für Künstlerfarben beigemessen wurde.
Die aufschlussreichsten Hinweise entnimmt Carlyle dabei der von Salter für *Winsor & Newton* revidierten Ausgabe von *Field`s Chromatography* aus dem Jahr 1869.[379] Die Entdeckung des ersten synthetischen Farbstoffes durch Perkin 1856 wird dort erwähnt. Salter vermerkt, dass *Mauve*, *Magenta* und einige andere Töne zwar als Pigmente eingeführt wurden, es der ganzen Farbmittelgruppe aber an Beständigkeit fehle und dazu noch der Nachteil des Ausblutens in Papier oder Leinwand kommt. Dennoch beschreibt der Autor die Herstellungsmethoden für Teerfarbenlacke[380] und gibt außerdem

374 Vgl. Kap. 9.2.4.2. (Tendenzen und Schwerpunkte 1913-1914).
375 Vgl. Pohl et al. (1983), S. 1-2: Durch technische und organisatorische Veränderungen während der industriellen Revolution wurden die Arbeitsteilung und Spezialisierung sowie zunehmend die Fabrik- und Massenproduktion forciert. Die industrielle Revolution ließ als langfristiger Prozess vorindustrielle und industrielle Produktionsweisen über Jahrzehnte nebeneinander bestehen. Die Anfänge im 18. Jahrhundert bis ca. 1830 können als Vorbereitungsphase und der Zeitraum von 1830 bis 1850 als Frühindustrialisierungsphase bezeichnet werden. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts vollzog sich dann in Deutschland die komplette Umgestaltung von Wirtschaft und Gesellschaft.
376 Carlyle (1993), S. 55-57.
377 Carlyle (2001): Auswertung von Malerbüchern und Traktaten des 19. Jahrhunderts zur Ölmalerei in Kombination mit Informationen aus Katalogen der Künstlerfarbenhersteller *Winsor & Newton*, *Reeves* und *Rowney*.
378 Carlyle (2001), S. 158-159*: Chapter 8: Oil Paint and Pigments/Nineteenth-century pigments/Coal tar colours.*
379 Vgl. Carlyle (2001), S. 299/Appendix 2: *Chromatography; or, A Treatise on Colours and Pigments, and of their Powers in Painting, & c., by George Field, First Edition, London, 1835.* Revidierte Ausgabe: Vgl. Carlyle (2001), S. 300/ Appendix 2: Thomas W. Salter, *'Field's Chromatography; or, A Treatise on Colours and Pigments, as used by Artists.' An Entirely New and Practical Edition: Revised, Rewritten, and Brought Down to the Present Time*, London, Winsor and Newton, 1869.
380 Carlyle (2001), S. 162, Anmerkung 22: *„Cakes of red, blue, violet […] hues, may be prepared for painting, by combining the colours with a mixture of starch and alumina, or with soap and alumina in a moist state – thus: 150 parts of white curd soap, dissolved in 1000 parts of hot water, are mixed with an alcoholic or a methylated spirit solution of six parts of the crystallized or*

eine Anleitung, um Anilinfarben für Ölmalerei zu adaptieren.[381] Nur eine Teerfarbe beschreibt Salter detailliert: *Chinese Orange*; dabei wird auf die Gefahr hingewiesen, dass der rote Anteil dieses Pigments ausbleichen könnte.

Carlyle findet nur noch in einem weiteren britischen Malerhandbuch einen Abschnitt, der den Teerfarben gewidmet ist, und zwar bei Muckley im Jahr 1893.[382] Der Autor warnt hauptsächlich vor den *coal tar* Farben, die für die Malerei ungeeignet sind und rasch verblassen.[383] Bei Seward[384] und Vibert[385] wird jeweils *Magenta* erwähnt; bei Vibert außerdem noch *Mauve*, immer wird vor ihrem Gebrauch gewarnt.[386] Vibert beschreibt ein stabiles *Orange*, dass *LeFranc & Co.* aus *coal acid* und *Naphtalin* herstellen; es sollte aber alleine verwendet und nicht mit Weiß gemischt werden.[387]

Ungeachtet solcher Warnungen und der ablehnenden Haltung der Malerhandbücher werden die Teerfarben aber von den Künstlerfarbenherstellern aber trotzdem angeboten. Nach Carlyle finden sich in den Katalogen der britischen Farbenhersteller einige Hinweise darauf.[388]

Magenta und *Mauve* fallen durch ihre neue Namen auf, die zuvor noch kein Pigment getragen hatte. Beide Farbtöne sind im *Reeves*-Katalog von 1872 ausschließlich als trockenes Pigment aufgelistet (vorhergehender Katalog: 1870). *Winsor & Newton* hatte diese Farben bis 1886 nicht auf der Liste. 1892 bieten beide Farbenhersteller dann *Permanent Mauve* an, allerdings handelt es sich dabei bei *Winsor & Newton* laut Katalog von 1896 um ein Manganphosphat, bei *Reeves* um eine Alizarin-Verbindung.[389] *Geranium Lake* findet sich im *Winsor & Newton* Katalog von 1886 (vorhergehender Katalog: 1883). Auch in einem *Reeves*-Katalog von 1892 wird *Geranium Lake (aniline)* aufgelistet. *Winsor & Newton* geben im Katalog von 1896 zu, dass *Geranium Lake* aus einem unbeständigen synthetischen Farbstoff hergestellt wurde. Muckley,[390] der Farben aus den Herstellerkatalogen auflistet, hat in seinem Buch 1893 auch *Geranium Lake* unter den Anilinfarben angeführt. Dieser finden sich laut Muckley hauptsächlich in den Katalogen der ausländischen (nicht britischen) Farbenhersteller. Andere Farbennamen, die Muckley diesen Listen entnimmt sind: *Rouge Cartheme, Rouge Geranium, Laque de Perse, Tyrian Purple, Light* und *Dark Violet, Vert Lumienere sowie* einige Gelbs and Blaus.[391] *Chinese Orange*, 1869 bei Salter erwähnt, wurde auch als Anilinfarbe identifiziert. Der erste *Winsor & Newton* Katalog, der *Chinese Orange* führt, ist von 1896 (vorhergehender Katalog: 1892). Bei *Reeves* wird 1864 *Pure Orange* aufgeführt, das 1892 dann als *Pure Orange (Chinese)* aufscheint. *Synthetisches Alizarin* wird zwar seit den 1890er Jahren in den Farbenherstellerkatalogen als *Alizarin Red* aufgelistet wird, jedoch nur von Church erwähnt.[392]

Die in den Quellen erwähnten Verfälschungen oder Schönungen tatsächlich nachzuweisen, erwies sich bisher als schwierig. Bei materialanalytischen Untersuchungen[393] an Musterbüchern britischer Farbenhersteller aus dem späten 19. Jahrhundert wurden die so genannten Anilinfarblacke[394] überhaupt

solid coal tar colour. To this are added 250 parts by weight of washed gelatinous alumina. The whole is well stirred, collected on a filter, drained and dried. Several hues […] may be obtained by compounding: for instance, an orange is produced on admixture of picric yellow with aniline red, or a green by adding the same yellow to aniline blue." (zit. nach Salter, 1869, pp. 163-4).

381 Carlyle (2001), S. 162, Anmerkung 22: *„[…] Aniline colours may be adapted for oil painting by dissolving them in the strongest alcohol, saturating the solution with Dammar resin, filtering the tincture and pouring the filtrate either on pure water or solution of common salt, stirring well all the time. The water or brine solution must be at least twenty times the bulk of the tincture. The colour after being collected on a filter, washed, and dried, can be ground with linseed oil, poppy oil, or oil varnishes."* (zit. nach Salter 1869, pp. 247-8).

382 Vgl. Carlyle (2001), S. 314/Appendix 2: *Muckley, Willam Jabez (1893/4th edition), 'A Handbook for Painters and Art Students on the Character and Use of Colours, Their Permanent or Fugitive Qualities, and the Vehicles Proper to Employ. Also Short Remarks on the Practice of Painting in Oil and Watercolours. With an Appendix Giving Permanent Hues and Tints', London, Fourth edition. 1893.*

383 Carlyle (2001), S. 159 (*Muckley: 1893, p. 168*).

384 Vgl. Carlyle (2001), S. 322/Appendix 2: *Henry F.C.S. Seward, Manual of Colours, Showing the Composition and Properties of Artists' Colours, With Experiments on Their Permanence., London, G. Rowney & Company, Manufacturing Artists' Colourmen, Second Edition, 1889.*

385 Vgl. Carlyle (2001), S. 329/Appendix 2: *Jehan George Vibert, The science of Painting, A Translation from the Eighth edition, London, 1892.*

386 Carlyle (2001), S. 159 (*Seward: 1889, p. 66*).

387 Carlyle (2001), S. 159 (*Vibet: 1892, p. 168*).

388 Carlyle (2001), S. 159: *Coal tar colours/Availability*.

389 Ebenda.

390 Carlyle (2001), S. 159 (*Muckley, 1893, p. 124*).

391 Ebenda.

392 Carlyle (2001), S. 159: (*Church 1890, p. 153*); Sir Arthur Herbert Church, The Chemistry of Paints and Painting, London, First edition, 1890.

393 Townsend et al. (1995), S. 76.

394 Unter *Anilinfarben* bzw. auch *Anilinfarbstoffen* versteht man aus Anilinbasen und deren Derivaten hergestellte Farbmittel;

nicht nachgewiesen, was die in zeitgleichen Malerbüchern kolportierten Warnungen zumindest für hochwertige britische Künstlerfarben im ausgehenden 19. Jahrhundert relativiert. Rote natürliche Farblacke wurden gegebenenfalls mit verschiedenen Rezeptur-Kombinationen verbessert.[395]
Bei der Bewertung dieser Resultate muss beachtet werden, dass sich die Untersuchungsergebnisse meist auf Farben hoher Künstlerqualität beziehen und die korrespondierenden Malschichtuntersuchungen oft nur eine sehr kleine Auswahl von Werken bekannter Künstler betreffen.[396] Townsend[397] erwähnt in der Auswertung der Studien zu Verfälschungen und Substituten auch, dass die Warnungen in den Malmaterialienbüchern wahrscheinlich am meisten Relevanz für die Händler von Dekorationsfarben gehabt haben dürften; deren Kunden war es hingegen wohl am wichtigsten, dass die Farbtöne einzelner Lieferungen nicht divergierten.[398] Wie die Debatten zur Materialqualität auch bei Dekorations- und Anstrichfarben in Deutschland zeigten, hörte die Toleranz aber immer dann auf, wenn Zusätze und Surrogate zur Verfälschung und deutlichen Qualitätsverschlechterung der Farben führten. Die Konsequenzen trug dann nämlich die farbenverarbeitende Branche; und genau diese Situation hatte in Deutschland Anfang des 20. Jahrhunderts quasi zu einer Allianz im ‚Kampf gegen Farbenschwindel und Farbenfälschung' geführt (Vgl. Kap. 9.2.1.).[399] Schon 1904 konstatiert Keim in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* eine deutliche Verbesserung des Qualitätsbewusstseins, zumindest im Dekorationsfarbensektor.[400]
Inwiefern der englische Farbenmarkt von ähnlichen Bemühungen dominiert wurde, ist nicht bekannt. Aber interessant sind in dem Zusammenhang die Äußerungen E. Bergers, der zum Ehrenmitglied der *Englischen Gesellschaft der Temperamaler* ernannt wurde und 1914 die *Deutsche Gesellschaft zur Förderung rationeller Malverfahren* (DG) scharf kritisiert. Laut Berger debattiert die englische Gesellschaft nicht über Farbenfabrikation, sondern tauscht sich lediglich über Erfahrungen mit dem (Mal-)Material aus.[401] Gegen diese Vorwürfe verwahrt sich der damalige DG-Vorsitzende, erläutert die Verpflichtung der DG und gibt zu bedenken, dass England auf dem Gebiet der (Künstler-) Farbenfabrikation auf besserem Stand als Deutschland sei (siehe 9.2.4.2.).[402]
Zumindest hatte *Winsor & Newton* in England hinsichtlich der Bekanntmachung der Zusammensetzungen und Beständigkeit der Künstlerfarben mit dem *Statement of Policy 1892*[403] eine gewisse Vorreiterrolle übernommen. Nachdem aber die Künstlerfarbenhersteller das Material ebenfalls aus verschiedenen Quellen und gegebenenfalls von Zwischenhändlern bezogen, sind falsche Angaben durch Fehlinformation durchaus auch in solchen Listen von *Winsor & Newton*, möglich.[404]
Dass auch der Qualitätsfarbenhersteller *Winsor & Newton* sukzessive synthetische organische Farbmittel einführte, konnte anhand von Katalogmaterial nachgewiesen werden. Die neuen Pigmente wurden aber vor allem unter dem Aspekt der ‚Innovation' und nicht als ‚Verfälschung' eingeführt (siehe Kap. 9.4.2.).

---

die Begriffe wurden aber oft synonym für *Teerfarben* bzw. die frühen synthetischen organischen Farbmitteln im Allgemeinen verwendet.

395 Townsend et al. (1995), S. 76; Vgl. auch De Keijzer/Van d. Berg (2003): Untersuchungen zu roten Farblacken bei Van Gogh (1853-1890).

396 Vgl. Townsend et al. (1995), S. 65, S. 74: Es wurden im Rahmen der Studie keine Gemälde untersucht, sondern nur bereits vorliegende Untersuchungsergebnisse einbezogen. Um herstellerbedingte ‚Verfälschungen' in den Farben beurteilen zu können und auszuschließen, dass die Farbe durch den Künstler verändert bzw. gemischt wurde, konnten nur die wenigen 19. Jahrhundert-Künstler einbezogen werden, von welchen bereits eine repräsentative Auswahl von Gemälden in der *Tate* untersucht wurde [z.B. Whistler (1834-1903), Turner (1775-1851), Sargent (1856-1925) und Hunt (1827-1910)].

397 Ebenda.

398 Townsend et al. (1995), S. 77.

399 In den Jahrgängen 20 und 21 (1903-1904) der *Technischen Mitteilungen für Malerei* zeichnet sind deutlich ein Schwerpunkt zum Thema Farbenqualität und Farbenschwindel ab. Vgl. Kap. 9.2.2.

400 Keim (1904-e), S. 258: Keim erläutert, dass sich in *„interessierten Kreisen Vereinigungen bildeten zu dem Zwecke, sich durch geeignete Aufklärung, Belehrung und Untersuchung für ihre Geschäftsbetriebe zweckentsprechende und haltbare Materialien zu sichern."*

401 Kaemmerer (1913), S. 65-66.

402 Kaemmerer (1913); Vgl. auch Kap. 9.2.4.2.

403 Winsor & Newton (1997), S. 2: *Winsor & Newton* war der erste Künstlerfarbenhersteller, der schon 1892 Angaben zur Zusammensetzung und Stabilität der Farben veröffentlichte.

404 Townsend (1995), S. 77: Die Autoren interpretieren die Veröffentlichung von Zusammensetzung und Farbenbeständigkeit von *Winsor & Newton* in dem Zusammenhang eher als ‚unbedarft' denn als ‚zynisch'.

9.3.2. Entwicklungstendenzen in den USA im frühen 20. Jahrhundert

Von den Entwicklungstendenzen auf dem US-amerikanischen Farbenmarkt berichtet in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* zu Beginn des 20. Jahrhunderts sporadisch Charles Uebele, der in den USA als Farbentechniker (Firma *Harrison Brothers & Cie.*, Philadelphia) arbeitet. Seine Zuschriften beziehen sich auf Farbenfälschungen und die Verwendung synthetischer organischer Farbmittel in den USA, betreffen aber vor allem den Markt für kommerzielle Farben. Künstlerfarben werden allenthalben peripher erwähnt.

Uebele berichtet in einem Brief vom 13. Dezember 1903 über den *Fortschritt des gesetzlichen Schutzes gegen Farbenverfälschungen auf dem US-amerikanischen Markt*.[405] Zum damaligen Zeitpunkt war nur in einem von 45 Staaten (in Minnesota, 1894) ein Gesetz zur Deklarierung von Nahrungsmitteln sowie Gebrauchsgegenständen erlassen worden, das auch alle Malmittel und Anstrichfarben einschließt. In drei weiteren Bundesstaaten existieren lediglich Gesetze, welche die Etikettierung von Binde- und Verdünnungsmittel vorschreiben. Sowohl der amerikanische Verband der Farbenproduzenten als auch der Anstreicher- und Dekorationsmalerverband zeigen sich um eine Durchsetzung des Farbenschutzgesetzes bemüht. Das Problem mit falscher Etikettierung scheint sich inzwischen (1903), so Uebele, in den USA deutlich verbessert zu haben: *„…die altrenommierten Farbenfabriken hierzulande hüten sich […], ihre Firma auf einer Etikette zu haben, die auf einer Tube, Blechbüchse oder einem Fasse aufgeklebt ist, dessen Inhalt nicht der Etikette entspricht. Vor zehn bis fünfzehn Jahren ließ sich das nicht behaupten*."[406] Das Problem ist vielmehr der Zwischenhandel. Die geschilderte Situation gleicht der in Deutschland:

> *„Bei der Massenfabrikation und dem riesigen Wettbewerb ist es selbstverständlich, dass die Waren in die Hände von Großhändlern und von diesen […] den Kleinhändlern zugehen, ehe sie in die Hände der Konsumenten gelangen. Die Fabrikanten sind in gewissem Sinne von den Händlern abhängig, und diese wiederum verkaufen am liebsten solche Ware, die ihnen den größten […] Profit abwirft. […] Ich habe tausende von Beispielen dafür gefunden, in der Untersuchung von Mustern betreffend trockene Pigmente, in Oelfarben geriebene Anstreicherfarben und sogar in den Künstler-Tuben-Farben."*[407]

Der Autor verdeutlicht die Situation am Beispiel eines Schüttgelbs, das mit Anilingelb[408] geschönt und als ‚französischer gelber Lack' etikettiert worden war.

1907 publizieren die *Technischen Mitteilungen für Malerei* wieder eine interessante Zuschrift von Uebele aus den USA, die unter dem Titel *„Zum Kapitel der Lichtbeständigkeit unserer Mal- und Anstrichfarben"* erscheint, sich aber auf den Umgang bzw. die gesetzlichen Richtlinien hinsichtlich Zinnober und Mennige in den USA bezieht.[409] Von der US Army und der Marine, die große Quantitäten verbrauchen, wurden strikte Vorschriften in Bezug auf die Etikettierung von Anstrichfarben erlassen. Durch diese Regeln ist Zinnober ‚verpönt'; stattdessen wird eine Mischung von 82% *Orange Mennige* und 18% *Litholrot* (PR 49, 15630; verlacktes ß-Naphthol-Pigment, Anm.) verwendet.

Uebele berichtet, dass *Vermillonette* (Bleimennige, geschönt mit Eosin, Zusätze aus Schlemmkreide, Schwerspat etc.), der Zinnoberersatz für billige Großaufträge, inzwischen durch *Paranitranilin* (PR 1, 12070) und *Betanaphthanilin* (PR 3, 12120) auf Baryt verdrängt wird. Inzwischen verbrauchen die US amerikanischen Vereinigten Ackerbaugeräte-Fabrikanten pro Jahr ca. 1000 t von diesem Pigment, das 5-6% Teerfarbstoff und 94-95% Schwerspat enthält; dieses Rot ersetzt den Zinnober für den Einsatzbereich.

Für Künstler sind auf dem maltechnischen Sektor in Nordamerika bis in die 1930er Jahre vor allem die englischen maltechnischen Werke relevant.[410] Einige Autoren weisen darauf hin, dass auch in den Maltechnik-Büchern in Amerika – ähnlich wie in den deutschen Maltechnikschriften – vor den synthetischen organischen Pigmenten gewarnt wurde.[411]

---

405 Uebele (1904), S. 218-219.
406 Uebele (1904), S. 218.
407 Uebele (1904), S. 218-219.
408 Schultz (1914), S. 17: Amidoazobenzol (auch Spritgelb) = Schultz No. 31.
409 Uebele (1907), S. 83-84; Zuschrift vom 13. Mai 1907.
410 Vgl. Marontate (1997), S. 266: Gettens gibt im Rahmen eines Maltechnikkurses für kanadische Künstler im Jahr 1941 die folgende Publikationen als Referenzen an: Church (1914, 4th Edition), Eastlake (1847/1869), Laurie (1911), Merrifield (1849).
411 Lake/Lomax (2007), S. 187.

9.4. Synthetische organische Farbmittel in Katalogen und Preislisten ausgewählter Künstlerfarbenproduzenten – Ergebnisse aus Archiv- und Literaturrecherchen

Für hochwertige Künstlerfarben müssen Zeitpunkt und vor allem Umfang der Einführung von synthetischen organischen Farbmitteln mit Vorsicht beurteilt werden.
Schon bei materialanalytischen Untersuchungen[412] an Musterbüchern britischer Farbenhersteller (um 1900) konnte festgestellt werden, dass zwar die angeführten Bezeichnungen nicht immer Rückschluss auf die Inhalte der Farben garantieren, aber andererseits viele der nicht deklarierten Rezepturveränderungen die Farbqualität eher verbesserten. Anilinfarblacke wurden überhaupt nicht nachgewiesen. Rote natürliche Farblacke, deren Lichtechtheiten oft zu wünschen übrig ließen, wurden gegebenenfalls mit verschiedenen Rezeptur-Kombinationen verbessert.[413] Eine Sonderstellung nimmt generell synthetischer Alizarinkrapplack ein,[414] der als Ersatz für den natürlichen Farblack schon im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts verwendet wird. Dessen Lichtechtheit wird sogar als Norm für Künstlerfarbentauglichkeit anderer synthetischer organischer Farbmittel herangezogen.[415]
Um die Verwendung von synthetischen organischen Farbmitteln in Künstlerfarben in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu überprüfen, konnten Archivmaterialien ausgewählter europäischer Hersteller ausgewertet und Hinweise auf Farblacke oder synthetische organische Pigmente recherchiert werden. Daten von deutschen Herstellern wie *Schmincke*, *Schoenfeld* und *Wagner* (*Pelikan*), von *Winsor & Newton* (Großbritannien), *Talens* (Niederlande) und von *Siegle* (einem so genannten ‚Pigmentfarbenhersteller' aus Deutschland) wurden in die Untersuchung einbezogen.
Während die Auswertung des Materials zahlreiche Hinweise für die Verwendung synthetischer organischer Farbmittel lieferte, war die Ermittlung der genauen Identität der Farbmittel wesentlich schwieriger. Nur in Ausnahmefällen wurde die genaue chemische Zusammensetzung publiziert. Teilweise konnte diese jedoch durch Sekundärliteratur ermittelt werden; in wenigen Fällen auch durch die eigenen Untersuchungen an Farbmusterkarten.

9.4.1. Deutsche Künstlerfarbenhersteller

Von deutschen Künstlerfarbenherstellern stand nur wenig Archivmaterial zur Verfügung. Durch die umfangreichen Zerstörungen in den Kriegsjahren sind viele Archivalien verloren gegangen. Die Verknüpfung von Informationen aus zeitgenössischer Fachliteratur mit der Auswertung einzelner Musterkarten vermittelt aber zumindest einen Einblick.[416]
Offenbar verwendete man – in welchem Umfang bleibt unklar – zum Teil wenig lichtbeständige Farblacke. ‚Gefälschte' Farben interessierten nicht nur die Fachkreise der Künstler und Dekorationsmaler, sondern fanden durchaus auch Eingang in die Tagespresse. So findet sich am 30. September 1900 in der *Münchner Allgemeinen Zeitung* eine Notiz in Ergänzung eines zuvor erschienenen Berichtes über gefälschte Farben.[417] Einem Künstler waren etliche Aquarelle ‚verdorben', weil er *Hellrosa Lack*, eine Anilinfarbe von **Schoenfeld & Co.** (heute *Lukas*, Düsseldorf)[418] verwendet hatte. Von Herstellerseite aus wird richtig gestellt, dass Preisliste und Katalog als eigene Rubrik geführt werden und die Schuld in diesem Fall den Künstler selber trifft, der sich nicht genügend über das Material informiert hat.[419]
Die bei Eipper aufgeführten Farbenlisten[420] weisen auf ein breites Angebot an Farblacken unterschiedlicher chemischer Konstitution, vor allem aber auf verschiedene Farbtöne von Alizarinfarblacken hin.

412 Townsend et al (1995), S. 76.
413 Ebenda; Vgl. auch De Keijzer/Van den Berg (2003): Untersuchungen zu roten Farblacken bei Van Gogh (1853-1890).
414 Alizarinsynthese 1868 durch Graebe/Liebermann; 1871 Beginn der großtechnischen Produktion (BASF).
415 Trillich (1925), S. 38.
416 Vgl. auch Eipper (1997), S. 1-21; zusammenfassende Auflistung vereinzelter Preislisteninhalte von *Lukas*, *Schmincke & Co.*, *Wagner* und *Schall-Farben* im Zeitraum 1900-1970; einige Preislisten auch aus den 1920er Jahren.
417 Warnung vor Anilinfarben (1900); Vgl. auch Kap. 9.2.2.
418 Die Firma *Dr. Fr. Schoenfeld* geht auf ein Künstlermaterialiengeschäft von Dr. Schoenfelds Vater gegenüber der Düsseldorfer Kunstakademie zurück, das dieser seit 1829 führte. 1896 wurde ein neuer Firmensitz gegenüber des Düsseldorfer Malkastens errichtet. Um 1900 wurde der Schutzpatron der Maler ‚Sankt LUKAS' das Zeichen aller *Schoenfeld*-Produkte. Vgl. http://www.lukas.eu/WEb_/index.html (access 5.10.2008).
419 Ueber die Anilinfaren der Firma Dr. Fr. Schönfeld & Co. (1900), S. 1-2.
420 Vgl. Eipper (1997), S. 2-21.

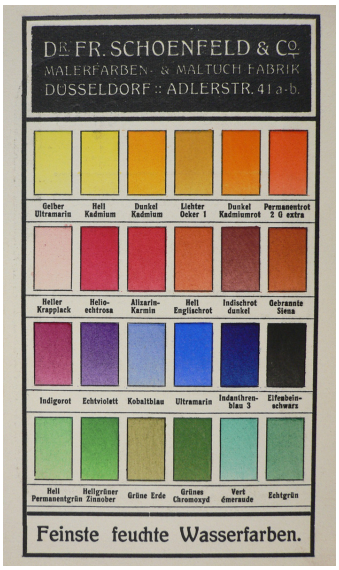


Abb. 54: Farbmusterkarte ‚feinster feuchter Wasserfarben' von *Schoenfeld & Co.*: *Permanentrot 2G extra*, *Helioechtrosa*, *Indigorot*, *Indanthrenblau 3* [Jaennicke (1913)].

Für **Schmincke & Co.** (Düsseldorf)[421] liegen für den Betrachtungszeitraum die Informationen aus den *Maltechnischen Mitteilungen*[422] der Firma und von ausgewählten Farbmusterkarten vor. In der 9. Lieferung der *Maltechnischen Mitteilungen*[423] warnt Schmincke vor überstürzter Einführung der Teerfarblacke, da viele zwar im Vollton beständig sind, in der Weissausmischung aber oft schnell verblassen. Der beigefügten Auflistung kann entnommen werden, in welchen *Schmincke*-Farbtönen synthetische organische Farbmittel 1911 enthalten waren:[424]

In *Horadam`s Patent-Aquarellfarben* sind das vor allem Alizarinrot-, Alizaringrün- und Alizarinblau-Farblacke; sowie für *Echtgrün,* ein grüner Teerfarblack aus Coeruleïn (C.I. Mordant Green 22, 45510), für *Echtviolett* ein Alizarinblau (Alizarin Blue, C.I. Mordant Dye, 67410) und Thioindigo (C.I. Vat Red 41, 73300) für *Indigorot*; in *Mussiniölfarben* wurde nur Alizarinkarmin (Alizarinfarblack) verwendet.[425] Auf den Etiketten der *Schmincke*-Farben werden die Teerfarblacke durch die Bezeichnung ‚T-Farben' kenntlich gemacht; dazu wird noch die nähere Bezeichnung der Teerfarbstoffe aufgedruckt.

Bis in die Mitte der 1920er Jahren sind die T-Farbensortimente offenbar deutlich ausgeweitet worden. Aus den *Maltechnischen Mitteilungen* (1925)[426] geht hervor, dass *Indischgelb IIa* eine Mischung einer mit Teerfarblacken versetzten Farbe ist. *Indischgelb-Ersatz*-Farbtöne sind Mischungen von lichtstarken Farblacken. *Indanthrengelblacke* (Kondensationsprodukte der Anthrachinonreihe; *Algol*-Gelbgruppe; *Bayer*-Produkte) werden in *Horadam`s Aquarellfarben* und *Mussiniölfarben* verwendet; für *Echtviolett*

421 Schmincke wurde 1881 unter dem Namen H. Schmincke & Co. von den Farbenchemikern Josef Horadam und Hermann Schmincke gegründet. Die Firma machte sich mit MUSSINI® Künstler-Harz-Ölfarben schnell einen Namen; 1892 folgten „HORADAM´s Patent-Aquarellfarben". - 1967 wurde die HKS®-Kooperation deutscher Druckfarbenfabriken Hostmann-Steinberg (H) und Kast & Ehinger (K) mit Schmincke (S) gegründet, um in Deutschland die Marktführerschaft für den Bereich der Designers' Gouache/HKS-Gouache (früher „Plakattempera" genannt) zu behalten. Vgl. http://www.schmincke.de/ unternehmen (access 5.10.2008).

422 Schminckes Maltechnische Mitteilungen (1925); Schmincke (1911-a; 1911-b; 1911-c).

423 Schmincke (1911-c), S. 203.

424 Schmincke (1911-b), S. 191.

425 Vgl. Die neuen ‚lichtechten' Teerfarbstoffe in ihrer Verwendung für die Kunstmalerei (In: TM, 28. Jg./Nr. 18) 1912, S. 170: Bezug nehmend auf die 10. Lieferung der *Maltechnischen Mitteilungen* von Schmincke (Vgl. TM, 28. Jg./Nr.17, 1912, S. 162), äußert sich Chemiker Dr. Ulrich (Elberfeld, 20. 2. 1912) enttäuscht über die Teerfarblack-Urteile von *Schmincke*. So seien *Helioechtblaulacke* falsch beurteilt worden (werden nicht ‚missfarbig'); *Heliochromgelb GL* und *Algolblau 3R* hätten aufgrund ihrer hervorragenden Lichtechtheiten berücksichtigt werden müssen, ebenso *Helioechtrosa RL* für Aquarell. Dieses übertrifft (auch in Weißausmischung) alle existierenden karminroten Teerfarblacke. Er weist außerdem auf einen Fehler hin: *Schmincke* schreibt, dass *Helioechtrot* weniger beständig sei als *Permanentrot II* (aus *Permanentrot 4R*), jedoch ist *Helioechtrot RL* chemisch identisch mit *Permanentrot 4R* (beide PR 3). Schmincke erwidert an Dr. Ulrich (Vgl. Die neuen „lichtechten" Teerfarbstoffe in ihrer Verwendung für die Kunstmalerei, TM, 28. Jg./Nr. 20, 1912, S. 184-185), dass *Helioechtrosa RL* noch zu teuer sei. *Helioechtblau* wurde bewusst schärfer beurteilt. *Schmincke* stellt außerdem einen Druckfehler richtig: *Permanentrot II*, *Rot mittel* (aus *Permanentrot R*; PR 4, 12085) und *Permanentrot III*, *Rot dunkel* (aus *Permanentrot 4R*, 94200, C.I. ?, Nitroso); der Vergleich zwischen *Permanentrot* und *Helioechtrot* wurde in der neuen Auflage gestrichen. Die Künstler werden aufgefordert, die Farben selber zu prüfen.

426 Schmincke's Maltechnische Mitteilungen (1925), S. 64-80.

kommt ein Farblack aus Säurealizarinblau (Alizarin Blue, C.I. Mordant Dye, 67410) zum Einsatz. *Indanthrenblau* wird in Mussinis *Solidblau* verwendet; *Echtblau* ist ein Farblack aus *Helioechtmarin*. In den Grüntönen findet sich als *Echtgrün* wohl immer noch ein grüner Teerfarblack aus Coeruleïn (C.I. Mordant Green 22, 45510). In den Rottönen kommen diverse synthetische organische Farbmittel vor. Der Farbton *Pigmentscharlach* ist ein mit Bariumsulfat verlacktes Naphthalinsulfonsäure-Pigment (PR 60, 16105:1 bzw. C.I. Mordant Red 9; 1902 patentiert). Für die Permanentrotreihe verwendete man ß-Naphthol-Pigmente, z.B. wurde der Farbton *Permanentrot II* aus *Helioechtrot RL* bzw. *Permanentrot 4R* (PR 3, 12120) hergestellt. Alle Farben von *Schmincke*, die synthetische organische Pigmente oder Farblacke enthalten, sind auch in den 1920er Jahren nach wie vor mit T gekennzeichnet.

In den 1930er Jahren adaptiert Schmincke die Form der T-Kennzeichnung. Die 16. Lieferung von *Schmincke's Maltechnischen Mitteilungen* widmet sich unter dem Titel *„Lichtstarke T-Farben für den Künstler"*[427] ausschließlich der Verwendung synthetischer organischer Farbmittel in den Künstlerfarbenserien *Schminckes*. Auch in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* erscheint dazu eine Notiz.[428] *Schmincke*-Inhaber Dr. Hesse berichtet, dass die neuen Teerfarbstoffe für die Eignung in Künstlerfarben getestet wurden und konstatiert, dass mit den *16. Maltechnischen Mitteilungen „das Gebiet der Teerfarbstoffe, wie es zur Zeit vorliegt, in ihrer Anwendung auf Öl-, Tempera- und Aquarelltechnik endgültig durchforscht"* sei und es *„der Praxis vorbehalten (bleibt), die Werte, die nunmehr klar und eindeutig zu Tage stehen, für die Kunst auszubeuten."*[429]

Die aus Teerfarbstoffen hergestellten Farben von *Schmincke* sind nun auf den Etiketten und in den Listen mit einer neuen Form des T-Zeichens gekennzeichnet, je nach Grad der Beständigkeit mit einem T mit TT oder mit TTT; das T steht in einem sechseckigen Benzolring; diese Art der Kennzeichnung hat *Schmincke* sich schützen lassen, um Missbrauch zu verhindern. Obwohl die Kennzeichnung übersichtlich ist und die maltechnischen Eigenschaften für jeden Farbton beschrieben werden, ist der Informationsgehalt hinsichtlich der Pigmentidentität geringer geworden, da *Schmincke* 1933 im Gegensatz zu 1925[430] nur die Substanzklassen veröffentlicht, und keine bzw. kaum Handelsnamen einzelner Pigmente. Für einige Farbtöne wird nur noch ‚kompliziert zusammengesetzte Pigmentfarbe' angegeben.

Abb. 55: Etiketten: T-Kennzeichen für Teerfarben (Schminckes Maltechnische Mitteilungen, 1925, S. 67).

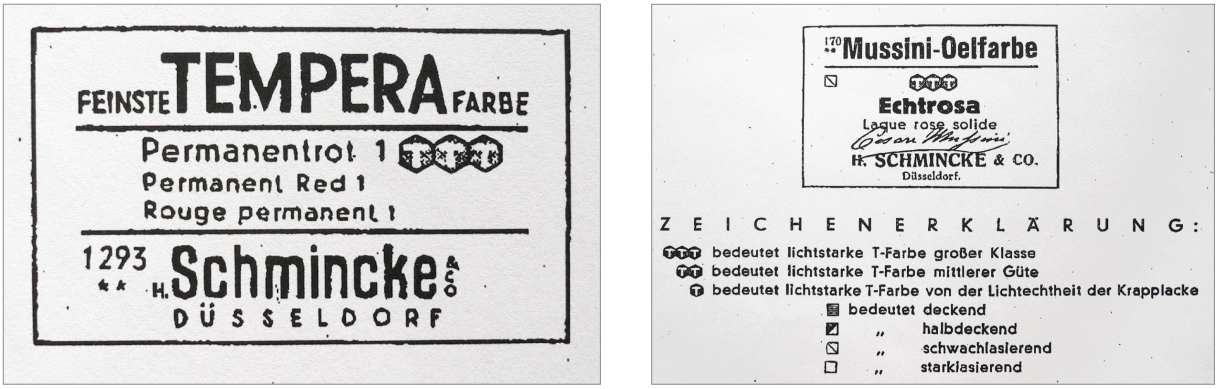


Abb. 56: Etiketten für Mussini, Öl und Tempera (Maltechnische Mitteilungen, 16. Lieferung, 1933, S. 7 und 9).

427 Schmincke's Maltechnische Mitteilungen (1933).
428 Hesse (1933); Dr. Julius Hesse, Neffe der Schmincke-Gründer; zu jener Zeit Firmeninhaber von Schmincke & Co.
429 Hesse (1933), S. 85.
430 Schmincke's Maltechnische Mitteilungen (1925).

Tab. 57: Lichtstarke T-Farben, Farbkarten aus dem Jahr 1933.[431]

			Mussini Ölfarben	**Schmincke Tempera, Feinste Künstler-Tempera-Farbe Sorte 12**	**Künstler-Aquarell-Farben Horadam**
			Maltech. Mittlg. Nr. 16; S. 5-7	**Maltechn. Mittlg. Nr. 16; S. 8-9**	**Maltechn. Mittlg. Nr. 16; S. 10-12**
Farbenname		**Pigment**	**Nr. /Mussini-Öl**	**Nr. /Tempera**	**Nr./ Aquarell**
Gelb					
Echtgelb hell	TTT	Monoazo	164	1288	204
Echtgelb mittel	TTT	Azo	nicht angeboten	1289	208
Echtgelb dunkel	TTT	Azo/ Pyrazolon	173	1290	195
Echtorange	TTT	Mischung Echtgelb/ Permanentrot	175	1303	196
Indischgelb	TT	Indanthren	177	1234	174
Permanentgelb hell	TT	Indanthren	160	nicht angeboten	nicht angeboten
Rot					
Alizarin-Krapplack hell/ mittel/ dunkel	T	Anthrachinon	63,64,65	nicht angeboten	nicht angeboten
Krapplack hell/ mittel/ dunkel/ rosa	T	Anthrachinon	nicht angeboten	1252,1253, 1216, 1330	nicht angeboten
Krapplack hell/ rosa/ dunkel	T	Anthrachinon	nicht angeboten	nicht angeboten	76, 77, 78
Alizarin-Crimson / -Karmin	T	Anthrachinon	nicht angeboten	nicht angeboten	166, 168
Alizarinrot hell	T	Anthrachinon	nicht angeboten	nicht angeboten	111
Crimsonlack	T	Anthrachinon	nicht angeboten	nicht angeboten	73
Krapp-Karmin	T	Anthrachinon	nicht angeboten	nicht angeboten	79
Wurzel-Krapplack rosa hell 1 / rosa mittel 2/ rosa dunkel 3 / rosa doré 4	T	Anthrachinon	55-58	nicht angeboten	nicht angeboten
Wurzel-Krapplack mittel 5/ dunkel 6/ purpur 7/ purpur dunkel 8	T	Anthrachinon	59-62	nicht angeboten	nicht angeboten
Echtrosa	TTT		170	1300	209
Echtrosa bläulich	TTT/ TT	kompliziert zusammen-gesetzte Pigmentfarbe	nicht angeboten	1334 (TTT)	234 (TT)
Echtrosa gelblich	TTT		235	nicht angeboten	nicht angeboten
Echtrot tief	TTT	Azo	238	nicht angeboten	233
Echtrot bräunlich	TTT	Indanthren	176	1302	197
Karmin	T	Azo	231	1328	228
Karminlack	T	Azo	232	nicht angeboten	70
Karminrot	T	Azo	nicht angeboten	1251	176
Indigorot	TT		nicht angeboten	1299	187
Permanentrot 1	TTT	Azo	162	1293	202
Permanentrot 2	T	Azo	163	1294	206
Permanentrot 3	T	Azo	166	1295	188
Pigmentscharlach	TT	Monoazo	165	1301	203
Scharlachlack	TTT	?	nicht angeboten	1266	85
Rubinlack hell	TTT		236	nicht angeboten	nicht angeboten
Rubinlack dunkel	T		237	nicht angeboten	nicht angeboten
Zinnoberrot	TTT	Azo	nicht angeboten	1309	88

431 Mitteilung von Dr. W. Müller/ Schmincke & Co. GmbH & Co. KG, Otto-Hahn-Str. 2, Postfach 32 42, D-40699 Erkrath; Email vom 12.12.2003; die Liste der Farbtöne ist identisch mit jenen, die 1933 in der 16. Lieferung Schmincke's maltechnischer Mitteilungen aufgelistet werden.

			Mussini Ölfarben	**Schmincke Tempera, Feinste Künstler-Tempera-Farbe Sorte 12**	**Künstler-Aquarell-Farben Horadam**
			Maltechn. Mittlg. Nr. 16; S. 5-7	**Maltechn. Mittlg. Nr. 16; S. 8-9**	**Maltechn. Mittlg. Nr. 16; S. 10-12**
Farbenname		**Pigment**	**Nr. /Mussini-Öl**	**Nr. /Tempera**	**Nr./ Aquarell**
Braun:					
Madderbraun	T	Anthrachinon	92	1262	81
Echtbordo	T		nicht angeboten	nicht angeboten	210
Blau/Violett					
Purpurviolett	TT	Indanthren	nicht angeboten	1335	236
Violett feurig	TT	Indanthren	nicht angeboten	1337	237
Echtviolett	TTT	„kompliziert zusammengesetzte Pigmentfarbe“ (?)	171	1263	189
Echtblau	TTT		174	nicht angeboten	nicht angeboten
Indigo	T	Indanthron	106	1222	41
Solidblau	TTT	Indanthren	167	1296	205
Echtblau 1	TTT	„kompliziert zusammengesetzte Pigmentfarbe“ (?)	nicht angeboten	1297	207
Echtblau 2	TTT	Anthrachinon	nicht angeboten	1335	235
Grün					
Echtgrün bläulich	TTT	Indanthren	239	1339	226
Grünlack feurig	TT	Indanthren	241	1340	239
Echtgrün oliv	TT	Naphthalin-Derivate (Coeruelin)	169	1298	190
Grünlack hell	T	Naphthalin-Derivate (?)	125	nicht angeboten	124
Grünlack dunkel	T	Naphthalin-Derivate (?)	nicht angeboten	nicht angeboten	125
Saftgrün	T	Naphthalin-Derivate (Coeruelin)	135	nicht angeboten	nicht angeboten
Saftgrün/ Grünlack hell	T	Naphthalin-Derivate (Coeruelin)	nicht angeboten	1273	nicht angeboten
Alizaringrün hell	TT		nicht angeboten	nicht angeboten	131
Hookersgrün	TT		nicht angeboten	nicht angeboten	49
Saftgrün 1	TT		nicht angeboten	nicht angeboten	54
Saftgrün 2	TT		nicht angeboten	nicht angeboten	191

Zeichenerklärung:

TTT bedeutet lichtstarke T-Farbe großer Klasse

TT bedeutet lichtstarke T-Farbe mittlerer Güte

T bedeutet lichtstarke T-Farbe von der Lichtechtheit der Krapplacke

T ist Hinweis auf hochwertige Teerderivate

Abkürzungen: Anthr. = Anthrachinon; teilweise auch als „Indanthren“(Markenbezeichnung)-Farbstoffe bezeichnet; diese sind Anthrachinon-Küpenfarbstoffe.

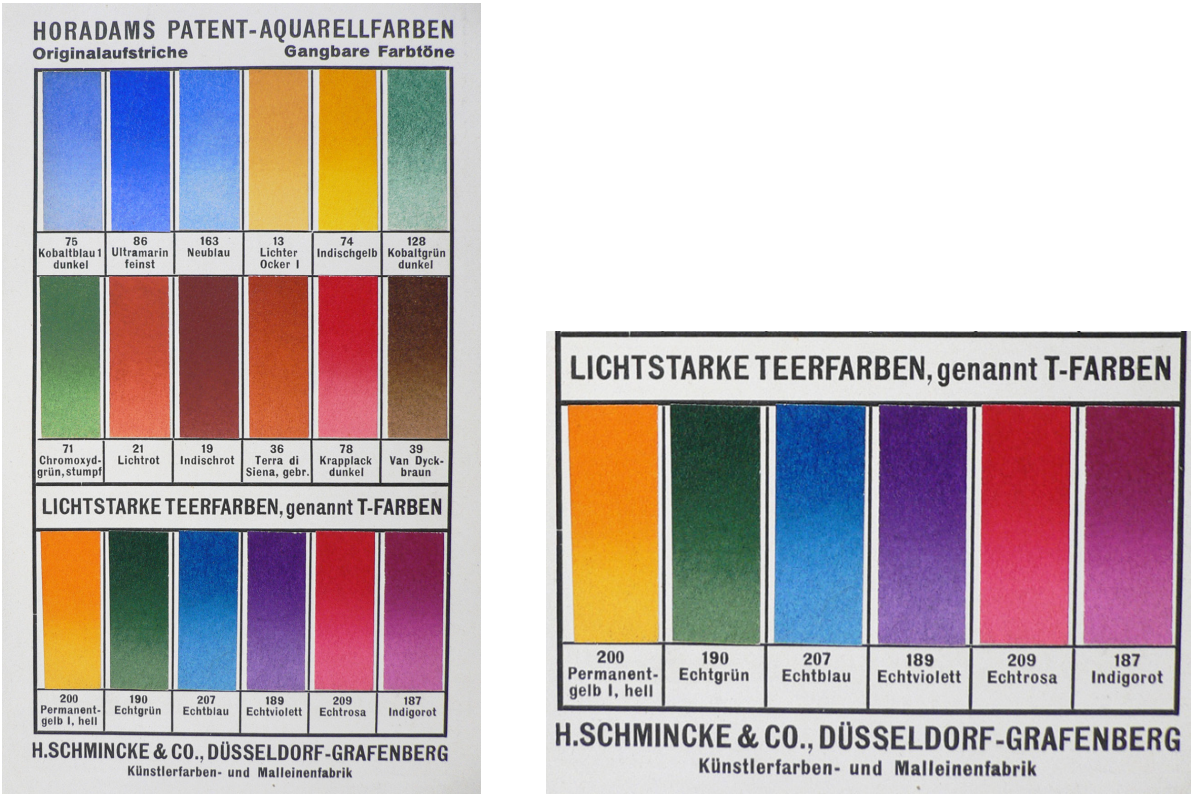


Abb. 57: Farbmusterkarte von Schminckes Horadam Patent-Aquarellfarben [Jaennicke (1913)].

Die **Firma Günther Wagner** (Wien-Hannover)[432] zeichnet im ersten Viertel des 20. Jahrhundert zweimal für neue Künstlerfarbenserien verantwortlich, die in Fachkreisen auf wenig Gegenliebe stoßen. Im Jahr 1911 werden die *Eilidofarben* mit vollständig neuen Tönen von großer Leuchtkraft als Öl-, Tempera- und Wasserfarben eingeführt.[433] Da in dieser neuen Serie alle Farbtöne Teerfarben enthielten und mit Phantasienamen benannt wurden, protestierte man gegen deren Verbreitung und Bewerbung. Auf dem *Münchner Farbentag* 1921 stellte die Firma Günther Wagner *Künstlerölharzfarben nach W. Ostwald* vor.[434]

Vor allem Künstler reagierten skeptisch, wurde doch von einigen Teilnehmern vermutet, dass es sich bei den neu vorgestellten Farben eventuell um eine Neuauflage der Eilidotöne handeln könnte. Allerdings stellte sich bei der Untersuchung der *Künstlerölharzfarben nach Ostwald* heraus, dass diese zwar nicht mit den *Eilido*-Farben identisch sind, jedoch die warme Hälfte der Farben aus organischen Farbstoffen besteht, während der kühlere Teil der Farbauswahl anorganische Pigmente und Mischungen derselben enthält. Es wurde ein *Hansagelb* identifiziert, ein Gelb der Flavanthrenreihe, Töne der Permanentrotreihe, Pigmentscharlache, Krapp- und Alizarinlack sowie ein Violett der Triphenylmethanreihe.[435]

432 Die Firma wird 1832 als Farben- und Tintenfabrik in Hannover von dem Chemiker Carl Hornemann gegründet. 1871 übernimmt der Chemiker Günther Wagner die Firma; der Pelikan aus seinem Familienwappen wird als Warenzeichen der Firma eingetragen. 1912-1971 wird die Zeitschrift „Der Pelikan“ herausgegeben. Der Pelikan Deckfarbenkasten kommt 1931 auf den Markt und verdrängt in der Schule die bislang dominierenden Aquarellfarben. Vgl. www.pelikan.com (access 5.10.2008)
433 Vgl. Notiz in: Technische Mitteilungen für Malerei, 28. Jg./Nr. 12, 1911, S. 112: Eilidofarben.
434 Eibner/Wolf (1922), S. 21-24.
435 Ebenda.

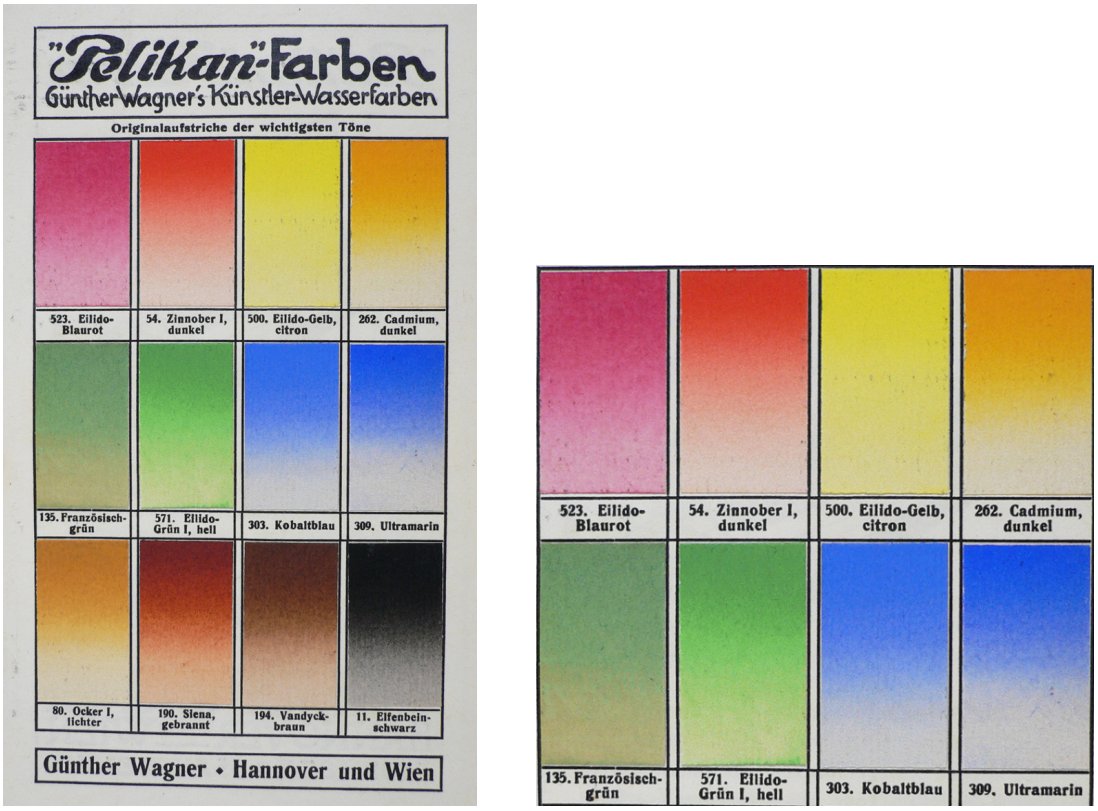


Abb. 58: Colour Chart bzw. Farbmusterkarte *„Pelikan"*-Farben mit drei *Eilido*-Farbtönen, Günter Wagner 's Künstler-Wasserfarben [Jaennicke (1913), Anhang]. Insgesamt werden aber mehr *Eilido*-Farbtöne angeboten: Sechs gelbe, fünf rote, vier blaue, sechs grüne Farbtöne und jeweils ein schwarzer, brauner und grauer Farbton [Jaennicke (1913), S. 40)].

9.4.2. Winsor & Newton (Harrow, UK)

Im Rahmen von Archivrecherchen bei dem Künstlerfarbenhersteller *Winsor & Newton* (Harrow, UK)[436] konnte eine Auswahl von Handelskatalogen ausgewertet werden. Da das Archivmaterial bis 1900 bereits ausführlich publiziert wurde,[437] waren für die vorliegende Arbeit die Kataloge ab 1900 bis in die Gegenwart von Interesse, der Schwerpunkt der Auswertung liegt allerdings auf der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts.

Für die Evaluierung der Verwendung synthetischer organischer Farbmittel in *Winsor & Newton*-Farben wurden die Farben-Listen im Laufe der Katalog-Jahrgänge verfolgt und verglichen. Vereinfacht wurde dies dadurch, dass *Winsor & Newton* seit 1892 regelmäßig die *Composition and Permanence of Winsor & Newton`s Artists` Oil and Water Colours* veröffentlichten.[438] Interessanterweise wurden die neuen Farblacke bzw. Pigmente - entgegen ihrem Ruf, nur günstige Surrogate zu sein - zuerst in den teueren A-Qualitäten (höchste Künstlerqualität) eingeführt. Erklären lässt sich dieser Umstand dadurch, dass die Einführung neuer Qualitätsprodukte mit Innovation sowie Investition verbunden ist, und deshalb zunächst den teuren Sorten vorbehalten blieb.

436 Die Firma *Winsor & Newton* wurde 1832 von William Winsor und Henry Newton gegründet. *Winsor & Newton* gehört heute zur *ColArt*-Gruppe, dazu zählen außerdem noch die Künstlermaterialhersteller *Lefranc & Bourgeois* (1720 gegründet), *Reeves* (1766), *Liquitex* (1955) und *Snazaroo* (1989). Im Vertrieb von Künstlermaterialien ist die *ColArt*-Gruppe heute (Stand 2008) Weltmarktführer. Vgl. www.colart.com (access 5.10.2008).

437 Carlyle (2001); Vgl. auch Kapitel 9.3.1.

438 Townsend et al (1995), S. 65: *Winsor & Newton* war der erste Künstlerfarbenhersteller, der die Zusammensetzung seiner Farben publizierte, um damit auf die Vorwürfe zu reagieren, dass die Farben unbeständig seien und Künstler keine Informationen über ihr Material erhielten.

Artists' Water Colours und Artists' Oil Colours'

Winsor & Newton, bekannt für die hervorragende Aquarellfarbenqualität, führt ab 1910 neue Farbtöne ein, die als *Spectrum Red*, -*Violet* und -*Yellow* zunächst den teuren *Artists` Water Colours* vorbehalten sind und im Katalog von 1914 als *„New Coal Tar Colours of exeptional brillance and durability introduced by us early in 1910"* beschrieben werden.[439] Im nächsten verfügbaren Katalog von 1921 werden diese *Spectrum Colours* nun auch als Ölfarben angeboten. 1935 kommen in der Aquarellfarbenauswahl grüne und blaue Farbtöne dazu und werden als *Winsor Blue* sowie *Winsor Green* aufgelistet; diese sind 1938 auch als Ölfarben erhältlich. Während in den *Spectrum Yellow*-, *Spectrum Red*- und *Spectrum Violet*-Tönen die verwendeten synthetischen organischen Pigmente bzw. Farblacke für diese Zeit nicht identifizierbar sind, kann für die blauen und grünen *Winsor*-Farbtöne angenommen werden, dass es sich um Phthalocyaninblau und -grün (PB 15, PG 7) handelt (ab 1935 am Markt). Interessanterweise werden alle neuen Pigmente bzw. Farblacke zuerst in den teureren A-Qualitäten (höchste Künstlerqualität) eingeführt.

Kurzzeitig werden *Spectrum Red* und *Scarlet Lake* offenbar seit 1938 als synonyme Bezeichnungen geführt.[440] Dabei ist nicht bekannt, ob das für alle Bindemittel oder nur für ausgesuchte Farben gegolten hat. In den Katalogen nach 1945 gibt es aber kein Indiz mehr dafür, dass dies synonyme Führung beibehalten wurde.

1946 taucht der Name Spectrum gar nicht mehr im Sortiment der Künstlerfarben auf und scheint vollständig durch die Bezeichnung *Winsor* ausgetauscht zu sein. Lediglich für Designers Gouache wird die Bezeichnung *Spectrum* weitergeführt und ist bis in die Gegenwart [Vgl. Winsor & Newton (2002)] in den Katalogen zu finden.

Als trockenes Pigmentpulver werden *Winsor Colours* erstmals 1951 gelistet (*Winsor Blue*) und 1956 (*Winsor Green, Lemon, Violet, Yellow); Winsor Red* ist erstmals in den späten 1970er bzw. frühen 1980ern erhältlich.

Erst ab dem Katalog von 1973 lassen sich eindeutige Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der aus synthetischen organischen Pigmenten hergestellten Farbtöne ziehen. Während zuvor lediglich angegeben wurde, dass der Farbton aus *„a range of organic pigments of exeptional brilliance and exellent durability"* produziert wurde, werden die Informationen zur chemischen Identität der organischen Pigmente ab 1973 (vorhergehender Katalog von 1972) dank der *Colour Index*-Nummern eindeutiger.

Im Katalog von 1973 wird ersichtlich, dass bspw. *Spectrum Red* und *Scarlet Lake* in diesem Jahr aus verschiedenen Pigmenten produziert wurden: Für *Spectrum Red* ist eine Mischung aus PR 3 und 1:2 Hydroxyantrachinon[441] angeführt, während *Scarlet Lake* aus PR 4 hergestellt wurde. Im jüngeren Katalog von 2002 wird allerdings für *Scarlet Lake* und *Spectrum Red* in Öl wieder das gleiche Pigment gelistet: PR 188.

Erst seit den 1980er Jahren werden nicht nur die chemische Klasse sondern auch die Color Index Nummer in den Colour Charts der Künstlerfarbenhersteller bekannt gegeben.[442]

Ostwald Standard Colours

Interessanterweise konnte durch die Recherche in britischen Farbenhersteller-Katalogen auch ein Bezug zur Teerfarben-Problematik in Deutschland in den frühen 1920er Jahren bzw. eine Verbindung zur Ostwald-Farben-Diskussion hergestellt werden.

In den britischen Katalogen ist evident, dass die Ostwald Farben jahrelange im Angebot waren. Anhand des Katalogmaterials von *Winsor & Newton* wie auch *Reeves* (beide: Archivmaterialien, W&N) lässt sich annähernd die Bedeutung der Ostwaldschen Farbenlehre auf dem Schul- und Posterfarbensektor für Großbritannien nachvollziehen. So finden sich bei *Winsor & Newton* unter der Rubrik *commercial colours* und *scholastic colours* seit Mitte der 1930er Jahre (~1935; Katalog nicht genau datierbar) Ostwald-Schulfarben (*Scholastic Water Colour Boxes*) und Ostwald-Poster-Farben (*Ostwald Standard*

439 Im Katalog 1910 waren die Farben noch nicht im Sortiment (kein weiterer Katalog zwischen 1910 und 1914 verfügbar).
440 Mitteilung von A. Foster, Chief Chemist, *Winsor & Newton*, Februar 2004.
441 Spectrum Red: A blend of Toluidine Red and a lake made form 1:2 dihydroxyanthraquinone; Scarlet Lake: Chlorinated para red; *Winsor & Newton* Catalogue 1973, S. 9/6 (*Winsor & Newton Archiv*).
442 *Winsor & Newton* veröffentlichen in der *Composition und Permanence* Ausgabe zum 150 jährigen Firmenjubiläum 1982 erstmals die Colour Index-Bezeichnungen der Pigmente. (Vgl. Deutsche Ausgabe „Zusammensetzung und Beständigkeit von Künstler-Farben. Information über Malmittel und Firnisse", Artcolor München, 1982).

Poster Colours) im Angebot (Abb. 59). Noch 1972 findet sich in einem datierten *Winsor & Newton*-Katalog u.a. bei den Studienqualitäts-Wasserfarben *Cotman Water Colours & Boxes* die Serie *Ostwald Standard Colours/NA circle*.
Nach Auskunft von *Winsor & Newton* ist aber nicht bekannt bzw. lässt sich nicht eruieren, welche Farbmittel in den Ostwaldfarben der 1930er Jahre verwendet wurden.[443]

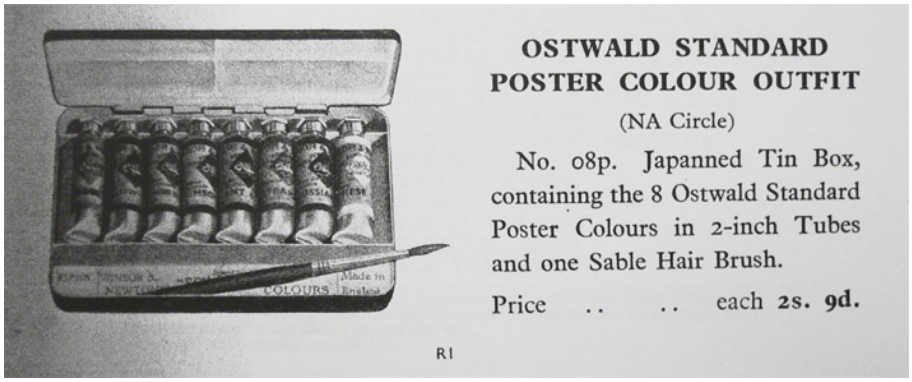


Abb. 59: Ostwald poster colours (~1935), *Winsor & Newton*-Archivmaterial.

9.4.3. Talens (Apeldoorn/Niederlande)

Nach eigenen Angaben[444] verwendete *Talens* (Apeldoorn, Niederlande)[445] bis 1925 neben synthetischem Alizarinkrapplack von den organischen Pigmenten nur Toluidinrot (PR 3, 12120) und die so genannte ‚Hansareihe'; diese umfasste als Handelsmarke von *Hoechst* eine ganze Reihe von nicht nur gelben Pigmenten. In den 1920er Jahren gehörten zu den *Hansa*-Pigmenten: *Hansagelb G* (PY 1, 11680; patentiert 1909), *Hansagelb 10 G* (PY 3, 11710; 1911), *Hansagelb 5 G* (PY 5, 11660; 1909), *Hansagelb 13G* (PY 4, 11665; 1909), *Hansagelb R* (PY 10, 12710; ?), *Hansagelb GR* (PY 2, 11730; o. J.), *Hansa Yellow 3R* (PO 1, 11725; 19?) sowie *Hansarot G, B* (PR 3, 12120; 1904), *Hansarot GG* (PR 6, 12090; 1907) und *Hansagrün GS* (PG 9, 49415; Bariumlack; 1910?). Wahrscheinlich kommen davon aber nur PY 1, PY 3 und PR 3 infrage sowie Mischungen von Blaupigmenten mit PY 3 für grüne Farbtöne.[446]
In den 1930er Jahren bringt *Talens* offenbar nur kurzzeitig die *Orpi-Artists` Oil Colors* auf den Markt, die in der Folge sofort heftig durch Doerner[447] angegriffen werden. Das Kürzel ORPI steht dabei für **Or**ganic **Pi**gments. Es liegt die Vermutung nahe, dass *Talens* mit der Serie versuchen wollte, die synthetischen organischen Farbmittel neu zu positionieren, ähnlich wie *Schmincke* in Deutschland mit den ‚Lichtstarken T-Farben'. Dies scheint jedoch nur schwer zu gelingen, da die neuen Farben gleich Kritik ausgesetzt sind. Die *Orpi*-Farben werden zwar als hochgradig lichtbeständig beworben und sind größtenteils aus neuen organischen ‚Pigmentfarbstoffen' hergestellt. Allerdings werden vorrangig Namen etablierter anorganischer Pigmente wie *Kadmiumrot*, *Kobaltblau* etc. verwendet, die hier aber ganz offensichtlich nur den Farbeindruck umschreiben sollen und in der Preisliste zusätzlich mit P gekennzeichnet sind. Nach Doerners Ansicht ist dies ein zweifelhaftes Unterfangen, weil damit Teerfarbstoffe unter irreführenden Bezeichnungen in die Künstlerfarbenliste eingeführt werden. Der durch eine Werks-Führung bei *IG-Farben* beeindruckte Autor zieht aber offenbar nicht in Betracht, dass die Farben von *Talens* mit hoher Wahrscheinlichkeit auch die derzeit besten synthetischen organischen Farbmittel enthalten.[448] In den *Technischen Mitteilungen für Malerei* schreibt Doerner, dass *„die deutsche Industrie*

443 Persönliche Mitteilung von A. Foster, Chief Chemist, *Winsor & Newton*, Februar 2004.
444 Höchtl (1994), S. 29; schriftliche Mitteilungen der Firma *Talens* vom 21. März 1994.
445 Talens wurde 1899 von Marten Talens gründet. Zunächst wurden Büroartikel und Tinten hergestellt; 1904 kommen mit *Rembrandt Öl- und Aquarellfarben* hochwertige Künstlerfarben in das Sortiment. 1924 werden *Rembrandt Pastelle* eingeführt. Vgl. http://www.talens.com/deutsch/talens/history (access 10.02.2009).
446 De Keijzer (1999), S. 374.
447 Doerner (1931), S. 150.
448 *Hansagelb G* (PY 1) oder *10 G* (PY 3); der Markennamen *Hansa* wurde von *Hoechst* (ab 1925-1951 I.G. Farben) verwendet; nach dem Ablauf des Patents für *Hansa Yellow G* in den späten 1920er Jahren wurde das Pigment auch von anderen Firmen hergestellt, so z. B. ab 1926 *Monlite Yellow G* (*British Dyestuff Corp.*) und *Pigment Fast Yellow HGL* (*J.W. Leitch and Co.*). Vgl. Lake/Lomax (2007), S. 185.

[…] unbestritten die besten Teerfarbstoffe der Welt (liefert), und die ‚neuen' Pigmentfarbstoffe der Firma Talens wie ‚Kadmiumgelb P' werden an Güte kaum das Hansagelb oder Indanthrengelb usw. erreichen, geschweige denn übertreffen."[449] Bei der Gelegenheit dankt Doerner den Teerfarbenfabrikanten der I.G. Farbenindustriegesellschaften in Oppau und Ludwigshafen (*BASF*) für Einblick, der ihm dort auf dem Gebiet der Teerfarbstoffe geboten wurde[450] (siehe dazu auch Kap. 9.4.3.).

Offenbar wurde aber die ORPI-Farben-Serie adaptiert bzw. verändert. Zumindest ist im Archivmaterial von *Talens* außer dem Anzeige- bzw. Informationsblatt von 1930 (Abb. 61, 62) noch eine weitere Farbmusterkarte (für den US amerikanischen Markt) vorhanden, die frühestens auf 1935/1936, wahrscheinlich sogar 1938 oder später, datiert werden kann (Abb. 60). Das legen die Farbtöne *Phthalo Blue* und *Phthalo Green* nahe, da Phthalocyaninblau erstmals 1935 auf den Markt kam; Phthalocyaningrün wurde erst 1938 technisch hergestellt.[451] Neben den beiden Phthalocyanin-Pigmenten enthalten nur noch *Talens Yellow* und die Alizarin Krapplack-Töne synthetische organische Farbmittel. *Talens Yellow* konnte als mit FTIR als PY 3 identifiziert werden.[452] Für die Cadmium-Gelbtöne sind offenbar tatsächlich Kadmiumpigmente verwendet worden; zumindest konnten keine synthetischen organischen Farbmittel nachgewiesen werden. Da mittlerweile der größere Anteil der Farbpalette anorganischer Herkunft ist, macht der Name ORPI für die Farbenserie nur noch bedingt Sinn.

Jedenfalls gibt es neben der Farbenliste ohne Musteraufstriche von 1930, der beschriebenen weiteren Farbmusterkarte und dem oben erwähnten Artikel von Doerner keine weiteren Informationen über die ORPI-Farben. Offenbar konnte sich die Farbenserie nicht etablieren, zumindest muss man davon ausgehen, dass die Farben nur in einem begrenzten Zeitraum am Markt waren.

Abb. 60: Orpi Farbmuster-Karte für den amerikanischen Markt; 1936 oder später (Talens Archiv/Apeldorn).

449 Ebenda.
450 Doerner (1931), S. 150.
451 Herbst/Hunger (1995), S. 433.
452 Von der Farbmusterkarte konnten kleine Malschicht-Proben entnommen werden. Bert Klein Ovink (Talens) sei an dieser Stelle für die freundliche Unterstützung während der Archiv-Recherche bei Talens im Februar 2004 gedankt.

Abb. 61: Orpi Farbensortiment, Faltblatt außen (1930); Talens Archiv/Apeldoorn.

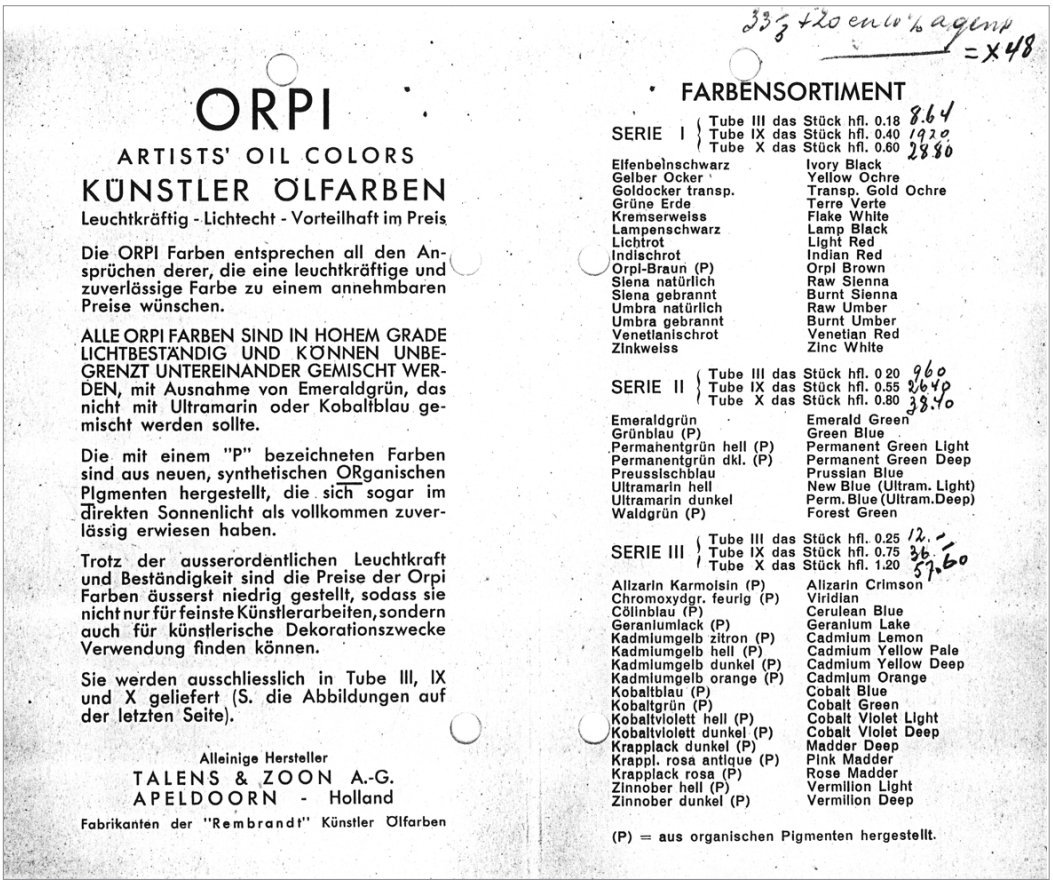


Abb. 62: Orpi Farbensortiment, Faltblatt innen (1930); Talens Archiv/Apeldoorn.

9.4.4. Farbenfabrikation bei Siegle (Stuttgart-Besigheim)

Der Farbmittelhersteller *Siegle* ist aus mehreren Gründen für die vorliegende Arbeit von besonderem Interesse: Einerseits befinden sich in der technologischen Sammlung des Instituts einige *Siegle*-Pigmentproben, andererseits steht das Unternehmen exemplarisch für die Präparationsbetriebe bzw. Pigmentfarbenfabriken (auch ‚Buntfarbenfabriken'), die eine wichtige Zwischenposition im Farbenfabrikationsablauf einnahmen bzw. nehmen. An der Schnittstelle zwischen den Farbstofffabriken der farbenchemischen Industrie und dem Handel bzw. den Kleinfabrikanten produzieren sie nicht im eigentlichen Sinne für den Endverbraucher.[453] Obwohl *Siegle* eigentlich in erster Hinsicht als Pigmentzubereitungsbetrieb gilt, wurden ab den 1920er/1930er Jahren Azopigmente zum Teil auch selber synthetisiert, jedoch nur geringe Marktanteile im Vergleich zu den Pigmentzubereitungen, Verlackungen und Pigmentmischungen erreicht.[454]

Pigmentfarbenfabrik *Siegle* – Unternehmensgeschichte

Begründet wurde die *Siegle'*sche Farbenfabrikation 1842 von Heinrich Siegle in München. Die Fabrik wurde 1848 verkauft und in Stuttgart eine neue Fabrik errichtet. Das anfangs kleine Unternehmen produzierte in erster Linie Tonerdeverlackungen mit natürlichen Farbstoffen, handelte aber auch Mineralfarben. Die Farben wurden an diverse Farbenhändler aber auch an Hersteller von Künstlerfarben, Druckfarben u.a. geliefert; Farbenprodukte für den Endverbraucher wurden aber nie hergestellt. 1863 übernahm der Sohn Gustav Siegle den Betrieb.[455]

In den 1860er Jahren wurde die Produktion wesentlich erweitert. Nachdem Anilinfarben bzw. synthetische organische Farbstoffe zunächst nur zugekauft und als Handelsprodukte für den Export übernommen worden waren, begann *Siegle* 1867 in kleinem Ausmaß mit der eigenen Teerfarbenfabrikation (Methylgrün).

Neben dem *Siegle*-Firmengelände in Stuttgart befand sich die Farbenfabrik *Knosp*, die in den ersten Jahren der *BASF* für diese in Stuttgart den Vertrieb übernommen hatte. Um bei dem rasanten Aufschwung der Farbenindustrie mithalten zu können, fusionierten *Knosp* und *Siegle* 1873 mit der *BASF*, die dadurch den Zwischenhandel ausschalten konnte und die Stuttgarter Werke unter Leitung von G. Siegle zum Vertrieb für die Ludwigshafener Produkte verwendete. In der Fusionsperiode wurden *Siegles* Teerfarben-Produktionen nach Ludwigshafen ausgelagert, die Mineralfarben und Farblacke aber weiter in Stuttgart hergestellt.[456] Interessanterweise dokumentierte sich dieser Firmenzusammenschluss auch in dem ersten Firmenlogo der *BASF* (von 1873-1922 in Verwendung), das die Wappentiere von Stuttgart (Pferd) und Ludwigshafen (Bayerischer Löwe) zeigte.[457]

1889 wurde die Fusion mit der *BASF* allerdings wieder rückgängig gemacht und im gleichen Jahr die Druckfarbenfabrik *Kast + Ehinger* übernommen.[458] Beide Firmen wurden als oHG weitergeführt (seit 1898 als GmbHs) und *Siegle & Co.* nahmen nach der Ausgliederung aus der *BASF* die Fabrikation mit Ausnahme der Teerfarbenlacke wieder auf.

Aus Kapazitätsgründen wurde 1899 eine neue Fabrik in Stuttgart-Feuerbach errichtet; außerdem stieg die Exportnachfrage und veranlasste *Siegle* 1905, eine Niederlassung in den USA zu gründen, die aber 1918 durch Sequestrierung verloren ging. In der Zeit nach dem Ersten Weltkrieg wurde begonnen, das Unternehmen systematisch durch Übernahme von Pigment- und Spezialfabriken in verschiedenen

453 Wagner (1924), S. 160: *„'Teerfarben'-Fabriken lieferten den Farbstoff an eine Pigmentfarbenfabrik, welche diesen verlackte oder mit anderen Farben verkollerte und dem fertigen Pigment dann einen neuen Namen gab. Die Pigmentfarbenfabriken lieferten aber nicht direkt an den Verbraucher, sondern an den Händler oder Kleinfabrikanten; dieser benannte die Pigmente erneut anders und verschnitt sie gegebenenfalls."*

454 Rühle (1992), S. 139.

455 Rühle (1992), S. 10-11.

456 Rühle (1992), S. 13-14.

457 1922 wurde ein neues Firmenzeichen entworfen. Als die BASF 1952 infolge der Auflösung der IG nach dem Zweiten Weltkrieg wieder Eigenständigkeit erlangte, etablierte man wieder das alte Logo von 1873, allerdings mit dem Zusatz einer Krone und dem Schriftzug des Firmennamens. Dieses Firmenzeichen wurde dann parallel neben dem schon 1953 entworfenen Hohlblockbuchstaben-BASF-Schriftzug bis in die 1960er Jahre verwendet und erst durch den Neuentwurf 1968 abgelöst. Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/BASF (access 10.11.2008).

458 Anlass gab die Entwicklungstendenz bei BASF, vor allem das Gebiet der synthetischen organischen Farbstoffe zu forcieren, während Siegle dem Pigmentgebiet treu bleiben wollte. Vgl. Typoscript (1955), S. 1-3. In: *BASF-Archiv; Ludwigshafen*; 15/2; Firmengeschichte; Geschichte der BASF; Fusion mit Knosp und Siegle, 1. Ordner.

Regionen Deutschlands zu vergrößern.[459] 1936 wurde auch in Wien auf dem Gelände von *K+E Wien* eine Zweigstelle gegründet (aber nach dem Kriegsende enteignet). Die auf Expansion ausgerichtete Unternehmenspolitik wird bis nach dem Zweiten Weltkrieg fortgesetzt.[460] Aus Unterlagen von 1955[461] wird ersichtlich, dass das Unternehmen zu der Zeit etwa 1000 Angestellte beschäftigte und 1960 dann offenbar schon 1600. Die Produktion gliedert sich 1955 in sechs verschiedene Abteilungen:

1. *Anorganische Pigmente (Schwerpunkt Chrom- und Zinkfarben, Molybdatrot, Cadmiumfarben, Pariserblau.*
2. *Organische Pigmente (ca. 30 Sorten, Schwerpunkt Sieglerot, Sieglegelb).*
3. *Bleifarben (Bleimennige, Bleiglätte, Bleiweiß).*
4. *Keramische Pigmente, Glasuren.*
5. *Phthalocyanine (Blau, Grün, rotstichiges Blau).*
6. *Fett- und wasserlösliche Farbstoffe für Kosmetik, Lebensmittel etc.).*

Von den *Siegle & Co.*-Produkten gingen 1955 mehr als 40 % ins Ausland. Man produzierte Pigmente für unterschiedlichste Anwendungen und Bindemittel; unter anderem wurden auch Künstlerfarbenhersteller beliefert.[462] 1970 erfolgte schließlich ein zweiter Zusammenschluss mit der *BASF*.[463] Die *Siegle*-Unterlagen befinden sich daher heute im Unternehmensarchiv der *BASF*.

Produktion von Azopigmenten

Entgegen ursprünglicher Absichten - Gustav Siegle hatte beim Rückkauf des Unternehmens von der BASF auf die Teerfarbenfabrikation verzichtet - war um die Jahrhundertwende schon wieder die Fertigung einiger Azopigmente in das Programm aufgenommen worden; in erster Linie Toluidinrot (PR 3), Paratoner (PR 1), aber auch Litholrot (PR 49). Dafür wurden zugekaufte Farbstoffe verlackt und verschnitten. Nach der Fertigstellung des neuen Gebäudes in Besigheim nahe Stuttgart im Jahr 1924/25, konnte die kleine Azoproduktion dorthin verlegt werden; einige Azoverbindungen wurden auch selber gekuppelt.[464]

> *„In den zwanziger Jahren wurden nur Sieglerot 1 (Toluidinrot), die Tonerrote (Paratoner) D, M, LL und ein als ‚Tiefdruckbraun 22817' sehr begehrter Kupferkomplex eines Paratoners gefertigt."*[465]
>
> Ab 1930 kam *Sieglerubin 6D*, ein harzfreies *Litholrubin* dazu. Im so genannten ‚Rotbetrieb' wurden *„auch zahlreiche wasserlösliche Farbstoffe, wie z.b. Eosine, Rhodamine, Fuchsine, Pigmentscharlach verarbeitet, ‚auf Tonerde verlackt'. Auch der Herstellung von Krapplacken aus Alizarin gehörte damals ein weites Feld. In meist 25 kg-Chargen wurden mindestens 40 verschiedene ‚gedrückte' (im Autoklaven) und ‚ungedrückte' Krapplacke hergestellt, die […] auch zu recht exotischen Lieferformen aufgearbeitet wurden. So musste für einen Fernost-Kunden der Presskuchen vor dem Trockenen in ‚Hütchen' gepresst werden."*[466]
>
> Außerdem wurden *„verschiedene Litholrote durch Verlackung mit Barium und Calcium aus zugekauftem Lackrot RS in Teig hergestellt […] (Sorten Brillianttoner BS neu und CS neu) […]. Die Hauptverschnittsorten des Litholrots waren damals Rot 7573, Rot 7368 (Verschnittmittel Blanc fixe). Korallenrot Z war ein 10%iger Spatverschnitt von Sieglerot 1 (Toluidinrot). Ein*

459 Vgl. Technische Mitteilungen für Malerei, 45. Jg./Nr. 3, 1929, S. 36, Mitteilung: *„Zusammenschluss in der Buntfarbenindustrie. Die seit 1,5 Jahren schwebenden Verhandlungen in der Erd- und Buntfarbenindustrie haben vorläufig eine Klärung gefunden. Als die beiden großen Gruppen stehen sich die Heyrl-Beringer Farbenfabriken A.-G. – Gebr. Gutbrod GmbH, Frankfurt a. M., und G. Siegle & Co., GmbH, Stuttgart, gegenüber. Die Verhandlungen der Siegle-Gruppe haben bekanntlich zur beabsichtigten Fusion […] mit der Farbwerke-F. Rasquin A.G., Köln, geführt (A.K. 2,88 Mill. RM). […] Die Frankfurter Gruppe hat, nachdem sie bereits 1927 sich der führenden Karaus -Farben- und Ölwerke A.-G. in Düsseldorf […] angliederte, (weitere Farbwerke übernommen). […] Diese Situation scheint jedoch nur die erste Etappe im deutschen Buntfarbenzusammenschluss darzustellen. Die Frankfurter Gruppe beabsichtigt nach Möglichkeit eine Interessennahme der gesamten europäischen Buntfarbenindustrie, deren Finanzierungsgesellschaft die kürzlich gegründete Chemie-Trust-A.-G. Basel (A.-K. 20 Mill. SFR) darstellen."*

460 Rühle (1992), S. 17-19.

461 Typoscript (1955), S. 3 (*BASF-Archiv; Ludwigshafen*; 15/2; Firmengeschichte; Geschichte der BASF; Fusion mit Knosp und Siegle, 1. Ordner).

462 Ebenda.

463 Vgl. http://www.corporate.basf.com/de/ueberuns/profil/geschichte/1865-1901.htm (access 12.11.2008).

464 Rühle (1992), S. 104-105.

465 Rühle (1992), S. 104.

466 Rühle (1992), S. 104-105.

weiterer Verschnitt war das Sieglerot F (Toluidinrot mit Tonerde). Die meisten Azopigmente wurden also nicht rein, sondern mehr oder weniger stark verschnitten in den Handel gebracht. Verschnittmittel waren […] Blanc fixe, Schwerspat und Druckweiß (Aluminiumhydroxid). Auch Kreide, Lithopone und Zinkoxid wurden verwendet.“[467]

Aus *Siegle*-Archivmaterialien (*BASF*-Unternehmensarchiv)[468] geht hervor, dass sich das Unternehmen offenbar in den 1930er Jahren zunehmend gezwungen sah, aus ökonomischen Gründen und durch Druck der *I.G.* Gesellschaften die Azopigmente teilweise selber zu kuppeln.
Eine Aktennotiz vom 30.11.1934 mit dem Titel *Warum kuppelt G. Siegle & Co.?* gewährt Einblick in die Entwicklungstendenzen auf dem Teerfarbensektor.[469] Offenbar hatte Siegle zunächst fertige Teerfarbenprodukte von den Farbstofffabriken bezogen, aber dann seit etwa 1906 begonnen, auch selber Azokupplungen durchzuführen. Später wurde der Druck durch die *I.G.*-Gesellschaften größer, als diese versuchten, andere Kundenkreise an sich zu binden.
Dafür gingen die großen Unternehmen dazu über, die Zwischenprodukte für die Farbstoffherstellung direkt an die Groß-Verbraucher wie Tapetenfabrikanten zu liefern, sodass diese ihre Teigfarben selber herstellen konnten. Um die Preise wieder unterbieten zu können, stellte *Siegle* die Farbstoffe bzw. Pigmente teilweise selber her. Litholrot, ein beliebter Farbstoff (Natriumsalz, PR 49, Na) für die Lackherstellung, wird als Beispiel genannt: *Siegle* hatte diesen bei *BASF* gekauft und daraus Farblacke (PR 49, 15630; ß-Naphthol-Pigment, verlackt) hergestellt. Als eine Konkurrenzfabrik offenbar wesentlich günstiger beliefert wurde, gingen *Siegle* große Marktsegmente des Lithollack-Umsatzes verloren, die später nicht mehr zurück gewonnen werden konnten.
Trotz Einigung mit der *BASF* auf Preisnachlass, bleiben die Schwierigkeiten mit der Rentabilität offenbar bestehen. Aus einer Aktennotiz vom 13.12.1935[470] geht hervor, dass zu dieser Zeit bis zu ¾ des gesamten Farbstoffverbrauchs selber hergestellt bzw. gekuppelt werden.[471] Entsprechend der den Unternehmens-Unterlagen beigelegten Aufstellung wurde 1935 (bis einschließlich November) 135.882 kg Teerfarbstoffe verbraucht bzw. umgesetzt, wovon 86.640 kg (63,8%) gekuppelt und 49.242 kg (36,2%) zugekauft wurden. Die Preise der zugekauften Zwischenprodukte sind hoch, so dass auch diese unter Schwierigkeiten teilweise selber produziert werden. Teilweise ist aber offenbar nicht nur die Preispolitik für die Selbstherstellung der Azofarbstoffe- und Pigmente ausschlaggebend, sondern der Produktionsablauf entscheidend, da in einigen Fällen die *„Kupplung auf Substrat Vorteile (ergibt), die sich durch Preisdifferenzen nicht ausgleichen lassen.“*[472]

467 Rühle (1992), S. 105.
468 Juni 2005; BASF-Archiv (Dr. Susann Becker; Jutta Kissener).
469 „Warum kuppelt G. Siegle & Co.?“ (1934), S. 1-10. In: *BASF-Archiv;* Ludwigshafen; 15/2; Firmengeschichte; Geschichte der BASF; Fusion mit Knosp und Siegle, 1. Ordner.
470 BASF-Archiv; *Ludwigshafen*; 15/2; Firmengeschichte; Geschichte der BASF; Fusion mit Knosp und Siegle, Bericht vom 13.12.1935 (oder 23. 12. 1935; schwer leserlich).
471 *„Aufgrund eines Abkommens mit der I.G. Farben vom 13.12. 1934 wurden infolge billigerer Preise im Siegle & Co. Werk Besigheim ca. 20 000kg nicht mehr gekuppelt. Würde man diese dazu rechnen, so wären im Jahre 1935 ca. 105 000 kg hergestellt worden, wodurch sich die eigentlichen Zahlen folgendermaßen gestellt hätten. 77,3 % gekuppelt; 22,7 % dazu gekauft. Daraus ergibt sich, dass über ¾ des gesamten Farbstoffbedarfs selber hergestellt werden könnte.“* In: *BASF-Archiv; Ludwigshafen*; 15/2; Firmengeschichte; Geschichte der BASF; Fusion mit Knosp und Siegle, Bericht vom 13.12.1935 1935 (oder 23. 12. 1935; schwer leserlich).
472 BASF-Archiv; *Ludwigshafen*; 15/2; Firmengeschichte; Geschichte der BASF; Fusion mit Knosp und Siegle, Bericht vom 13.12.1935 (oder 23. 12.1935; schwer leserlich).

Tab. 58: Azofarbstoff- und Pigmentverbrauch *Siegle & Co.*, Besigheim 1935 [*BASF*-Archiv; Ludwigshafen; 15/2; Firmengeschichte; Geschichte der BASF; Fusion mit Knosp und Siegle, Bericht vom 13.12.1935 (oder 23.12.1935); schwer leserlich].

Azofarbstoff- und Pigmentverbrauch Siegle& Co., Besigheim 1935	**Farbstoff/ Pigment**	**Farbstoffmenge gekuppelt**	**Farbstoffmenge zugekauft**
Gekuppelt (Eigenproduktion)	Sieglerot Tonerrot Lackrot P tr. Lackrot D tr. Lackrottoner D Litholrubin Lackbordeaux Pigmentbordeaux Brilliantlackrot R Fettfarben	48.431 kg 11.134 kg 1.155 kg 50 kg 175 kg 10.143 kg 1.077 kg 418,5 kg 280 kg 4.831,5 kg	
Eigenproduktion und anteiliger Zukauf	Litholrot R tr. Lackrot C tr. Heliobordeaux	2.910 kg 4.295 kg 1.740 kg	4.643,25 kg 6.412,40 kg 2.705,00 kg
Zukauf	Perm. Rot 2G extra Perm. rot R extra Permanentorange G Hansagelb	1.260 kg 1.058,6 kg 176 kg 3.438,25 kg	

Farbstoff- , Pigmentmischungen und Verlackungsrezepturen

Aus den Unternehmens-Unterlagen von *Siegle* geht hervor, dass die so genannten ‚Pigmentzubereitungen', also *„Farbstoff- und Pigmentmischungen in nahezu jeder Zubereitungsform […] für die unterschiedlichsten Anwendungen anfänglich erheblich größere Marktanteile hatten, als die Synthesebetriebe. Es gab tausende von Sorten, zum Teil mit sehr klangvollen Phantasiebezeichnungen, zum Teil […] mit durchlaufenden fünfstelligen Nummern versehen."*[473]

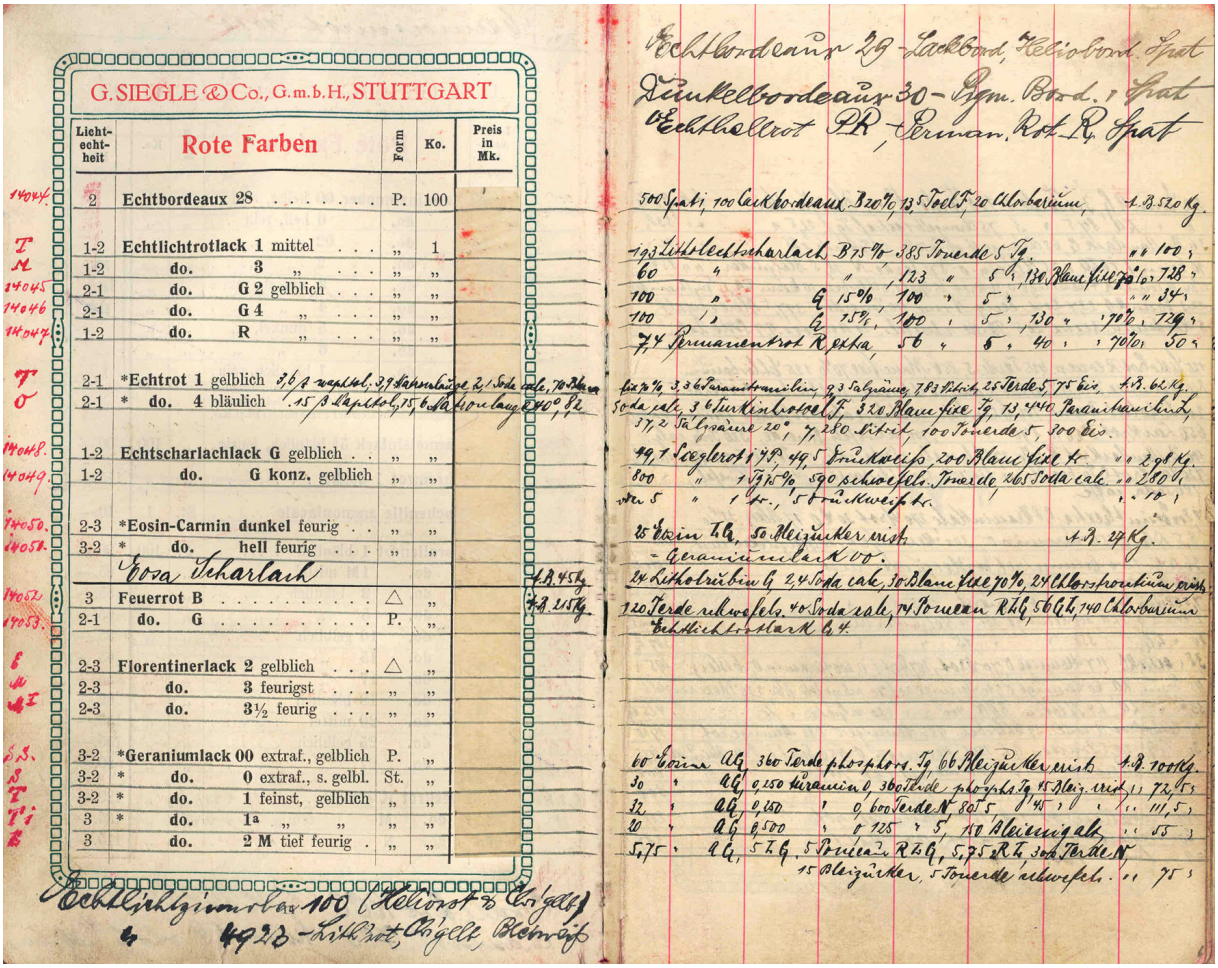
Unter den *Siegle*-Dokumenten im *BASF*-Archiv befinden sich auch einige Preislisten und Fabrikationsbücher, die für die vorliegende Arbeit besonders interessant waren. Die Listen geben Aufschluss über die breite Palette der angebotenen Farblacke; zusätzlich sind in einigen der Preislisten Farblack-Rezepturen notiert. Diese korrespondieren grundsätzlich mit den Angaben in der Farbenfabrikations-Literatur.[474] Die Farbstoffe (oder auch Pigmente) in den Rezepturen wurden mit dem vollen Handelsnamen notiert, so dass diese mit Hilfe des *Colour Index* oder mit den *Farbstofftabellen* (Schultz) meist eindeutig identifiziert werden können.

Obwohl sich in den Firmenunterlagen Aufstellungen zum Farbstoffverbrauch (z.B. von 1935) befinden, konnten keine Vertriebsdaten bzw. Informationen, die genaueren Aufschluss über die Kunden und belieferte Betriebe geben, recherchiert werden. Zumindest ist aus der Firmenchronik von Rühle bekannt, dass die Farben (eigentlich Pigmentpräparate) an diverse Farbenhändler wie auch an Hersteller von Künstlerfarben, Druckfarben u.a. geliefert wurden, aber Farbenprodukte für den Endverbraucher nie hergestellt worden sind.[475]

Aus den Preislisten geht hervor, dass viele Farblacke bzw. Buntfarben in mehreren Qualitäten im Angebot waren, die sich vor allem durch den Anteil an Verschnittmaterial (Blanc fixe, Schwerspat, Aluminiumhydroxid, Zinkoxid, Lithopone, Kreide)[476] unterscheiden.

Auch einige Proben der Sammlung des INTK sind *Siegle*-Produkte; durch Vergleich mit den Preislisten konnte für ausgewählte Proben die Fällungsvorschrift recherchiert werden (Vgl. 5.4.2. und 6.3.6.).

473 Rühle (1992), S. 139.
474 Wolff et al. (1929), S. 51-59; Zerr/Rübencamp (1906), S. 650-767, Wagner (1928), S. 313-329; (1939), S. 396-416.
475 Rühle (1992), S. 11.
476 Rühle (1992), S. 105.



G. SIEGLE & Co., G. m. b. H., STUTTGART

Licht-echt-heit	Rote Farben	Form	Ko.	Preis in Mk.
2	Echtbordeaux 28	P.	100	
1-2	Echtlichtrotlack 1 mittel . . .	„	1	
1-2	do. 3 „ . . .	„	„	
2-1	do. G 2 gelblich . . .	„	„	
2-1	do. G 4 „ . . .	„	„	
1-2	do. R „ . . .	„	„	
2-1	*Echtrot 1 gelblich	„	„	
2-1	* do. 4 bläulich	„	„	
1-2	Echtscharlachlack G gelblich . .	„	„	
1-2	do. G konz. gelblich	„	„	
2-3	*Eosin-Carmin dunkel feurig . .	„	„	
3-2	* do. hell feurig . . .	„	„	
	Rosa Scharlach			
3	Feuerrot B	△	„	
2-1	do. G	P.	„	
2-3	Florentinerlack 2 gelblich . . .	△	„	
2-3	do. 3 feurigst . . .	„	„	
2-3	do. 3½ feurig . . .	„	„	
3-2	*Geraniumlack 00 extraf., gelblich	P.	„	
3-2	* do. 0 extraf., s. gelbl.	St.	„	
3-2	* do. 1 feinst, gelblich	„	„	
3	* do. 1a „ „	„	„	
3	do. 2 M tief feurig .	„	„	

Abb. 63: Preislisten und Rezept-Details für rote Farben (Vgl. 5.4.2. und 6.3.6.); (*BASF-Archiv;* Ludwigshafen; Firmengeschichte; Geschichte der BASF; Fusion mit Knosp und Siegle, A 15/9).

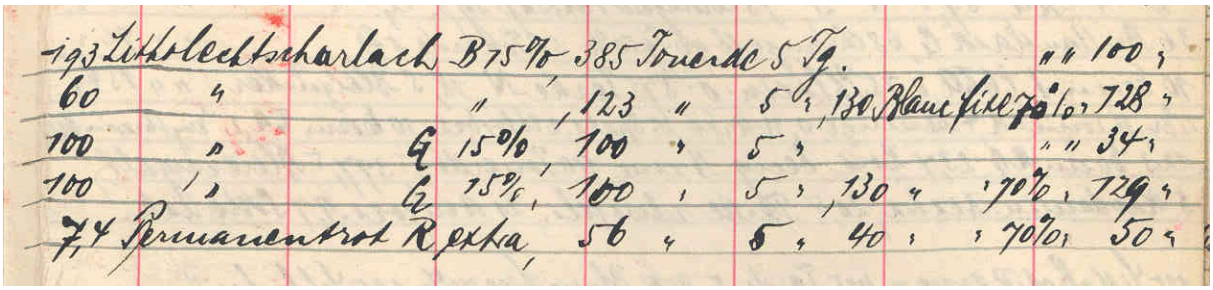


Abb. 64: Preislisten und Rezept-Details für rote Farben (Vgl. 5.4.2. und 6.3.6.); Detail aus Abb. 63/ *BASF-Archiv*; Litholechtscharlach B = Lithol Fast Scarlet B = **PR 3**/ 12120 (Bayer), Litholechtscharlach B = Lithol Fast Scarlet B = **PR 3**/ 12120, Litholechtscharlach G = Lithol Fast Scarlet G = **PR 6**/ 12090, Litholechtscharlach G = Lithol Fast Scarlet G = **PR 6**/ 12090, Permanentrot R extra = Permanent Red extra = PR 4/ 12085 (Hoechst).

9.4.5. Pigment-Empfehlungen für Künstlerfarben durch Farbenchemiker

Ergänzend zu den Farbenherstellerinformationen soll noch erwähnt werden, dass in den *Technischen Mitteilungen für Malerei* und anderen Fachjournalen wiederholt Auflistungen derjenigen Handelsnamen von synthetischen organischen Farbmitteln veröffentlicht wurden, die sich als Empfehlung der Farbenchemiker bzw. Fabrikanten für die Verwendung in Künstlerfarben verstehen.
Die Auswahl der Pigmente erfolgte vor allem hinsichtlich der Lichtbeständigkeit und Bindemittelverträglichkeit. Hervorzuheben sind in dem Zusammenhang die Listen in den Publikationen

von Krais (1915)[477] und von Trillich (1925),[478] von der Verfasserin am angegebenen Ort tabellarisch zusammengestellt [Vgl. 9.2.4.1./Tab. 56, Krais (1915) und 9.2.3./Tab. 55; Trillich (1925)].
Wertvoll werden diese Informationen aber vor allem dann, wenn diese ‚primären' Produkte der Farbenindustrie mit der tatsächlichen Praxis der Farbenfabrikation in Zusammenhang gebracht werden. So sind in diesem Kontext die Kommentare zur Eignung einzelner synthetischer organischer Farbmittel bzw. ‚Pigmentfarbstoffe' des Farbenchemikers Dr. H. Wagner[479] interessant, der als Leiter der chemisch-technischen Werkstätten der Kunstgewerbeschule in Stuttgart einen Artikel zur *„Fabrikation der Künstlerfarben"*[480] 1923/1924 in der *Farbenzeitung* publiziert.
Die dort erwähnten synthetischen organischen Farbmittel entsprechen im Wesentlichen jenen lichtecht beurteilten Produkten, die in Tab. 55 (Kap. 9.2.3./ Trillich, 1925, S. 38) aufgelistet sind und die sich, so Wagner, in der Dekorationsmalerei teilweise schon bewährt haben:

Gelbe und orange Pigmente bzw. Farblacke
In den Gelbtönen beurteilt Wagner die *Hansagelb-Marken G* (PY 1), *5G* (PY 5), die aber nicht ganz ölecht sind, für Künstlerfarben geeignet; für wässrig anzureibende Farben gibt es keine Bedenken. So sei *Hansagelb 5G* in Wasserfarbenanreibung *„vollkommen"*, während *Hansagelb G „wenigstens in konzentrierter Form ebenso gut lichtecht"* ist. – *Hansagelb 10G* (PY 3) ist, laut Wagner, 1924 für eine Beurteilung noch zu kurz am Markt! – *Siriusgelb G* [Schultz (1931) Nr. 1289, Antrachinonküpenfarbstoff] entspricht dem grünstichigen *Hansagelb 10G*, weist aber auch eine gewisse Ölunechtheit auf und dunkelt in diesem Bindemittel nach. *Helioechtgelb 6GL* (PY 23) und *Indanthrengelb R* (C.I. Vat Yellow 1) zeigen von allen den zur Verfügung stehenden gelben synthetischen organischen Farbmitteln die beste Lichtechtheit. Für die Orangetöne erwähnt Wagner *Litholechtorgane R* (PO 5) und *Tuskalinorange GN* (C.I. 12080, ß-Naphthol, ohne C.I. PO-Nr.), beide sehr gut lichtecht aber nicht ganz ölecht.[481]

Rote und rosa Pigmente bzw. Farblacke
Für rote Künstlerfarbtöne kann Wagner von den damals verfügbaren roten Teerfarbstoffen kaum einen für Künstlerzwecke besonders geeignet hervorheben. Am ehesten seien *Permanentrot R* (PR 4) – mennigerote Farbe – und *Helioechtrot RL* (PR 3), *„…der bekannte, sehr gut licht-, aber nicht ganz ölechte Farbstoff im Zinnoberton"*[482] sowie *Helioechtkarmin CL* (saurer Azofarbstoff, Ba-Lacke) im Karminton geeignet. Für Rosatöne sind das *„ausgiebige" Helioechtrosa RL* (PR 89) und auch die neueren blaustichigen Algolbrilliantrosamarken (Anthrachinonküpenfarbstoffe) brauchbar. Wagner warnt aber vor den blaustichigen *Palatinchromrot BLX* und *Pigmentscharlach 3 BL* (beide PR 60), die bei sehr guter Lichtechtheit zwar öl- und wasserecht sind, aber durch geringe Säure- und Alkalibeständigkeit leicht einen Farbumschlag nach Gelb aufweisen. Karminroten Alizarinlacken werden von Wagner allgemein gute Beständigkeiten bescheinigt, lassen aber mit Zunahme des Blaustichs an Lichtechtheit nach.[483]

Violette und blaue Pigmente bzw. Farblacke
Daher stehen die violetten sauren Alizarine *Helioechtviolett AL* (saurer Anthrachinonfarbstoff, erst im C.I. 1956 aufgelistet, C.I. 58300) oder *Säurealizarinblau BB* (C.I. Mordant Blue 23, 58610, Schultz Nr. 790), die beide unter dem Namen *Echtviolett* und *Alizarinviolett* schon seit einiger Zeit Eingang in die Künstlerfarbenskala gefunden haben, hinter den roten Hydroxyanthrachinonen deutlich zurück. Generell sind von den Alizarinen die rotvioletten und bordeauxroten Töne wie *Alizarinbordeaux B*, *Alizarincyclamin R* (C.I. Mordant Dye, 58615) oder *Anthracenblau WRL*

477 Krais (1915), S. 121.
478 Trillich (1925), S. 38-39.
479 Dr. Hans Wagner, Chemiker, gab 1928 in erster Auflage *Die Körperfarben* (Berlin, 1928) heraus. Die 2. Auflage folgte 1939. Das Fachbuch wird später erweitert, aktualisiert und unter dem Titel *Pigmente. Herstellung, Eigenschaften, Verwendung* von Hans Kittel (Stuttgart, 1960) neu herausgegeben. 2003 folgt die 2. Auflage; der neue Titel lautet jetzt *Pigmente, Füllstoffe und Farbmetrik* und gehört als 5. Band zu dem übergeordneten Titel *Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen*.
480 Wagner (1923/24); Wagner (1924-a).
481 Wagner (1924-a), S. 1549.
482 Ebenda.
483 Ebenda.

(C.I. Mordant Blue 32, 58605) wesentlich besser lichtecht als die violetten. *Helioechtviolett 2RL* (für *RRL* = C.I. 13430, Pigment ohne PV-Nr.) erwähnt Wagner als neues Farbmittel, dessen Lichtechtheitsprüfung noch ausstehe. Bei den Blautönen ist *Indanthrenblau* am lichtechtesten, lässt aber in Weißausmischungen (besonders mit Zinkweiß) nach. *Helioechtblau*-Lacke werden von Wagner hinsichtlich der Lichtechtheit dem *Echtviolett* ähnlich eingestuft; die *Heliomarine* ebenso. *Heliomarine 2GL* (Mischung aus *Helioechtblau*/Anthrachinon und *Methylenblau*) kommt als Ersatz für Pariserblau zum Einsatz, allerdings nur in Schul- oder Schablonierfarben.[484]

Grüne Pigmente bzw. Farblacke
Für grüne Farbtöne stehen 1924 laut Wagners Ausführungen nur wenige geeignete synthetische organische Farbmittel zur Verfügung. Lediglich von den grünen sauren Alizarinfarbstoffen kommt Alizarincyaningrün 3G (C.I. Acid Green 25, 61570) mit guter Wasser-, Öl- und Lichtechtheit speziell für Mischungen mit Gelb in Frage. Wagner erwähnt, dass solche Mischungen auf dem Sektor der Schulmalfarben schon seit längerer Zeit als Ersatz für Grünfarben aus Gummigutt und Preußischblau im Gebrauch sind.[485]

Obwohl die Summe aller oben genannten Informationen sich zu einem Bild der tatsächlich in Künstlerfarben der 1920er Jahre zu erwartenden synthetischen organischen Farbmitteln verdichtet, handelt es sich dabei natürlich nur um eine ‚Minimal- bzw. Empfehlungsliste.'
Einerseits kann weder davon ausgegangen werden, dass sich alle Künstlerfarbenhersteller auf diese beschränkten, noch dass die Möglichkeiten tatsächlich ausgeschöpft wurden. Andererseits hatten nicht alle Künstler immer beste Qualität bzw. ‚Künstler'-Farben im Gebrauch. Üblicherweise liegen in den seltensten Fällen konkrete Informationen über den Malmaterialeinsatz vor, so dass von einem sehr großen Qualitätsspektrum ausgegangen werden muss.

484 Ebenda.
485 Ebenda.

9.5. Exkurs: Synthetische organische Pigmente in zeitgenössischen Künstlerfarben

Im Gegensatz zu ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts sind in den gegenwärtigen Farben-Sortimenten der Künstlerfarbenhersteller zu einem großen Anteil synthetische organische Pigmente enthalten.[486] Die Evaluierung ausgewählter gegenwärtiger Künstler- bzw. Designerfarbensortimente von *Winsor & Newton* (The International Catalogue, 2002) und von *Schmincke* (Katalog 2005), zeigte folgendes Ergebnis:

Tab. 59: Synthetische organische Pigmente in ausgewählten Künstlerfarben (2002/2005).

	Gesamtanzahl der angebotenen Farbtöne	**Anzahl der Farbtöne, die synthetische organische Pigmente enthalten (teilweise in Mischung mit anorganischen Pigmenten)**	**Anteil der synthetischen organischen Pigmente in Bezug auf die Gesamtanzahl der Farbtöne (%)**
Winsor & Newton (The International Catalogue, 2002)			
Artists` Oil Colour (beste Künstler-Qualität)	120	46	~38%
Winton Oil Colour (Studien-Qualität)	56	23	~41%
Designers Gouache	90	56	~62%
Artists` Water Colour	91	37	~41%
Schmincke (Katalog, 2005)			
Künstler-Harz-Ölfarben *Mussini*	92	42	~ 46%
HKS Designers Gouache	60	48	80%

Einen genaueren Überblick zur Verwendung synthetischer organischer Pigmente in zeitgenössischen Künstlerfarben vermitteln die Tabellen 7, 8 und 9. In den Herstellerkatalogen für ausgewählte Künstlerfarben-Sorten konnten in Summe über 120 verschiedene synthetische organische Pigmente gezählt werden.
Die Ergebnisse konnten im Rahmen dieser Arbeit nicht analytisch überprüft werden, sondern beruhen auf den herstellerseitigen Angaben. Da höchstwahrscheinlich davon ausgegangen werden muss, dass die *Colour Index*-Angaben in einigen Fällen unvollständig sind und Pigmentmischungen unter Umständen nicht immer vollständig deklariert werden, ist die Gesamt-Anzahl der synthetischen organischen Pigmente in Künstlerfarben unterschiedlicher Qualitäten wahrscheinlich noch höher einzuschätzen.[487]

486 Vgl. Frowein (2004).
487 Vgl. Lutzenberger (2008): Die Autorin hat im Rahmen ihrer Arbeit Tubenfarben analysiert und zum Teil nicht deklarierte Pigmentmischungen nachweisen können.

Tab. 60: Synthetische organische Pigmente in zeitgenössischen Künstlerfarben (C.I. Pigment Yellow und Orange).

					W&N (Katalog 2004)											Schmincke (Katalog 2006)				Daler-Rowney (Katalog 2003)				Sennelier (~2006)	Doerner Institut (München) Datenbank	
	Pigment und Pigmentklasse (C.I.)	C.I. -Nr.	Patent	Markt	Artists´ Oil Colour	Winton Oil Colour	Artisan Water mixable oil colours	Griffin Alkyd Fast Drying Oil Colour	Artists´Water Colour	Cotman Water Colour	Finity Artists´Acrylic Colours	Galeria Flow Fromula Acrylic Colour	Designers Gouache	Artists Soft Pastels	Mussini Harz-Ölfarben	Horadam Gouache	Gouache	Horadam Aquarell	Artists Oil Colours	Georgian Oil Colour	Designers Gouache	Artists Watercolours	Couleurs à l'Huile Extra Fine (Finest Artists´ Oils)	Strauss, (1984), versch. Hersteller Ölfarben (undatiert)	Frowein, Dipl.-Arbeit, München (2004), S. 49-50: versch. akt. Künstlerf.
Gelb	PY1 Monoazogelb	11680	1909	1910									x						x		x			x	x
	PY1:1 Monoazogelb verl.												x							x	x		x		
	PY3 Monoazogelb	11710	1911		x	x	x	x			x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	PY12 Diarylgelb	21090	1911	1935																				x	x
	PY13 Diarylgelb	21100	1911														x						x		
	PY17 Diarylgelb	21105																							x
	PY65 Monoazogelb	11740			x	x	x		x	x		x		x				x				x			
	PY73 Monoazogelb	11738										x							x	x	x				
	PY74 Monoazogelb	11741	1957		x	x		x			x	x			x		x		x	x		x			x
	PY75 Monoazogelb	11770																							x
	PY83 Diarylgelb	21108								x	x	x		x			x			x			x		x
	PY93	20710																					x		
	PY97 Monoazogelb	11767								x															x
	PY100 Monoazo-pyrazolon/ Tatrazine Lake	19140:1	1884																x						
	PY108 Anthra-pyrimidin	68420																x							x
	PY109 Isoindolinon	56284		1980, Ciba																					x
	PY110 Isoindolinon	56280	1965		x													x	x						x
	PY128 Disazo-kondensation	20037		1978, Ciba	x						x														x
	PY129 Metallkomplex/ Azomethine Cu Kompl.	48042			x			x	x													x			x
	PY138 Chinophthalon	56300			x																	x			
	PY139 Isoindolin	56298		1973, BASF	x			x																	x
	PY150 Metallkomplex/ Nickel Azo	12764			x										x			x							x
	PY151 Benzimidazolon	13980		1971														x							x
	PY153 Metallkomplex/ Nickel Azo	48545		1975, BASF											x	x	x	x	x		x	x	x		x
	PY154 Benzimidazolon	11781		1975												x		x					x		x
	PY155 Disazo/ Bisacetessigarylid														x			x							x
	PY169 Monoazo, Ca	13955																				x			
	PY173 Isoindolinon																								x
	PY175 Benzimidazolon	11784							x	x								x							
	PY176 Diarylgelb	21103																							x
Orange	PO5 ß-Naphthol	12075	1907																					x	
	PO13 Disazopyazolon	21110	1910										x								x				x
	PO34 Disazopyrazolon	21115																	x	x					x
	PO36 Benzimidazolone	11780	1960	1964		x		x									x								x
	PO43 Perinon	71105	1924, 1950	1953, Höchst			x			x	x												x		x
	PO48 Chinacridon/ -chinon	73900/ 73920																							x
	PO49 Chinacridon/ -chinon	73900/ 73920					x		x		x								x						x
	PO59 Metallkomplex (Ni)																								x
	PO61 Isoindolin	11265		1980, Ciba																					x
	PO62 Benzimidazolon	11775	1965 Höchst		x				x		x					x	x	x				x			x
	PO67 Pyrazolochinazolon	12915		1982, BASF											x										x
	PO69 Isoindolin	56292		1983, BASF																					x
	PO71 DPP-Pigment			1996											x			x							x
	PO73 DPP-Pigment			1995	x	x																x			x
	PO74 Monoazo																								x

Tab. 61: Synthetische organische Pigmente in zeitgenössischen Künstlerfarben (*C.I. Pigment Red*).

					W&N (Katalog 2004)										Schmincke (Katalog 2006)				Daler-Rowney (Katalog				Senne-lier (~2006)	Doerner Institut (München)	
	Pigment und Pigmentklasse (C.I.)	**C.I. -Nr.**	**Patent**	**Markt**	Artists´ Oil Colour	Winton Oil Colour	Artisan Water mixable oil colours	Griffin Alkyd Fast Drying Oil Colour	Artists 'Water Colour	Cotman Water Colour	Finity Artists´Acrylic Colours	Galeria Flow Fromula Acrylic Colour	Designers Gouache	Artists Soft Pastels	Mussini Harz-Ölfarben	Horadam Gouache	Horadam Gouache	Horadam Aquarell	Artists Oil Colours	Georgian Oil Colour	Designers Gouache	Artists 'Watercolours	Couleurs à l'Huile Extra Fine (Finest Artists´ Oils)	Strauss, (1984), versch. Hersteller Ölfarben (undatiert)	Frowein, Dipl.-Arbeit, München (2004), S. 49-50: versch. akt. Künstlerf.
Rot	PR1 ß-Naphthol (hier in keiner Farbe)	12070	1880	1889																					
	PR2 Naphthol AS	12310	1911																		x				
	PR3 ß-Naphthol	12120	1904																		x			x	x
	PR4 ß-Naphthol	12085	1906										x				x		x		x			x	x
	PR5 Naphthol AS	12490	1931														x		x	x	x				x
	PR6 ß-Naphthol	12090	1906																						x
	PR7 Naphthol AS	12420	1921																					x	
	PR9 Naphthol AS	12460	1922									x	x						x	x	x				
	PR10 Naphthol AS	12440	1921																					x	
	PR12 Napthhol AS	12385	1921										x								x				x
	PR23 Naphthol AS	12355	1911																						x
	PR42 Disazopyrazolon																								x
	PR48:3 BONS, Sr	15865:3		1928									x												
	PR48:4 BONS, Mn	15865:4		1928																			x		
	PR49:1 ß-Naphthol, Ba	15630:1	1899										x												
	PR57:1 BONS, Ca	15850:1	1903																					x	
	PR81:1 Triarylcarbonium	45160:1	1913, BASF															x						x	
	PR83:1 1,2 Dihydroxy-anthroquinone, Al	58000:1			x					x				x	x	x		x	x		x	x		x	x
	PR88 Thioindigio	73312	1907						x	x	x							x	x						
	PR89 Anthrachinon	60745																						x	
	PR112 Naphthol AS	12370	1939								x	x						x		x				x	x
	PR122 Chinacridone	73915	1935, 1955	1958	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x		x		x	x	x	x
	PR144 Disazo-kondensation	20735																							x
	PR146 Naphthol AS	12458																					x		
	PR149 Perylen Red	71137	1956		x					x	x														x
	PR166 Disazo-kondensation	20730		1977, Ciba														x							x
	PR168 Anthanthron	59300	1913																						x
	PR170 Naphthol AS	12475				x	x	x				x					x	x		x		x	x		x
	PR171 Benzimidazolon	12512	1960	1964																					x
	PR173 Xanthen/ Rhodamine- Al Lack	45170:3											x												
	PR175 Benzimidazolon	12513	1960	1965																					x
	PR176 Benzimidazolon	12515	1960																					x	x
	PR177 Anthrachinon	65300						x			x							x							x
	PR178 Perylen	12515															x								
	PR179 Perylen	71130	1913												x			x				x	x		x
	PR187 Napthol AS	12486															x								
	PR188 Nahthol AS / Bon Arylamide	12467			x	x	x	x	x	x															x
	PR206 Chinacridon	73900/ 73906					x		x	x	x				x			x				x			x
	PR207 Chinacridone	73900/ 73906																							x
	PR208 Benzimidazolon	12514																					x		
	PR209 Chinacridone	73905			x	x		x			x				x							x	x		x
	PR210 Naphthol AS	12474/ 12477																		x	x				
	PR242 Disazo-kondensation	20067													x	x	x								
	PR251 Pyrazolon-chinazolon	12925		1981, BASF												x		x							x
	PR254 DPP-Pigment	56110	1974	~1986	x					x	x			x	x	x		x	x			x			x
	PR255 DPP-Pigment	561050	1983		x					x	x				x	x						x	x		x
	PR264 DPP-Pigment			1994										x								x			x

Tab. 62: Synthetische organische Pigmente in zeitgenössischen Künstlerfarben (*C.I. Pigment Violet, Green, Blue, Brown und Black*).

					W&N (Katalog 2004)											Schmincke (Katalog 2006)				Daler-Rowney (Katalog				Sennelier (~2006)	Doerner Institut (München)	
	Pigment und Pigmentklasse (C.I.)	**C.I. -Nr.**	**Patent**	**Markt**	Artists´ Oil Colour	Winton Oil Colour	Artisan Water mixable oil colours	Griffin Alkyd Fast Drying Oil Colour	Artists´Water Colour	Cotman Water Colour	Finity Artists´Acrylic Colours	Galeria Flow Fromula Acrylic Colour	Designers Gouache	Artists Soft Pastels	Mussini Harz-Ölfarben	Horadam Gouache Hard Pastels	Gouache	Horadam Aquarell	Artists Oil Colours	Georgian Oil Colour	Designers Gouache	Artists Watercolours	Couleurs a l'Huile Extra Fine (Finest Artists´ Oils)	Strauss, (1984), versch. Hersteller Ölfarben (undatiert)	Frowein, Dipl.-Arbeit, München (2004), S. 49-50: versch. akt. Künstlerf.
Violett	PV1 Triarylcarbonium (PTMA)	45170:2	1888										x				x	x			x				
	PV2 Trialylcarbonium (PTMA)	45175:1											x												
	PV3 Trialylcarbonium (PTMA)	42535:2											x					x			x			x	
	PV5:1 Anthrachinon	58055:1																							x
	PV19 Chinacridone	73900	1935	1958	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x		x	x
	PV23 Dioxazin	51319	1928	1953	x		x	x		x	x	x			x			x	x	x		x			x
	PV37 Dioxazin	51345																							x
	PV42 Chinacridon														x			x							
Grün	PG1 Triarylcarbonium (PTMA)	42040:1	1878														x							x	
	PG7 Cu-Phthalocyanine (Cl)	74260	1935	1936/ 1938	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x
	PG8 Metallkomplex, Naphthol Green (Fe)	10006		1921									x					x						x	x
	PG10 Metallkomplex	12775	1946	1947, DuPont																					x
	PG12 Fe Nitroso- ß- Naphthol lake	10020:1				x																			
	PG36 Cu-Phthalocyanin (Br)	74265	1957	1960	x		x	x	x	x	x			x	x	x		x							x
Blau	PB1 Triarylcarbonium (PTMA)	42595:2	1893										x												
	PB15 Cu-Phthalocyanin	74160	1907/ 1927	1935 (ICI)	x		x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x		x	x
	PB15:1 Cu- Phthalocyanin	74160															x	x							x
	PB15:3 Cu- Phthalocyanin	74160													x	x	x	x				x	x		x
	PB15:4 Cu- Phthalocyanin	74160																							x
	PB15:6 Cu- Phthalocyanin	74160													x			x							
	PB16 Cu- Phthalocyanin metallfrei	74100		1939							x				x	x		x							
	PB24:x Triarylmethan, Al (Acid Blue 9)	42090:1	1896																		x				
	PB60 Indanthrone	69800	1890				x				x			x	x	x		x	x			x	x		x
	PB66 unsubst. Indigio	73000													x		x	x							x
Braun	PBr1 Naphthol AS	12480	1922																					x	
	PBr23 Disazokondensation	20060	1968, Ciba																						x
	PBr25 Bezimidazolon	12510	1960	1966	x																				
	PBr41 Azo-Kondensation																	x							
Schwa	PBk1 Aniline Black	50440	1863										x												x
	PBk31 Perylen	71132		1979, BASF											x										x
	Pink Lake (C.I. Basic Violet 10 : Basic Red2)																				x				
	123 verschiedene Pigmente																								

10. Zusammenfassung und Ausblick

Die Aufarbeitung der synthetischen organischen Farbmittel aus der technologischen Sammlung des *Instituts für Naturwissenschaften und Technologie in der Kunst* (INTK) an der *Akademie der bildenden Künste Wien* bildete den Ausgangspunkt für eine umfassende Studie über synthetische organische Pigmente und Farblacke in (Künstler)Farben des frühen 20. Jahrhunderts und deren Nachweismöglichkeiten bei der materialanalytischen Untersuchung von Kunstwerken. Der Schwerpunkt der Arbeit lag dabei auf der instrumentell-analytischen Identifizierung und Klassifizierung der etwa 700 synthetischen organischen Farbmittel der INTK-Sammlung.
Zusätzlich konnten wesentliche Aspekte zur Verwendung und Akzeptanz von synthetischen organischen Farbmitteln in Künstlerfarben untersucht werden. Die Auswertung von unaufgearbeitetem Material aus zeitgenössischen maltechnischen Fachjournalen im Betrachtungszeitraum zwischen 1884 bis etwa 1940 zeigte, dass die synthetischen organischen Farbmittel als so genannte ‚Teerfarben' bis in die 1920er Jahre eine signifikante Rolle in den zeitgenössischen Auseinandersetzungen über Malmaterialqualitäten spielten. Die Verwendung synthetischer organischer Farbmittel in Künstlerfarben konnte durch literatur- und archivgestützte Studienergebnisse belegt werden.
Für die Identifizierung der synthetischen organischen Farbmittelproben der Sammlung wurden die Messergebnisse der *Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie* (FTIR) und der *Röntgenfluoreszenzanalyse* (RFA) ausgewertet und die Informationen über die Materialien in eine Datenbank übernommen. Im Ergebnis wurde eine umfangreiche FTIR-Referenzspektrendatenbank erstellt, die zukünftig eine bessere Ausnutzung der Möglichkeiten der FTIR-Spektroskopie bei der Untersuchung von Malschichtproben an Kunstwerken des 20./21. Jahrhunderts ermöglicht.
Das konnte bereits bei exemplarischen Pigmentuntersuchungen an zwei ausgewählten Gemälden aus dem frühen 20. Jahrhundert gezeigt werden. In den Malschichten wurden durch den kombinierten Einsatz von RFA, FTIR-Spektroskopie und lichtmikroskopischen Untersuchungsverfahren unterschiedliche synthetische organische Pigmente bzw. Farblacke nachgewiesen und zum Teil identifiziert. Obwohl die Untersuchungsergebnisse gezeigt haben, dass der Identifizierung organischer Farbmittel in komplexen Mischungen mit den eingesetzten analytischen Verfahren Grenzen gesetzt sind, wurde durch den komplementären Einsatz von FTIR-Spektroskopie, Polarisationsmikroskopie und RFA das Potential der Methoden deutlich verbessert.
Im Rahmen der Auswertung der Messergebnisse konnten außerdem die Möglichkeiten der multivariaten Datenanalyse für die Klassifikation synthetischer organischer Pigmente mittels ihrer FTIR-Spektren evaluiert werden. Die Ergebnisse der *K-Nearest Neighbor-Klassifikation* (KNN) und der *Partial Least-Squares Discriminant Analysis* (PLS-DA) zeigten, dass beide Methoden geeignet sind, die Klassifikation unbekannter Proben zu unterstützen. Zukünftige Forschung sollte die Optimierung der Separation innerhalb der Azopigmentklassen berücksichtigen und Strategien zur Variablenselektion gewidmet sein; dazu könnten Daten von weiteren Pigmentklassen in die Untersuchung einbezogen werden.
Hervorzuheben ist, dass die Möglichkeiten der FTIR-Spektroskopie erst durch eine umfangreiche IR-Referenzspektrendatenbank der synthetischen organischen Farbmittel ausgeschöpft werden konnten. Eine besondere Herausforderung stellen die verwendeten Farblacke dar, die zwar durch Polarisationsmikroskopie charakterisiert, aber meist nicht näher identifiziert werden konnten. Hier wäre weiterführende Forschung unter Anwendung zusätzlicher Trennmethoden und analytischer Verfahren erforderlich, die eine molekulare Charakterisierung der Farbmittel erlauben. Durch die große Vielfalt von Farbstoffen in Lacken bzw. Mischlacken des frühen 20. Jahrhunderts wären solche Untersuchungen vor allem in Kombination mit weiterführenden Studien zur Farblackfabrikation des frühen 20. Jahrhunderts ein anspruchsvolles Forschungsgebiet.

11. Bibliographie

Literatur

Albrecht (1996)	Albrecht, Claudia, „Die Farbensammlung an der TU Dresden“, In: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Jahrgang 10/1996, Heft 2, Worms, 1996, S. 294-307.
Andersen/Spelsberg (1990)	Andersen, Arne, Spelsberg, Gerd (Hrsg.): Das blaue Wunder. Zur Geschichte der synthetischen Farben. Köln, 1990.
Bacci et al. (2001)	Bacci, M.; Fabbri, M.; Picollo, M.; Porcianai, S., „Non-invasive fibre optic Fourier transform-infrared reflectance spectroscopy on painted layers identification of materials by means of principal component analysis and Mahalanobis distance“. In: Analytica chimica acta, Vol. 446/ER 1-2, 2001, S. 15-21.
Bäumler (1988)	Bäumler, Ernst, Die Rotfabriker. Familiengeschichte eines Weltunternehmens, München, 1988.
Bayer (1998)	Beyer, H., Walter, W., Lehrbuch der organischen Chemie, Stuttgart/Leipzig, 1998.
Bayerische Farbentagung (1920)	Bayerische Farbentagung in München 31. Januar, 1. und 2. Februar 1921, In: Technische Mitteilungen für Malerei, 36. Jg./Nr. 2, 1920, S. 13-28.
Bennett et al. (1990)	Bennett, J. A., Schweikert, E. A. , Van Vaeck, L., Adams, F. C., “Analysis of multicomponent dye samples with laser microprobe mass spectrometry“. In: Journal of Trace and Microprobe Techniques, 1990, S. 279-292.
Bethell (1988)	Bethell, J. T., “Damaged goods”, In: Harvard Magazine, Cambridge, Mass., July 1988, S. 24-31.
Beutel (1907)	Beutel, Ernst, Die Materialien des Kunst- und Dekorationsmalers, des Anstreichers und Lackierers: Ein Lehr- und Handbuch für Künstler und Gewerbetreibende, Wien, 1907.
Beutel (1931)	Beutel, Ernst, Die Werkstoffe des Kunst- und Dekorationsmalers, Anstreichers und Lackierers. Ein Lehr- und Handbuch für Künstler und Gewerbetreibende, 2. Auflage, Wien/Leipzig, 1931.
Bigler-Görtler/Tauber (2005)	Bigler-Görtler, J., Tauber, M., „Die Maltechnik von Robert Delaunay am Beispiel des großformatigen Gemäldes Formes circulaires, panneau mural von 1930“, Vortrag auf dem 4. Restauratorentag des VDR, Berlin, 14.-19. 11. 2005.
Billmeyer et al. (1981)	Billmeyer, F.W., Kumar, R, Saltzman, M., „Identification of Organic Colorants in Art Objects by Solution Spectrophotometry“. In: J. of Chemical Education, Vol. 58, Nr. 4, 1981, S.307-313.
Billmeyer et al.(1982)	Billmeyer, F. W., Pamer, T., Saltzman, M., „Pigment analysis for conservation”, In: Science and technology in the service of conservation. IIC Preprints, Washington congress, 3-9 September 1982, S. 177-179.
Binant (1990)	Binant, C., „Applicaton de la microspectroscopie de reflexion diffuse a l’analyse de pigments rouges organiques“. In: Pigments et Colorants- Editions du CNRS, Paris, 1990, S. 153-162.
Binant/Lautie (1989)	Binant, C., Lautie, A., „Identification of Quinacridone Pigment Mixtures Using Resonance Raman Microspectrometry”, Applied Spectroscopy, Vol. 43, Nr. 5, 1989, S. 851-855.

Bommel (2001) — Bommel, Maarten van, „The Analysis of Dyes with HPLC coupled to Photo Diode Array and Fluorescence Detection“. In: Dyes in History and Archeology, 20, 2001, S. 30-38.

Bommel et al. (2005) — Bommel, Maarten van; Geldof, Muriel; Hendriks, Ella, „An investigation of organic red pigments used in paintings by Vincent van Gogh (November 1885 to February 1888)”, In: ArtMatters: Netherlands technical studies in art, Ed. Waanders, Zwolle, Vol. 3, 2005, S. 111-137.

Boon et al. (2002) — Boon, Jaap J.; Keune, Katrien; Learner, Tom, „Identification of pigments and media from a paint cross-section by direct mass spectrometry and high-resolution imaging mass spectrometric and microspectroscopic techniques“. In: ICOM Committee for Conservation, ICOM-CC: 13th Triennial Meeting, Rio de Janeiro, 22-27 September 2002, Preprints, London 2002, S. 223-230.

Boon/Learner (2002) — Boon, J., Learner, T., „Analytical mass spectrometry of artist` acrylic emulsion paints by direct temperature resolved mass spectrometry and laser desorption ionisation mass spectrometry”. In: J. Anal. Appl. Pyrolysis, 64, 2002, S. 327-344.

Borkin (1979/1990) — Borkin, J., Die unheilige Allianz der I.G. Farben: Eine Interessengemeinschaft im Dritten Reich, Frankfurt a. M., 1. Aufl. 1979, [Reihe Campus; 1030] 1990.

Bottler (1928) — Bottler, Max, „Ueber künstlich gefärbte Mineralfarben“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 15. Jg./Nr. 9, 1898, S. 2-4.

Bremer (1928) — Bremer, H., „Die echte, permanente und solide Teerfarbe (Unzureichende und ungeeignete Namensbezeichnungen für Teerfarben)“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 44. Jg./Nr. 1, 1928, S. 6-7.

Brereton (2006) — Brereton, R. G., Chemometrics. Data Analysis for the Laboratory and Chemical Plant, Wiley & Sons, Chichester et al., 2006.

Brommelle (1964) — Brommelle, N. S., „The Russell and Abney Report on the Action of Light on Water Colours“. In: Studies in Conservation, Vol. 9, No. 4, 1964, S. 140-152.

Bucherer (1920) — Bucherer, H. T., Die Teerfarbstoffe mit Berücksichtigung der synthetischen Methoden, Leipzig, 1920.

Bucherer (1921) — Bucherer, H. T., Lehrbuch der Farbenchemie, Leipzig, 1921.

Burr/Rowe (1928) — Burr, A. H., Rowe, F. M., „The Constitution of Hansa Yellow 3G, 5G, and 10G (M.L.B.), and Permanent Yellow R and 4R (A.G.F.A.)”. In: Journal of the Society of Dyers and Colourists, 44, 1928, S. 205-207.

Cañamares et al. (2008) — Cañamares, Maria V.; Geiman, Irina; Lombardi, John R.; Leona, Marco, „Raman and Surface Enhanced Raman Spectra of Early Synthetic Dyes“. Posterpräsentation, IRUG-8, The Eighth Biennial Conference of the Infrared and Raman Users Group, Wien 26.-29. März 2008.

Cañamares et al. (2008) — Cañamares, Maria V.; Lombardi, John R.; Leona, Marco, „Raman and Surface Enhanced Raman Spectra of Natural and Synthetic Flavonoids”. Posterpräsentation, IRUG-8, The Eighth Biennial Conference of the Infrared and Raman Users Group, Wien 26.-29. März 2008.

Carlyle (1993) — Carlyle, Leslie, „Authenticity and Adulteration: What materials were 19th century artist`s really using?“. In: The Conservator, 17, 1993, S. 56-60.

Carlyle (2001) — Carlyle, Leslie, The Artist`s Assistant. Oil Painting Instruction Manuals and Handbooks in Britain 1800-1900 with Reference to Selected Eighteenth-century Sources. Archetype Publications London, 2001.

Castle (1982)	Castle, D. A., „Pigment analysis in the forensic examination of paints. II Analysis of motor vehicle paint pigments by chemical tests“. In: Journal of the Forensic Science Society 22(2), 1982, S. 179-186.
Cazenobe (2002)	Cazenobe, I., Bacci, M., Picollo, M., Radicati, B., „Non-destructive spectroscopic investigations of dyed textiles: an application to yellow dyed wool samples”. In: ICOM-CC Preprints, 13th Triannial Meeting, 2002, Vol. 1, S. 238-244
Centeno et al.(2006)	Centeno, S. A.; Llado-Buisan, V.; Ropret, P., „Raman study of synthetic organic pigments and dyes in early lithographic inks (1890-1920)”. In: Journal of Raman spectroscopy, 37, no. 10, 2006, S. 1111-1118.
Christen/Vögele (1992)	Christen, H. R., Vögele, F. , Organische Chemie: Von den Grundlagen zur Forschung, Salle + Sauerländer, Frankfurt a. M., 1992.
Ciliberto/Spoto (2000)	Ciliberto, E., Spoto, G., Modern Analytical Methods in Art and Archaeology, In: Chemical Analysis. A Series of Monographs on Analytical Chemistry and its Applications, Ed. J. D. Winefordner, Vol. 155, Wiley & Sons, New York, 2000.
Čižek (1985)	Čižek, Franz (1865-1946) - Pionier der Kunsterziehung. Ausstellungskatalog des Historischen Museums der Stadt Wien, Wien, 1985.
Colombini/Kaifas (2008)	Colombini, Alain; Kaifas; Delphine, „Characterization of Some Orange and Yellow Organic and Fluorescent Pigments by Raman Spectroscopy”. Vortrag, IRUG-8, The Eighth Biennial Conference of the Infrared and Raman Users Group, Wien 26.-29. März 2008.
Colour Index (2005)	Colour Index International Heritage Edition (DVD), Ed. Society of Dyers and Colourists, PO Box 244, Perkin House, 82 Grattan Road, Bradford BD1 2JB, England, 2005.
Colour Index, 1. Aufl. (1924-1928)	Colour Index, 1st ed., Society of Dyers and Colourists, Bradford, and American Association of Textile Chemists and Colorists, Research Triangle Park, NC, 1924-1928.
Colour Index, 2. Aufl. (1956-1967)	Colour Index, 2nd ed., Vol. 1-4, Society of Dyers and Colourists, Bradford, and American Association of Textile Chemists and Colorists, Research Triangle Park, NC, 1956-1967.
Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998)	Colour Index, 3rd ed., Vol. 1-9, Society of Dyers and Colourists, Bradford, and American Association of Textile Chemists and Colorists, Research Triangle Park, NC, 1971-1998.
Crook/Learner (2000)	Crook, Jo; Learner, Tom, The impact of modern paint. Tate Gallery Publ., London, 2000.
Curry at al. (1982)	Curry, C. J., Rendle, D. F., Rogers, A., „Pigment Analysis in the Forensic Examination of Paints, Pt. 1, Pigment Analysis by X-Ray Powder Diffraction“. In: Journal of Forensic Science Society, 22, 1982, S. 173-177.
Curtis (1929)	Curtis, C. A., Künstliche organische Pigmentfarben und ihre Anwendungsgebiete, Springer Verlag Berlin, 1929.
Davey et al. (1994)	Davey, R., Gardiner, D. J., Singer, B. W., Spokes, M., „Examples of Analysis of Pigments from Fine Art Objects by Raman Microscopy“. In: Journal of Raman Microscopy, 25, 1994, S. 53-57.

De Keijzer (1987) — De Keijzer, Matthijs, „Microchemical identification of modern organic pigments in cross-sections of artists` paintings", In: ICOM-CC Preprints, 8th Triannial Meeting, Sydney, Australia, 6.-11. 9. 1987, ed. K. Grimstad, Marina del Rey, Calif.: Getty Conservation Institute, 1987, Vol. 1, S. 33-35.

De Keijzer (1988) — De Keijzer, Matthijs, „The blue, violet and green modern synthetic organic pigments of the twentieth century used as artists' pigments". In: Preprints of contributions to the Modern Organic Materials Meeting. Edinburgh, 14-15 April, 1988, SSCR, Edinburgh, S. 97-103.

De Keijzer (1989) — De Keijzer, Matthijs, „The colourful twentieth Century". In: Modern Art: The restoration and techniques of modern paper and paints, Proceedings of a Conference, London, May 22nd, 1989, UIKC, Fairbrass, S.; Hermans, J. (ed.), 1989, S. 13-20.

De Keijzer (1990) — De Keijzer, Matthijs, „Microchemical analysis of synthetic organic artists' pigments discovered in the 20th century". In: ICOM-CC Preprints, 9th Triennial Meeting Dresden, 26.-31.8.1990, Grimstad, K. (ed.), Paris, 1990, Vol. 1, S. 220-225

De Keijzer (1999) — De Keijzer, Matthijs, „A survey of red and yellow modern synthetic organic artists' pigments discovered in the 20th century and used in oil colours". In: ICOM-CC Preprints,12th Triennial Meeting Lyon, 29. 8. - 3. 9. 1999, London, 1999, Vol. 1, S. 369-374.

De Keijzer (2002) — De Keijzer, Matthijs, „The History of modern synthetic inorganic and organic artist `s pigments". In: Contributions to Conservation, Ed. Mosk, J.A.; N. H. Tennent, London, 2002, S. 42-54.

De Keijzer/Van d. Berg (2003) — De Keijzer, Matthijs, Van den Berg, Klaas J., „Onderzoek naar rode lakken". In: Materialtechnische informatie over beeldende Kunst en vormgeving, KM 47, Perceptie, 2003, S. 14-17.

Derrick et al. (1999) — Derrick, Michele R., Stulik, Dusan, Landry, James M., Infrared spectroscopy in conservation science (Scientific tools for conservation). Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1999.

Desnica (2005) — Desnica, Vladan, Development, Construction and Application of a Portabel X-Ray Fluorescence Device for Analysis of Art Objects, Dissertation, TU Wien, 2005.

Desnica/Schreiner (2006) — Desnica, V., Schreiner, M., „A LabVIEW-controlled portable x-ray fluorescence spectrometer for the analysis of art objects". In: X-Ray Spectrometry 35, 2006, S. 280-286.

Deutsche Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren: Protokoll (1907) — Deutsche Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren e. V. in München - Protokoll der 1. Sitzung der Kommission zur Bekämpfung von Mißständen in der Herstellung, im Handel und in der Verarbeitung der Farben und Malmaterialien, In: Technische Mitteilungen für Malerei, 23. Jg./Nr. 15, 1907, S. 156-167.

Deutsche Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren: Protokoll Mitgliederversammlung (1903-a) — „Deutsche Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren. Protokoll der öffentlichen Mitgliederversammlung vom 14.Oktober 1903". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 20. Jg./Nr. 9, 1903, S. 85-92.

Deutsche Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren: Protokoll Mitgliederversammlung (1903-b) — „Deutsche Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren. Protokoll der öffentlichen Mitgliederversammlung vom 14.Oktober 1903 (Schluss)". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 20. Jg./Nr. 12, 1903, S. 121-124.

DG Bericht (1902) — „Bericht der Deutschen Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren" In: Technische Mitteilungen für Malerei, 18. Jg./Nr. 18, 1902, S. 181-184.

Die neuen lichtechten Teerfarbstoffe (1912-a)	„Die neuen „lichtechten“ Teerfarbstoffe in ihrer Verwendung für die Kunstmalerei“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 28. Jg./Nr. 20, 1912, S. 184-185.
Die neuen lichtechten Teerfarbstoffe (1912-b)	„Die neuen ‚lichtechten‘ Teerfarbstoffe in ihrer Verwendung für die Kunstmalerei“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 28. Jg./Nr. 18, 1912, S. 170.
Die neuen lichtechten Teerfarbstoffe (1912-c)	„Die neuen ‚lichtechten‘ Teerfarbstoffe und ihre Verwendung für die Kunstmalerei“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 28. Jg./Nr. 17, 1912, S. 162.
Dinblatt-Entwurf Narga (1933)	„Zum Dinblatt-Entwurf Narga 213“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 49. Jg./Nr. 1, 1933, S. 5-6 .
Doerner (1921)	Doerner, Max, Malmaterial und seine Verwendung im Bilde, 1. Auflage, München u.a., 1921.
Doerner (1922-a)	Doerner, Max, „Farbenskalen in der Praxis“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 38. Jg./Nr. 1, 1922, S. 5-6.
Doerner (1922-b)	Doerner, Max, „Ostwalds Lehre und die Künstlerfarbenfrage. Ein Schlusswort“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 38. Jg./Nr. 4, 1922, S. 46-48.
Doerner (1928-a)	Doerner, Max, Malmaterial und seine Verwendung im Bilde, 3. Auflage, Berlin/ Wien, 1928.
Doerner (1928-b)	Doerner, Max, „Teerfarbstoffe in künstlerischer Malerei“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 44. Jg./Nr. 5, 1928, S. 55-56.
Doerner (1930)	Doerner, Max, „Maltechnik jetzt und künftig?“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 46. Jg./Nr. 22, 1930, S. 255-259.
Doerner (1931)	Doerner, Max, „Zur Abwehr!“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 47. Jg./Nr. 13, 1931, S. 149-150.
Doerner (1933)	Doerner, Max, Malmaterial und seine Verwendung im Bilde, 4. Auflage, Stuttgart, 1933.
Doerner (1938)	Doerner, Max, Malmaterial und seine Verwendung im Bilde, 6. Auflage, Stuttgart, 1938.
Doerner (1941)	Doerner, Max, Malmaterial und seine Verwendung im Bilde: nach den Vorträgen an der Akademie der Bildenden Künste in München / von Max Doerner. Neu hrsg. von Toni Roth, 7. verb. Aufl., Stuttgart, 1941.
Doerner (1989)	Doerner, Max, Malmaterial und seine Verwendung im Bilde, 17. Auflage, Stuttgart, 1989.
Drisko et al. (1985)	Drisko, K.; Cass, G. R.; Whitmore, P.M.; Druzik, J. R., „Fading of Artists` Pigments due to atmospheric Ozon”, Wiener Berichte über Naturwissenschaften in der Kunst, Wien, 1985, S. 66-89.
Eibner (1905-a)	Eibner, Alexander, „Ueber Indischgelb und seine Ersatzmittel“, In: Technische Mitteilungen für Malerei, 22. Jg./Nr. 11, 1905, S. 164-167.
Eibner (1905-b)	Eibner, Alexander, „Untersuchungen über die Lichtechtheit von Malerfarbstoffen“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 22. Jg./Nr. 12, 1905, S. 174-178.
Eibner (1908-a)	Eibner, Alexander, „Ueber die Verwendung von Teerfarbstoffen in der Anstrichtechnik“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 24. Jg./Nr. 16, 1908, S. 137-144.

Eibner (1908-b) — Eibner, Alexander, „Ueber die Verwendung von Teerfarbstoffen in der Anstrichtechnik (Fortsetzung)“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 24. Jg./Nr. 17, 1908, S. 147-150.

Eibner (1908-c) — Eibner, Alexander, „Ueber die Verwendung von Teerfarbstoffen in der Anstrichtechnik (Schluß)“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 24. Jg./Nr. 19, 1908, S. 168-171.

Eibner (1909) — Eibner, Alexander, Malmaterialienkunde als Grundlage der Maltechnik. Für Kunststudierende, Künstler, Maler, Lackierer, Fabrikanten und Händler, Berlin, 1909.

Eibner (1914) — Eibner, Alexander, „Die Normalfarbenskala“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 30. Jg./Nr. 24, 1914, S. 228-231; Fortsetzung: 31. Jg./Nr. 1, 1914, S. 5-11.; Fortsetzung: 31. Jg./Nr. 2, 1914, S. 16-19; Fortsetzung: 31. Jg./Nr. 3, 1914, S. 23-27; Fortsetzung: 31. Jg./Nr. 4, 1914, S. 34-36; Schluss: 1914, 31. Jg./Nr. 5, S. 45-48.

Eibner (1915) — Eibner, Alexander, „Die Normalfarben-Skala der Deutschen Gesellschaft für rationelle Malverfahren“, 3. Stück der Monographien zur Maltechnik, Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für rationelle Malverfahren, München, 1915.

Eibner/Wolf (1922) — Eibner, Alexander, Wolf, L., „Die Gegensätze zwischen Stoff-Normung und Ton-Normung in den Künstlerölharzfarben nach Ostwald der Firma Günther Wagner Hannover”. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 38. Jg./Nr. 2, 1922, S. 21-24.

Eilido-Farben (1911) — „Eilidofarben“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 28. Jg./Nr. 12, 1911, S. 112 (kurze Mitteilung bzw. Notiz der Redaktion).

Eilido-Farben (1912-a) — „Eilido-Farben“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 28. Jg./Nr. 12, 1912, S. 112.

Eilido-Farben (1912-a) — „Zur Eilidofarbenfrage“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 28. Jg./Nr. 23, 1912, S. 209 (redaktionelle Mitteilung über die Beleidigungsklage).

Eilido-Farben (1912-b) — „Eilido-Farben“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 28. Jg./Nr. 23, 1912, S. 212-213.

Eilido-Farben (1912-b) — „Eilido-Farben“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 28. Jg./Nr. 23, 1912, S. 212-213.

Eilido-Farben (1912-c) — „Ueber die Eilidofarben“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 28. Jg./Nr. 24, 1912, S. 230.

Eilido-Farben (1912-d) — „Ueber die Eilido-Farben (Eine Antwort an Herrn G. T.)“. In: Technischen Mitteilungen für Malerei, 29. Jg./Nr. 2, 1912, S. 10-11.

Eilidofarbenklagssache (1912) — „Zu Dr. C. Königs Eilidofarbenklagssache“. In: Technischen Mitteilungen für Malerei, 29. Jg./Nr. 8, 1912, S. 69-70.

Eipper (1997) — Eipper, P.-B., Vier Künstlerfarbenhersteller zwischen 1900 und 1970. Die Reinigung von Gemäldeoberflächen mit wässrigen Systemen, Bern, 1997.

Eriksson et al. (2003) — Eriksson, L., Antti, H., Holmes, E., Johansson, E., Lundstedt, T., Shockcor, J., Wold, S., Partial least squares (PLS), in: J. Gasteiger (ed.): Handbook of Chemoinformatics, Vol. 3, Wiley-VCH, Weinheim, 2003, S. 1134-1166.

Fabbri et al. (2001) — Fabbri, Martha; Picollo, Marcello; Porcinal, Simone; Bacci, Mauro, „Mid-infrared fiber-optics reflectance spectroscopy: a noninvasive technique for remote analysis of painted layers. Part II: statistical analysis of spectra“. In: Applied Spectroscopy, Vol. 55/4, 2001, S. 428-433

Fanal-Farbstoffe (~1924) — Fanal-Farbstoffe, I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft Frankfurt am Main, o. Datum, nach 1924.

Farbenfälschungen (1895) — „Farbenfälschungen“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 12. Jg./Nr. 6, 1895, S. 6-7.

Farbenfälschungen (1905-a) — „Die Farbenfälschungen und die Ueberhandnahme der Phantasiebezeichnungen in Bezug auf unser Material“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 21. Jg./Nr. 14, 1905, S. 128-130.

Farbenfälschungen (1905-b) — „Die Farbenfälschungen und die Ueberhandnahme der Phantasiebezeichnungen in Bezug auf unser Material, In: Technische Mitteilungen für Malerei, 21. Jg./Nr. 15, 1905, S. 136-142..

Farbenfälschungen (1905-b) — „Die Farbenfälschungen und die Ueberhandnahme der Phantasiebezeichnungen in Bezug auf unser Material“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 21. Jg./Nr. 16, 1905, S. 145-151.

Farbenkonferenz Werkbund (1911) — „Eine Farbenkonferenz des deutschen Werkbundes“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 28. Jg./Nr. 12, 1911, S. 105-107.

Farbenschwindel (1902) — „Der Farbenschwindel und die Konkurrenz des Auslandes im Farbenhandel“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 19. Jg./Nr. 4, 1902, S. 44-45.

Farbentagung (1929-a) — „Die IV. Farbentagung in München am 18. und 19. Februar 1929 (Vorträge der IV. Farbentagung im Auszug). Fortsetzung“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 45. Jg./Nr. 7, 1929, S. 91-100.

Farbentagung (1929-b) — „Die IV. Farbentagung in München am 18. und 19. Februar 1929 (Vorträge der IV. Farbentagung im Auszug). Fortsetzung“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 45. Jg./Nr. 9, 1929, S. 115-124.

Fierz-David (1916) — Fierz-David, Hans E., Künstliche organische Farbstoffe, In: Technologie der Textilfasern, III. Band, Berlin, Springer, 1926.

Fischer (1996) — Fischer, Karin, „Die Dresdner Farbstoffsammlung im Lichte der Entwicklung der Teerfarbenindustrie“. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden, 45, 1996, Heft 2, S. 90-91.

Flieder (1968) — Flieder, Francoise, „Mise au point des techniques d`identification des pigments et des liants inclus dans la couche picturale des enluminures de manuscrits“. In: Studies in Conservation, 13, 1968, S. 49-86.

Formanek (1926) — Formanek, J., Die Untersuchung und Nachweis organischer Farbstoffe auf dem spektroskopischen Wege. Berlin, 1. Auflage 1908, 2. Auflage, 1926.

Franz Čižek (1985) — Franz Čižek (1865-1946) – Pionier der Kunsterziehung. Ausstellungskatalog des Historischen Museums der Stadt Wien, Wien, 1985.

Frowein (2004) — Frowein, Susanne, Synthetische organische Pigmente in zeitgenössischen Künstlerfarben: Angebot, neue Entwicklungen und Nachweismöglichkeiten, Diplomarbeit, TU München, 2004.

Frühmann et al. (2003)	Frühmann, B., Schreiner, M., Mantler, M., „Anorganische historische Pigmente einer Pigmentsammlung in Wien: Identifizierung und Charakterisierung zur Erstellung einer Datenbank“. In: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, 17. Jg. /Heft 2, 2003, S. 294-304.
Gaertner (1963)	Gaertner, H., „Modern Chemistry of Organic Pigments”. In: J. Oil & Colour Chemists´ Assoc., 1963, S. 13-46.
Garfield (2002)	Garfield, Simon, Lila. Wie eine Farbe die Welt veränderte, Berlin, 2002.
Gegen die Farbenschwindel-Bewegung (1905)	„Gegen die Farbenschwindel-Bewegung“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 21. Jg./Nr. 18, 1905, S. 169-173.
Gegen die Farbenschwindel-Bewegung (1905)	„Zum Kapitel: Gegen die Farbenschwindel-Bewegung“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 21. Jg./Nr. 21, 1905, S. 200-203.
Geissler (1977-a)	Geissler, Georg, „Überblick über die Geschichte der organischen Pigmente. Teil I: Die klassischen Produkte“. In: Defazet, 31. Jg./Nr. 4, 1977, S. 152-156.
Geissler (1977-b)	Geissler, Georg, „Überblick über die Geschichte der organischen Pigmente. Teil II: Entwicklungen der letzten 25 Jahre“, Defazet, 31. Jg./Nr. 5, 1977, S. 190-196.
Gettens et al. (1993)	Gettens, R. L., Feller, R. L., Chase, W. T., „Vermillion and Cinnabar”. In: Artists' Pigments. A Handbook of Their History and Characteristics, Vol. 2, Ashok Roy (ed.), Washington, 1993, S. 159-182.
Gevekoth (1884)	Gevekoth, H., „Über die Theerfarbstoffe“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 1. Jg./Nr. 1, 1884, S. 5-6.
Glinsman (2005)	Glinsman, Lisha D., „The practical application of air-path X-ray fluorescence spectrometry in the analysis of museum objects“. In: Reviews in Conservation, Nr. 6, 2005, S. 3-17.
Goltz (2002)	Goltz, Michael von der, Kunsterhaltung - Machtkonflikte: Gemälde-Restaurierung zur Zeit der Weimarer Republik, Berlin: Reimer, 2002.
Gottwald/Wachter (1997)	Gottwald, W., Wachter, G., IR-Spektroskopie für Anwender, Reihe: Die Praxis der instrumentellen Analytik, Hrsg. U. Gruber, W. Klein, Wiley-VCH Weinheim, 1997.
Graebe (1920)	Graebe, Carl, Geschichte der organischen Chemie, Bd. 1, Berlin, 1920.
Green (1920)	Green, Arthur, The Analysis of Dyestuffs, London, 1920.
Guineau (1989)	Guineau, Bernard, „Non-Destructive Analysis of Organic Pigments and Dyes using Raman Microprobe, Microfluorometer or Absorption Microspectrophotometer“. In: Studies in Conservation, 34, 1989, S. 38-44.
Günzler/Gremlich (2003)	Günzler, Helmut, Gremlich, Hans- Ulrich, IR-Spektroskopie. Eine Einführung, 4. Aufl., Wiley-VCH Weinheim, 2003.
Halpine (1996)	Halpine, S. M., „An improved dye and lake pigment analysis method for high-performance liquid chromatography and diode-array detector”. In: Studies in Conservation, 41/2, 1996, S. 76-94.
Hebbeling (1929)	Hebbeling, Hans, „Kadmium- oder Hansafarben“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 45. Jg./Nr. 19, 1929, S. 239-240.
Hebbeling (1938)	Hebberling, Hans, Die neuen Werkstoffe im Farbenhandel, Union Dt. Verl.-Ges., Berlin, 1938.

Heckel (1958) — Heckel, L., „Ausschnitte aus der Chemie organischer Pigmente“. In: Fette-Seifen-Anstrichmittel, 60. Jg., Nr. 7, 1958, S. 560-564.

Heinle (1967) — Heinle, K., „Die Pigmententwicklung seit 1947“. In: Deutsche Farben-Zeitschrift, 21. Jg., Nr. 8, 1967, S. 398-406.

Henseling/Salinger (1990) — Henseling, Karl O., Salinger, Anselm, „Teerfarben. Keimzelle der modernen Chemieindustrie“. In: Andersen, Arne, Spelsberg, Gerd (Hrsg.): Das blaue Wunder. Zur Geschichte der synthetischen Farben. Köln, 1990, S. 82-144.

Herbst/Hunger (1995) — Herbst, Willy, Hunger, Klaus, Industrielle Organische Pigmente. Herstellung, Eigenschaften, Anwendung, VCH Weinheim, 2. Auflage, 1995.

Herbst/Hunger (2004) — Herbst, Willy, Hunger, Klaus, Industrial Organic Pigments. Production, Properties, Applications, Herstellung, Eigenschaften, Anwendung, VCH Weinheim, 3. Auflage, 2004.

Hesse (1933) — Hesse, J., „Lichtstarke T-Farben“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 49. Jg./ Nr. 11, 1933, S. 85.

Hochleitner (2002) — Hochleitner, Bernadette, Identifizierung und Charakterisierung von historischen Farbpigmenten mit Hilfe von Röntgendiffraktometrie (XRD), Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) und Fouriertransformierter Infrarotspektroskopie (FTIR), Dissertation, TU Wien, 2002.

Höchtl (1994) — Höchtl, Sascha, Untersuchung, Konservierung und Restaurierung von Gouachebildern, Marianne (MY) Ullmann. Diplomarbeit, Akademie der bildenden Künste, Wien, 1994.

Holdermann (1953) — Holdermann, Karl, Im Banne der Chemie. Carl Bosch, Leben und Werk, Düsseldorf, 1953.

Hölzl (1982) — Hölzl, Josef, Die Geschichte der Warenkunde in Österreich, Schriftenreihe des Instituts für Technologie und Warenwirtschaftslehre der Wirtschaftsuniversität Wien, Hrsg. Hölzl, J., Wien, Band 5, 1982.

Hoppe (1914) — Hoppe, J. , „Wirkungen des Krieges-Französische und englische Farben und Lacke“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 31. Jg./Nr. 8, 1914, S. 70-72.

Hummel/Scholl (1981) — Hummel/Scholl, Atlas der Polymer- und Kunststoffanalyse. Band 3: Zusatzstoffe und Verarbeitungshilfsmittel: Spektren und Methoden zur Identifizierung, Hummel, Dieter O., Atlas der Polymer- und Kunststoffanalyse, München, Wien: Hanser, Weinheim [u.a.] , 2. Aufl., 1981.

Hurst (1890) — Hurst, George H., „On the Use of Coal-Tar Colours in the Manufacture of Pigments for Painters, etc.”. In: The Journal of the Society of Dyers and Colourists JSDC, Bradfort/UK, 25. February 1890, S. 32-36.

ICI (1948) — Dystuffs for Paper, Imperial Chemical Industries Limeted (ICI), Dystuff Division , White & Farrell Limited, 1948.

ICI (1957) — Pigments for Paint. Organic and Inorganic. Imperial Chemical Industries Limeted, Dystuff Division (Musterkarten), ICI, England, White & Farrell Limited. Hull, 1957.

ICI (1958) — Die Produkte der Farbstoffgruppe, Imperial Chemical Industries Limeted (ICI), Dystuffs Division, White & Farrell Limited.ICI England, John Waddinigton Ltd., Leeds und London, 2. Auflage, 1958.

ICI (1963-a) — Pigments for Printing Inks, Vol. 1 und Vol. 2, Imperial Chemical Industries Limeted (ICI), Dystuffs Division (Musterkarten), White & Farrell Ltd., Hull, 1963.

ICI (1963-b)	Pigmente für Druckfarben. Pigmente für Anstrichfarben (Pigments for Printinig Inks. Pigments for Paints), Imperial Chemical Industries Limeted (ICI), Dystuffs Division, 1963.
Immerheiser (1908-a)	Immerheiser, C., „Zeitgemässes über Teerfarbstoffe“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 25. Jg./Nr. 10, 1908, S. 98-99.
Immerheiser (1908-b)	Immerheiser, C., „Zeitgemässes über Teerfarbstoffe“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 25. Jg./Nr. 11, 1908, S. 108.
Immerheiser (1909-a)	Immerheiser, C., „Zeitgemässes über Teerfarbstoffe“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 25. Jg./Nr. 16, 1909, S. 155-157.
Immerheiser (1909-b)	Immerheiser, C., „Einiges Wissenswerte über Teerfarbstoffe und Teerfarblacke“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 26. Jg./Nr. 4, 1909, S. 32-35.
Jaennicke (1913).	Jaennicke, Friedrich, Jaennickes Handbuch der Aquarellmalerei, 7. Aufl., neu bearb. v. Franz Sales [1. Aufl. 1875], Neff Verlag, Esslingen a. N., 1913.
Jägers (2000)	Jägers, Elisabeth, „100 Flaschen mit Pigmenten – Eine Sammlung von Farbstoffmustern aus dem Zeitraum von 1904 bis 1939“. In: Farbmetrik und Farbenlehre – Die Sammlung Friedrich Schmuck, Köln, 2000, S. 78-85.
Janssens/Van Grienken (2004)	Janssens, K., Van Grienken, R. (ed.), Non Destructive Microanalysis of Cultural Heritage Materials, Comprehensive Analytical Chemistry, Vol. XLII, Amsterdam et al, 2004.
Johnson/Learner (2005)	Johnson, Julia; Learner, Tom, „Separation of Acrylic Paint Components and their Identification with FTIR Spectroscopy”. In: IRUG6 Conference, Proceedings, Florence, 2005, S. 58-65.
Johnston-Feller (2001)	Johnston-Feller, Ruth, Color science in the examination of museum objects. Nondestructive procedures. Getty Conservation Institute, Los Angeles, 2001.
Kaemmerer (1913-a)	Kaemmerer, Paul, „Professor E. Bergers Vergleich der Deutschen Gesellschaft zur Förderung rationeller Malverfahren mit der ‚Society of Mural Dekorators and Painters in Tempera‘ in London“. In: Technischen Mitteilungen für Malerei, 30. Jg./Nr. 8, 1913, S. 64-67.
Kaemmerer (1913-b)	Kaemmerer, Paul, „Professor E. Bergers Vergleich der Deutschen Gesellschaft zur Förderung rationeller Malverfahren mit der ‚Society of Mural Dekorators and Painters in Tempera‘ in London (Schluss)“. In: Technischen Mitteilungen für Malerei, 30. Jg./Nr. 9, 1913, S. 71-74.
Kaemmerer (1915)	Kaemmerer, Paul, „Zeitgemäßes zum Deutschen Farbenbuch“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 31. Jg./Nr. 16, 1915, S. 137.
Kahrim et al. (2008)	Kahrim, Kenza; Bagniuk, Jacek; Doherty, Brenda; Clementi, Catia, Miliani, Costanza; van Bommel, Maarten R., „The Vibrational and Electronic Spectroscopic Characterization of Early Synthetic Dyes”. Posterpräsentation, IRUG-8, The Eighth Biennial Conference of the Infrared and Raman Users Group, Wien 26.-29. März 2008.
Kalsbeek (2005)	Kalsbeek, Nicoline, „Identification of Synthetic Organic Pigments by Characteristic Colour Reactions”. In: Studies in Conservation, 50, 2005, S. 205-229.
Keim (1885)	Keim, Adolf W., „Über die modernen Künstlerölfarben“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 2. Jg./Nr. 8, 1885, S. 25-28, Fortsetzung: 2. Jg./ Nr. 9, 1885, S. 30-36.

Keim (1887) — Keim, Adolf W., „Die moderne Farbenindustrie und die Interessen der Farbenkonsumenten“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 4. Jg./Nr. 36, 1887, S. 77-78.

Keim (1888-a) — Keim, Adolf W., „Die moderne Farbenindustrie und die Interessen der Farbenkonsumenten“ (Fortsetzung). In: Technische Mitteilungen für Malerei, 5. Jg./ Nr. 48, 1888, S. 85-89.

Keim (1888-b) — Keim, Adolf W., „Die moderne Farbenindustrie und die Interessen der Farbenkonsumenten“ (Fortsetzung). In: Technische Mitteilungen für Malerei, 5. Jg./Nr. 56/57, 1888, S. 153-157.

Keim (1903) — Keim, Adolf W., Ueber Mal-Technik. Ein Beitrag zur Beförderung rationeller Malverfahren, Leipzig, 1903.

Keim (1904-a) — Keim, Adolf W., „Zum Kapitel Farbenfälschung und Farbenschlendrian“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 20. Jg./Nr. 17, 1904, S. 189-191.

Keim (1904-b) — Keim, Adolf W., „Zum Kapitel Farbenfälschung und Farbenschlendrian“. In: Technische Mitteilungen f r Malerei, 20. Jg./Nr. 18, 1904, S. 198-205.

Keim (1904-c) — Keim, Adolf W., „Zum Kapitel Farbenfälschung und Farbenschlendrian“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 20. Jg./Nr. 20, 1904, S. 224-229.

Keim (1904-d) — Keim, Adolf W., „Zum Kapitel Farbenfälschung und Farbenschlendrian“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 20. Jg./Nr. 21, 1904, S. 238-242.

Keim (1904-e) — Keim, Adolf W., „Zum Kapitel Farbenfälschung und Farbenschlendrian“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 20. Jg./Nr. 22, 1904, S. 258-261.

Keim (1904-f) — Keim, Adolf W., „Zum Kapitel Farbenfälschung und Farbenschlendrian“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 20. Jg./Nr. 23, 1904, S. 267-270.

Keim (1904-g) — Keim, Adolf W., „Zum Kapitel Farbenfälschung und Farbenschlendrian“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 21. Jg./Nr. 1, 1904, S. 3-6.

Keim (1904-h) — Keim, Adolf W., „Zum Kapitel Farbenfälschung und Farbenschlendrian“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 21. Jg./Nr. 2, 1904, S. 16-18.

Keim (1904-i) — Keim, Adolf W., „Zum Kapitel Farbenfälschung und Farbenschlendrian“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 21. Jg./Nr. 3, 1904, S. 25-27.

Kessler (2007) — Kessler, Waltraud, Multivariate Datenanalyse für die Pharma-, Bio- und Prozessanalytik. Ein Lehrbuch, Wiley-VCH Weinheim, 2007.

Kiesling (1908) — Kiesling, Ernst, Wesen und Technik der Malerei, Hiersemanns Handbücher Band II, Leipzig, 1908.

Kinseher (2008) — Kinseher, Kathrin, „Farbe als Material. Die Ausstelllung für Maltechnik 1893 im Münchner Glaspalast“. In: Restauro, 1/2008, S. 40-50.

Kittel (1960) — Kittel, Hans, Pigmente. Herstellung, Eigenschaften, Verwendung. (3. völlig neu bearbeitete Auflage des Werkes „Körperfarben“ von H. Wagner); Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft m.b.H. , Stuttgart, 1960.

Kittel (1998) — Kittel, Hans, Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen/H. Kittel. - 2., erw. und neubearb. Aufl. - Stuttgart [u.a.]: Hirzel, Band 1 . Geschichte, Grundlagen, Naturrohstoffe, anorganische Bindemittel; Bd.-Hrsg.: Klaus-Dietrich Ledwoch, 1998, Farbordnungssysteme S. 37-49.

Kittel (2003)	Kittel, Hans, Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen, Band 5, Pigmente und Füllstoffe und Farbmetrik, 2. erweiterte u. neubearbeitete Auflage, Stuttgart/Leipzig, 2003.
Koch (ca. 1930)	Koch, Carl, Grosses Malerhandbuch. Ein Lehr- und Nachschlagebuch für den modernen Bau- und Dekorationsmaler, Lackierer, Anstreicher und Vergolder; Nordhausen, Killinger o. J. (ca. 1930), 2. Auflage.
Konferenz zur Bekämpfung der Farben- und Materialienfälschungen. Protokoll (1905)	„Konferenz zur Bekämpfung der Farben- und Materialienfälschungen in München 1905 (Protokoll)“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 21. Jg./Nr. 15, 1905, S. 134-135.
Kongress zur Bekämpfung der Farben- und Malmaterialien-Fälschungen. Protokoll (1905-a)	„Kongress zur Bekämpfung der Farben- und Malmaterialien-Fälschungen München 1905 (Protokoll).“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 22. Jg./Nr. 7, 1905, S. 65-104.
Kongress zur Bekämpfung der Farben- und Malmaterial-Fälschungen. Protokoll (1905-b)	„Kongress zur Bekämpfung der Farben- und Malmaterial-Fälschungen München 1905 (Protokoll)“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 22. Jg./Nr. 8, 1905, S. 105-121.
Krais (1911-a)	Krais, Paul, „Die Lichtechtheit der Körperfarben aus Teerfarbstoffen“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 27. Jg./Nr. 18, 1911-a, S. 159-160.
Krais (1911-b)	Krais, Paul, „Lichtecht?”. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 27. Jg./Nr. 21, 1911, S. 185-160.
Krais (1911-c)	Krais, Paul, „Lichtecht?”. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 27. Jg./Nr. 22, 1911, S. 190-192.
Krais (1911-d)	Krais, Paul, „Lichtecht?”. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 27. Jg./Nr. 23, 1911, S. 203-204.
Krais (1913)	Krais, Paul, „Die Lichtechtheit der Körperfarben aus Teerfarbstoffen”. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 29. Jg./Nr. 17, 1913, S. 153-158.
Krais (1915)	Krais, Paul, „Zur Frage der Normalfragen”. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 31. Jg./ Nr. 14, 1915, S. 121-123.
Krüger (1915)	Krüger, F. A. O., (Direktor der Deut. Werkstelle für Farbenkunde Dresden), „Zur Abwehr“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 38. Jg./Nr. 4, 1922, S. 45-46.
Lake/Lomax (2007)	Lake, Susan, Lomax, Suzanne Q., „Arylide (Hansa) Yellow Pigments”. In: Artists Pigments. A Handbook of Their History and Characteristics. Vol. 4., Ed. B. Berrie, Washington/London, 2007, S. 179-222.
Langley/Burnstock (1999)	Langley, Allison; Burnstock, Aviva, „The analysis of layered paint samples from modern paintings using FTIR microscopy”. In: ICOM-CC Preprints12th Triennial meeting, Lyon, 29. 8. - 3.9.1999: Preprints. Vol. 1, London, 1999, S. 234-241.
Laven (2006)	Laven, R., Franz Čižek und die Wiener Jugendkunst. Schlebrügge (ed.), Schriften der Akademie der Bildenden Künste Wien (2), 2006.
Learner (1996)	Learner, Tom, „The use of FT-IR in the conservation of twentieth century paintings“. In: Spectroscopy Europe, 8, 1996, S. 14-19.

Learner (1998) — Learner, Tom, „The use of a diamond cell for the FTIR characterisation of paint and varnishes available to twentieth century artists". In: Brezel, B. (ed.), Postprints: IRUG2 at the V&A, London, September 1995, Victoria and Albert Museum, London, 1998, S. 7-20.

Learner (2004) — Learner, Tom, „Analysis of Modern Paints", Getty Publications, Research in Conservation Series, Los Angeles, 2004.

Lenoir (1971) — Lenoir, J., Organic Pigments. In: Venkataraman, K: The Chemistry of Synthetic Dyes, Volume V, London, 1971, S. 314-474.

Levison (1973) — Levison, Henry W., „Pigmentation of Artists` Pigments". In: Lewis, Peter A., Pigment Handbook, Vol. 2, Applications and Markets, Wiley Interscience, New York, 1973.

Lewis (1988) — Lewis, Peter A. (Hrsg.), Pigment Handbook, Vol. 1, Properties and Economics, Sec. Ed., Wiley Interscience, New York, 2. Auflage, 1988.

Lewis Vol. 2 (1973) — Lewis, Peter A. (Hrsg.), Pigment Handbook, Vol. 2, Applications and Markets, Wiley Interscience, New York, 1. Auflage, 1973.

Lewis Vol. 3 (1973) — Lewis, Peter A. (Hrsg.), Pigment Handbook, Vol. 3, Characterization and Physical Relationships, Wiley Interscience, New York, 1. Auflage, 1973.

Lindner (2005) — Lindner, Stephan H., Hoechst. Ein I.G. Farben Werk im Dritten Reich, München, 2005.

Linke (1904) — Linke, Friedrich, Die Malerfarben, Mal- und Bindemittel und ihre Verwendung in der Maltechnik. Zur Belehrung über die chemisch-technischen Grundlagen der Malerei für Kunstschulen, Kunst- und Dekorationsmaler, 1. Auflage, Stuttgart, Neff (Büchle), 1904 .

Linke (1908) — Linke, Friedrich, Die Malerfarben, Mal- und Bindemittel und ihre Verwendung in der Maltechnik, 2. Auflage, Esslingen, 1908.

Linke/Adam (1913) — Linke, Friedrich, Adam, Emil, Die Malerfarben, Mal- und Bindemittel und ihre Verwendung in der Maltechnik, 3. Auflage, Esslingen, 1913.

Linke/Beutel (1924) — Linke, Friedrich, Beutel, Ernst, Die Malerfarben, Mal- und Bindemittel und ihre Verwendung in der Maltechnik, 4. Auflage, Esslingen, 1924.

Lomax (2005) — Lomax, Suzanne Quillen, „Phthalocyanine and quinacridone pigments: their history, properties and use". In: Reviews in Conservation, 6, IIC, London, 2005, S. 19-29.

Lomax at al. (2007) — Lomax, Suzanne Quillen, Schilling, Michael, Learner, Tom, „The Identification of Synthetic Organic Pigments by FTIR and DTMS". In: Modern Paints Uncovered. Proceedings, Tate modern London, May 16-19, 2006, Ed. Learner, T., Krueger, J.W., Schilling, M.R., Getty Publications, Los Angeles, 2007, S. 105-117.

Lomax/Learner (2006) — Lomax, Suzanne Quillen, Learner, Tom, „A review of the classes, structures, and methods of analysis of synthetic organic pigments". In: Journal of the American Institute for Conservation (JAIC), 45, Nr. 2, 2006, S. 107-125.

Loosbroek et al. (1984) — Loosbroek, A. van; Debets, H. J. G.; Doornbos, D.A., „Identification of Mixtures of Synthetic Organic Pigments using UV-VIS-Spectrophotometry and Kalman Filtering". In: Analytical Letters, 17 (A8), 1984, S. 677-688.

Lückert (1974) — Lückert, Olaf, „Probleme im Lacklabor (11). Pigmente und Farbstoffe – II. Tabellen". In: Farbe und Lack, 80. Jg./Nr. 11, 1974, S. 1038-1053.

Lutzenberger (2008) — Lutzenberger, Karin, Künstlerfarben im Wandel - Synthetische organische Pigmente das 20. Jahrhunderts und Möglichkeiten ihrer zerstörungsfreien, analytischen Identifizierung, PhD Thesis, Humboldt Universität zu Berlin, 2008 (Herbert Utz Verlag, München, 2009).

Lutzenberger (2009) — Lutzenberger, Karin, Stege, Heike, „From Beckmann to Baselitz: Towards an Improved Micro-identification of Organic Pigments in Masterworks of 20th Century Art“. In: e-Preservation Science. Scientific research for the conservation of cultural heritage (ePS), IRUG8 Proceedings, Vol. 6 (2009), S. 89-100; online: http://www.morana-rtd.com/e-preservationscience/2009/Lutzenberger-30-06-2008.pdf.

Luxbacher (1993) — Luxbacher, Günther, „Warenkunde als Sammelwissenschaft zwischen bürgerlicher Produktkultur und technischer Rohstofflehre: die Warenkundliche Sammlung des Wiener Handelsmuseums“. In: Johann Beckmann-Journal, 7. Jg., Heft 1/2, 1993, S. 57-74.

Mäder/Schreiner (2005) — Mäder, Michael, Schreiner, Manfred, Untersuchungsbericht Nr. 2005/12, Institut für Naturwissenschaften und Technologie in der Kunst, Akademie der bildenden Künste Wien.

Marengo et al. (2006) — Marengo, Emilio; Liparota, Maria Cristina; Robotti, Elisa; Bobba, Marco, „Monitoring of paintings under exposure to UV light by ATR-FT-IR spectroscopy and multivariate control charts“. In: Vibrational spectroscopy, Vol. 40/2, 2006, S. 225-234.

Marontate (1997) — Marontate, Jan, Synthetic Media and Modern Painting: A Case Study in the Sociology of Innovation, PhD thesis, University of Montreal, Montreal, 1997.

Masschelein-Kleiner/Heylen (1968) — Masschelein-Kleiner, L., Heylen, J. B., „Analyse des laques rouges anciennes“. In: Studies in Conservation, 13, 1968, S. 87-97.

Mayer (1922) — Mayer, F., „Der Stand der Entwicklung der Farbstoffchemie“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 38. Jg./Nr. 8, 1922, S. 99-101.

McCawley (1975) — McCawley, J.C., „Diamond cell infrared spectroscopy in the analysis of paints and pigments”. In: ICOM Committee for Conservation. 4th Triennial Meeting, Venice, 13.-18.11.1975. Preprints, Paris, 1975, S. 75/4/5/1-12.

McClure et al. (1968) — McClure, A., Thomson, J., Tannahill, J., „The Identification of Pigments”. In: J. Oil Col. Chem. Assoc., 1968, 51, S. 580-635.

Milovanović/Ristić-Šolajić (1982) — Milovanović, G. A., Ristić-Šolajić, M., Janjić, T. J., “Separation and Identification of Synthetic Organic Pigments in Artists Paints by Thin-Layer Chromatography”. In: Journal of Chromatography, 249, S.149-154, 1982.

Müller (1987) — Müller, Hans Gert, „Künstlerfarbenmanufakturen im 19. Jh.“. In: Das 19. Jahrhundert und die Restaurierung, Beiträge zur Malerei, Maltechnik und Konservierung. Heinz Althöfer (Hrsg.), München, 1987, S. 231-232.

Müller (2000) — Müller, W., „Die Entwicklung der synthetischen Farbstoffe“. In: Handbuch der Farbenchemie, Müller, W. (Hrsg.), Landsberg am Lech, 2000, Kapitel 2, S. 1-5.

Naes et al. (2004) — Naes, T., Isaksson, T., Fearn, T., Davies, T. , A user-friendly guide to multivariate calibration and classification, NIR Publications, Chichester, United Kingdom, 2004.

Nassau (2001) — Nassau, Kurt, The Physics and Chemistry of Color: The fifteen Causes of Color, Wiley Series in Pure and Applied Optics (Band 001), 2. ed., New York [u.a.], 2001.

Neue deut. Biographie, Bd.: 19 (1999)	Neue deutsche Biographie, Bd.: 19, Hrsg. Historische Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Berlin, 1999, In: Allgemeine deutsche Biographie & Neue deutsche Biographie (Digitale Register); http://www.ndb.badw-muenchen.de/ndb_baende.htm (access 29.7.2007).
Neue deut. Biographie, Bd.: 20 (2001)	Neue deutsche Biographie, Bd.: 20, Hrsg. Historische Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Berlin, 2001, In: Allgemeine deutsche Biographie & Neue deutsche Biographie (Digitale Register); http://www.ndb.badw-muenchen.de/ndb_baende.htm (access 29.7.2007).
Neue deut. Biographie, Bd.: 4 (1959)	Neue deutsche Biographie, Bd.: 4, Hrsg. Historische Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Berlin, 1959; In: Allgemeine deutsche Biographie & Neue deutsche Biographie (Digitale Register); http://www.ndb.badw-muenchen.de/ndb_baende.htm (access 29.7.2007).
Newman (1980)	Newman, Richard, „Some applications of infrared spectroscopy in the examination of paintings materials". In: JAIC 19, 1980, S. 42-26
Nietzki (1902)	Nietzki, R., Die Entwicklungsgeschichte der künstlichen organischen Farbstoffe, Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge, Sonderausgabe, Stuttgart, 1902.
Nockher (1915-a)	Nockher, F., „Englische Farben im Deutschen Aquarell". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 31. Jg./Nr. 17, 1915, S. 149-150.
Nockher (1915-b)	Nockher, F., „Nochmals „englische und deutsche Aquarellfarben". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 31. Jg./Nr. 21, 1915, S. 179-180.
Obst (1928)	Obst, W., „Teerfarbstoffe in künstlerischer Malerei". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 44. Jg./Nr. 7, 1928, S. 86.
Ostwald (1917-a)	Ostwald, Wilhelm, Beiträge zur Farbenlehre. Erstes bis fünftes Stück des XXXIV. Bandes, Serie: Abhandlungen der Mathematisch-Physischen Klasse der Königlich-Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, Leipzig, 1917.
Ostwald (1917-b)	Ostwald, Wilhelm, Die Farbenfibel, Leipzig, 1917-b.
Ostwald (1919)	Ostwald, Wilhelm, „Eine Anstalt für Farbenkunde". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 36. Jg./Nr. 3, 1919, S. 43-44.
Ostwald (1951)	Ostwald, Wilhelm: Handbuch der Farbenlehre-Chemische Farbenlehre, Berlin, 2. Auflage 1951.
Ostwald, G. (1953)	Ostwald, Grete, Wilhelm Ostwald - mein Vater, Berlin, 1953.
Otto (1997)	Otto, Matthias, Chemometrie. Statistik und Computereinsatz in der Analytik. VCH Weinheim, 1997.
Pamer (1978)	Pamer, Treva, „Modern Blue Pigments". In: Preprints, AIC Annual Meeting, Ft. Worth, Texas, 1978, S. 107-118.
Perkin Elmer (1994)	i-Series FT-IR Microscope User's Reference, Perkin Elmer Ltd., Buckinghamshire, Release A, August, 1994.
Peters/Freeman (1995)	Peters, A.T.; Freeman, H.S. (ed.): The analytical chemistry of synthetic colorants, Vol. 2, Advances in Color Chemistry Series, London [u.a.], 1995.

Petruschewsky (1903)	Petruschewsky, Theodor (übersetzt und bearbeitet von Urlaub, Hilger u. Keim), „Ueber die Fabrikation der Farben“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 19. Jg./Nr. 13, 1903, S. 137-140; Fortsetzung: Nr. 14, S. 157-161; Nr. 15, S. 114-176; Nr. 16, S. 190-192.
Pey (1989)	Pey, E. B. F., „The organic Pigments of the Hafkenscheid Collection”, In: Restauro, 2/1989, S. 146-150, Callwey, München.
Piening (2007)	Piening, Heinrich, „Mobile UV-VIS-Absorptionsspektroskopie Einsatzmöglichkeiten zur zerstörungsfreien Materialanalytik in der Konservierung und Restaurierung von Kunst- und Kulturgut, Dissertation, HfBK Dresden, 2007.
Platzer/Storch (2006)	Platzer, Monika; Storch, Ursula (Hrsg.): Kinetismus. Wien entdeckt die Avantgarde. Ostfildern, 2006.
Plumpe (1990)	Plumpe, Gottfried, Die I.G. Farbenindustrie AG: Wirtschaft, Technik und Politik 1904-1945, Berlin, 1990.
Pohl et al. (1983)	Pohl, Hans; Schauermann, Ralf; Schönert-Röhlk, Frauke, Die chemische Industrie in den Rheinlanden während der industriellen Revolution, Bd. 1: Die Farbenindustrie, Zeitschrift für Unternehmensgeschichte, Beiheft 18, Wiesbaden, 1983.
Protokoll des 1. Kongresses der DG (1893)	„Protokoll des 1. Kongresses der Deutschen Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren (A.V.) München (Schluss)“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 10. Jg./Nr. 171, 2. Beilage, 1893, S. 492-508.
Pudor (1908-a)	Pudor, Heinrich, „Von den modernen Farbstoffen“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 25. Jg /Nr. 10, 1908, S. 95-98.
Pudor (1908-b)	Pudor, Heinrich, „Ueber Teerfarbstoffe“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 25. Jg./Nr. 12, 1908, S. 111-112 .
Pudor (1909)	Pudor, Heinrich, „Nochmals über Teerfarbstoffe“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 25. Jg./Nr. 14, 1909, S. 136-137.
Ramos/Ruisanchez (2006)	Ramos, P. M., Ruisanchez, I., „Data fusion and dual-domain classification analysis of pigments studied in works of art“. In: Analytica Chimica Acta, 558(1-2), 2006, S. 274-282.
Reckel (1990)	Reckel, Sylvia, „Von ‚Teufelsfarbe’, ‚Scharlachtüchern’, ‚Waidjunkern’ und ‚Schönfärbern’. Aufstieg und Fall der natürlichen Farben”. In: Andersen, Arne, Spelsberg, Gerd (Hrsg.): Das blaue Wunder. Zur Geschichte der synthetischen Farben. Köln, 1990, S. 57-81.
Römpp (1992)	Römpp-Chemie-Lexikon, Hrsg.: Falbe, J.; Regitz, M., Stuttgart-New York, Thieme, 9. Aufl., 1992.
Ropret et al. (2008)	Ropret, Polonca; Centeno, Silvia A.; Bukovec, Peter, „Raman identification of yellow synthetic organic pigments in modern and contemporary paintings. Reference spectra and case studies“. In: Spectrochimica Acta, Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 69A(2), 2008 S. 486-497.
Rühle (1992)	Rühle, Heinz, „Von Siegle zur BASF. Eine Chronik des Werkes Besigheim“, Typoskript von 1992, BASF-Archiv, Ludwigshafen, Firmengeschichte, Geschichte der BASF, A 15/16a.
Saint-George (2003)	Saint-George, Caroline von, „Studie zur Maltechnik Erich Heckels. Technologische Untersuchung an ausgewählten Gemälden aus dem Museum Ludwig in Köln“. In: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, 2003/2, S. 305-324.

Schaening et al. (2005) — Schaening, A., Schreiner, M., Jembrih-Simbuerger, D., „Identification and Classification of Synthetic Organic Pigments of a Collection of the 19th and 20th Century by FTIR“. In: Proceedings of the sixth Infrared and Raman Users Group Conference (IRUG6), Florenz 2004, Hrsg. Piccollo, M., 2005, S. 302-305.

Schäning et al. (2007) — Schäning, A., Schreiner, M., Mäder, M., Storch, U., „Synthetische organische Pigmente in Künstlerfarben des frühen 20. Jahrhunderts: Möglichkeiten und Grenzen ihrer Identifizierung am Beispiel von zwei Gemälden um 1925 von My/Marianne Ullmann“. In: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, 1/2007, S. 87-110.

Schäning et al. (2008) — Schäning, A., Schreiner, M., Varmuza, K., „Classification of Synthetic Organic Pigments from FT Infrared Spectral Data”. Posterpräsentation, SCAC 2008 (4th International Symposium on Computer Applications and Chemometrics in Analytical Chemistry), Lake Balaton, Balatonalmádi, Veszprém, Hungary, Organised by University of Veszprem, 1.-5. 9. 2008.

Schäning et al. (2009) — Schäning, A., Varmuza, K., Schreiner, M., „Classification of Synthetic Organic Pigments by Multivariate Data Analysis of FTIR Spectra“. In: e-Preservation Science. Scientific research for the conservation of cultural heritage, IRUG8 Proceedings, Vol. 6 (2009), S. 75-80, online: http://www.morana-rtd.com/e-preservationscience/index.html. PDF: http://www.morana-rtd.com/e-preservationscience/2009/Schaening-26-06-2008.pdf.

Schäning et al. (2010) — Schäning, A., Varmuza, K., Schreiner, M., „Synthetische organische Farbmittel aus einer technologischen Materialsammlung des 19./20. Jahrhunderts: Identifizierung, Klassifizierung und ihre Verwendung in Künstlerfarben“. In: Uni*vers. Junge Forschung in Wissenschaft und Kunst; Bast, Gerald; Bettel, Florian; Hollendonner, Barbara (Hrsg.), Springer-Verlag Edition Angewandte, 2010, S. 237-253.

Schieder (1924) — Schieder, G., „Zur Lichtechtheit der neueren Farbstoffe in der Dekorationsmalerei“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 40. Jg./Nr. 10, 1924, S. 115-117.

Schiedsgerichtsverhandlungen Deutsches Farbenbuch (1912) — „Schiedsgerichtsverhandlungen und Beschlüsse in Sachen des Deutschen Farbenbuches (Fortsetzung und Schluss)“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 29. Jg./Nr. 4, 1912, S. 29-37.

Schlegel (1998) — Schlegel, Elisabeth, Untersuchung und Oberflächenbehandlung einer durch Feuchtigkeitseinwirkung beschädigten Gouachemalerei mit Metallpulverfarben. Diplomarbeit, Akademie der bildenden Künste, Wien, 1998.

Schmincke (1911-a) — „Lichtecht?“ Abdruck der 9. Lieferung der Maltechnischen Mitteillungen der Firma Schmincke. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 27. Jg./Nr. 21, 1911, S. 185-186.

Schmincke (1911-b) — „Lichtecht?“ Abdruck der 9. Lieferung der Maltechnischen Mitteillungen der Firma Schmincke. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 27. Jg./Nr. 22, 1911, S. 190-192.

Schmincke (1911-c) — „Lichtecht?“ Abdruck der 9. Lieferung der Maltechnischen Mitteillungen der Firma Schmincke. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 27. Jg./Nr. 23, 1911, S. 203-204.

Schmincke (2005) — Schmincke & Co., GmbH & Co. KG, Fabrik feinster Künstlerfarben, Otto-Hahn-Straße 2, D-40699 Erkrath, Produktliste Mussini und HKS Designers Gouache, 2005.

Schminckes Maltechnische Mitteilungen (1925) — Schminckes Maltechnische Mitteilungen, H. Schmincke & Co. (ed.), Lieferung Nr. 1 bis 10, neu bearbeitet, Düsseldorf, Ausgabe 1925.

Schminckes Maltechnische Mitteilungen (1933)	Schminckes Maltechnische Mitteilungen, H. Schmincke & Co. (ed.), Lieferung 16, „Lichtstarke T-Farben für den Künstler“, Düsseldorf, 1933.
Schulte et al. (2008)	Schulte, F., Brzezinka, K.-W., Lutzenberger, K., Stege, H., Panne, U., „Raman spectroscopy of synthetic organic pigments used in 20th century works of art“. In: J. Raman Microscopy, published online in Wiley Interscience, DOI: 10.1002/jrs.2021.
Schultz (1899)	Schultz, Gustav, „Über die Lichtbeständigkeit von Pastellfarben“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 16. Jg./Nr. 9, 1899, S. 2-4.
Schultz (1901)	Schultz, Gustav, „Wie kann man Anilinfarben in Malerfarben nachweisen“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 18. Jg./Nr. 12, 1901, S. 115-116.
Schultz (1914)	Schultz, Gustav, Farbstofftabellen, 5. Auflage, Berlin, 1914.
Schultz (1931)	Schultz, Gustav, Farbstofftabellen, 7. Auflage, Leipzig, 1931.
Schultze-Naumburg (ca. 1918)	Schultze-Naumburg, Paul, Die Technik der Malerei, Leipzig: Haberland, ca. 1918.
Schweizer (1964)	Schweizer, Hans Rudolf: Künstliche organische Farbstoffe und ihre Zwischenprodukte, Berlin [u.a.]: Springer, 1964.
Schweppe (1963)	Schweppe, Helmut, „Qualitative Analysis of Organic Pigments”. In: Paint Technology, 27, Nr. 8, 1963, S. 12-19.
Schweppe (1992)	Schweppe, Helmut, Handbuch der Naturfarbstoffe: Vorkommen, Verwendung, Nachweis, Landsberg/Lech, 1992.
Schweppe (1997)	Schweppe, H., Winter, J., „Madder and Alizarin”. In: Artists’ Pigments. A Handbook of Their History and Characteristics, Vol. 3, Elisabeth West FitzHugh (ed.), Washington, 1997, S. 109-142.
Schwindel. Eine Stimme aus dem Fabrikantenkreis (1905)	„Schwindel. Eine Stimme aus dem Fabrikantenkreis“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 21. Jg./Nr. 22, 1905, S. 211-213 (bezieht sich auf einen gleichlautenden Artikel aus der Farbenzeitung, No. 19/10. Jg., 15. April 1905).
Schwitzer (1909- f)	Schwitzer, H., „Von den modernen Farbstoffen“. In: Technische Mitteilungen für Malerei 25. Jg./Nr. 20, 1909, S. 199-203.
Schwitzer (1909-a)	Schwitzer, H., „Von den modernen Farbstoffen“. In: Technische Mitteilungen für Malerei 25. Jg./Nr. 15, 1909, S. 142-145.
Schwitzer (1909-b)	Schwitzer, H., „Von den modernen Farbstoffen“. In: Technische Mitteilungen für Malerei 25. Jg./Nr.16, 1909, 151-154.
Schwitzer (1909-c)	Schwitzer, H., „Von den modernen Farbstoffen“. In: Technische Mitteilungen für Malerei 25. Jg./Nr. 17, 1909, S. 165-168.
Schwitzer (1909-d)	Schwitzer, H., „Von den modernen Farbstoffen“. In: Technische Mitteilungen für Malerei 25. Jg./Nr. 18, 1909, S. 181-184.
Schwitzer (1909-e)	Schwitzer, H., „Von den modernen Farbstoffen“. In: Technische Mitteilungen für Malerei 25. Jg./Nr. 19, 1909, S. 191.
Skoog/Leary (1996)	Skoog, D. A., Leary, J. J., Instrumentelle Analytik: Grundlagen - Geräte - Anwendungen. Springer, Berlin [u. a.], 1996.

Smith/Clark (2001) — Smith, Gregory D., Clark, Robin J.H., „Raman microscopy in art history and conservation science“. In: Reviews in conservation, No. 2, 2001, S. 92-106.

Sonnemann (1963) — Sonnemann, Rolf, Der Einfluss des Patentwesens auf die Herausbildung von Monopolen in der deutschen Teerfarbenindustrie (1877-1904), Habilitationsschrift, Martin-Luther-Universität Halle/Wittenberg, 1963.

Sonoda (1993-a) — Sonoda, N., Rioux, J.-P., „Identification des matériaux synthétiques dans les peintures modernes. I. Vernis et liants polyméres”. In: Studies in Conservation, 35 (1990), S. 189-204.

Sonoda (1999) — Sonoda, Naoko, „Characterization of organic azo-pigments by pyrolysis-gaschromathography”. In: Studies in Conservation, 44/3 (1999) 195-208.

Sonoda et al. (1993-b) — Sonoda, N., Rioux, J.-P., Duval, A. R., „Identification des matériaux synthétiques dans les peintures modernes. II. Pigments organiques et matiere picturale”. In: Studies in Conservation, 38 (1993), S. 99-127.

Spelsberg (1990) — Spelsberg, Gerd, „Im Fieber des Farbenrausches“. In: Andersen, Arne, Spelsberg, Gerd (Hrsg.): Das blaue Wunder. Zur Geschichte der synthetischen Farben. Köln, 1990, S. 9-56.

Staeble (1910) — Staeble, Rupert, Die neueren Farbstoffe der Pigmentfarben-Industrie, Berlin, 1910.

Sterner/Gettens (1938) — Sterner, F., Gettens, R. J., „A Standard for Artists‘ Material“. In: Magazin of Art, Vol. 32, No. 9, 1938, S. 518-520.

Stimme aus dem Fabrikantenkreise (1885) — „Stimme aus dem Fabrikantenkreise: Zum Kapitel der Fälschung der Künstlerfarben“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 2. Jg./Nr. 6, 1885, S. 17.

Stoye (1998) — Stoye, Dieter (Hrsg.), Paints, Coatings and Solvents, Weinheim (u.a.), Wiley-VCH, 2. Aufl., 1998.

Strauß (1984) — Strauß, Irmgard, „Übersicht über synthetisch organische Künstlerpigmente und Möglichkeiten ihrer Identifizierung“. In: Maltechnik-Restauro, 90/4, München, 1984, S. 29-44.

Strube (1982) — Strube, Irene, Die Zur Entwicklung der Chemie in der Zeit des Kapitalismus der freien Konkurrenz, In: Die Zeit der industriellen Revolution, hrsg. im Auftr. d. Arbeitskreises Wissenschaftsgeschichte beim Ministerium für Hoch- u. Fachschulwesen d. DDR von Günter Wendel (Beiträge zur Wissenschaftsgeschichte), Berlin, 1982, S. 115-133.

Suzuki (1997) — Suzuki, E. M., William, P., Marshall, B. S., „Infrared spectra of U. S. Automobile original topcoats (1974-1989): III. In Situ Identification of Some Organic Pigments Used in Yellow, Orange, Red and Brown Nonmetallic and Brown Metallic Finishes – Benzimidazolones”. In: Journal of Forensic Sciences, Vol. 42, Nr. 4, 1997, S. 619-648.

Suzuki (1998) — Suzuki, E. M., William, P., „Infrared spectra of U. S. Automobile original topcoats (1974-1989): IV. Identification of Some Organic Pigments Used in Red and Brown Nonmetallic and Metallic Monocoats - Quinacridones”. In: Journal of Forensic Sciences, Vol. 43, Nr. 3, 1998, S. 514-542.

Suzuki (1999-a) — Suzuki, E. M., „Infrared spectra of U. S. Automobile original topcoats (1974-1989): V. Identification of Organic Pigments Used in Red Nonmetallic and Brown Nonmetallic and Metallic Monocoats – DPP red BO and Thioindigo Bordeaux”. In: Journal of Forensic Sciences, Vol. 44, Nr. 2, 1999, S. 297-313.

Suzuki (1999-b) — Suzuki, E. M., „Infrared spectra of U. S. Automobile original topcoats (1974-1989): VI. Identification and Analysis of Yellow Organic Automotive Paint Pigments – Isoindolinone Yellow 3R, Isoindoline Yellow, Anthrapyrimidine Yellow and Miscellaneous yellows". In: Journal of Forensic Sciences, Vol. 44, Nr. 6, 1999, S. 1151-1175.

Talsky/Risić-Šolajić (1987) — Talsky, G., Risić-Šolajić, Maja, „High resolution/higher-order derivative spectrophotometry for identification and estimation of synthetic organic pigments in artists` paints". In: Analytica Chimica Acta, 196, 1987, S. 123-134.

Talsky/Risić-Šolajić (1989) — Talsky, G., Risić-Šolajić, Maja, „Higher-order derivative reflectance spectrophotometry of synthetic organic pigments in artists` paints". In: Analytica Chimica Acta, 226, 1989, S. 293- 304.

Täuber (1904) — Täuber, E., „Kann künstliches Alizarin den Krappfarbstoff in der Malerei ersetzen?". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 20. Jg./Nr. 17, 1904, S. 191-192.

Täuber (1910-a) — Täuber, E., „Vergleichende Prüfung verschiedener Pigmentfarben auf ihre Brauchbarkeit in der Malerei insbesondere in der Kunstmalerei". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 26. Jg./Nr. 23, 1910, S. 187-189.

Täuber (1910-b) — Täuber, E., „Vergleichende Prüfung verschiedener Pigmentfarben auf ihre Brauchbarkeit in der Malerei insbesondere in der Kunstmalerei (Fortsetzung)". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 26. Jg./Nr. 24, 1910, S. 203-205.

Täuber (1910-c) — Täuber, E., „Vergleichende Pr fung verschiedener Pigmentfarben auf ihre Brauchbarkeit in der Malerei insbesondere in der Kunstmalerei (Schluss)". In: Technische Mitteilungen f r Malerei, (Schluss) 27. Jg./Nr. 1, 1910, S. 2-5.

Teltschik (1992) — Teltschik, Walter, Geschichte der deutschen Großchemie. Entwicklung und Einfluss in Staat und Gesellschaft. VCH Weinheim, 1992.

TerMeer (1953) — TerMeer, Fritz, Die I.G. Farben: Industrieaktiengesellschaft; ihre Entstehung, Entwicklung und Bedeutung, Düsseldorf, 1953.

Theuerer (1930) — Theuerer, Richard, Einiges aus der Geschichte der Farbstoffe (Vortrag gehalten auf der Jahresversammlung des Verbands Deutscher Farbenfabriken e.V., Wiesbaden am 20. September 1930), In: Hefte zur Buntfarben-Forschung, Reihe IV, 5. Heft, 1930.

Thomson (1977) — Thomson, J., „Identification of Organic Pigments on Substrates other than Textile Fibres". In: The analytical chemistry of synthetic dyes, Venkataraman, K. (ed.), New York, NY (u.a.), 1977, S. 431-464.

Townsend et al. (1995) — Townsend, J., Carlyle, L., Khandekar, N., Woodcock, S., „Later nineteenth century pigments: evidence for additions and substitutions". In: The Conservator, London, 19/1995, S. 65-78.

Tracor X-Ray (1989) — Tracor Xray Spectrace 5000, Technical Manual, P/N 0120-0006, Mountain View, California, First Edition November 1986, Revised July 1989.

Trillich (1906) — Trillich, Heinrich, „Praktische Vorschläge zu einem richtigen Farbenkatalog". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 22. Jg./Nr. 18, 1906, S. 237-141.

Trillich (1920) — Trillich, Heinrich, „Farbenlehre und Farbentage". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 36. Jg./Nr. 12, 1920, S. 159-160.

Trillich (1921-a) — Trillich, Heinrich, „Bayrische Farbentagung in München, 31. Januar, 1. und 2. Februar 1921". In: Technische Mitteilungen für Malerei, 37. Jg./Nr. 2, 1921, S. 13-21.

Trillich (1921-b)	Trillich, Heinrich, „Die Farben Ostwalds“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 37. Jg./Nr. 5, 1921, S. 53-56.
Trillich (1922)	Trillich, Heinrich, „Zur Lichtempfindlichkeit der Farbstoffe“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 38. Jg./Nr. 3, 1922, S. 31-35.
Trillich (1923)	Trillich, Heinrich, Das deutsche Farbenbuch - unter Berücksichtigung der bisherigen Vorarbeiten und Beschlüsse als Entwurf herausgegeben, Teil 1, Allgemeiner Teil, München, 1923.
Trillich (1925)	Trillich, Heinrich, Das deutsche Farbenbuch - unter Berücksichtigung der bisherigen Vorarbeiten und Beschlüsse als Entwurf herausgegeben, Teil 2, Die Künstler-Farb- und Malmittel, München, 1925.
Trillich (1926)	Trillich, Heinrich, Das deutsche Farbenbuch. Die Anstrichfarben und Lacke /3, München, 1926.
Trillich (1927)	Trillich, Heinrich, „Farben-Industrie und Farben-Muster vor hundert Jahren“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 43. Jg./Nr. 9, 1927, S. 112-114.
Trillich (1928)	Trillich, Heinrich, „Die deutsche Gesellschaft für rationell Malverfahren (A. -W.-Keim-Gesellschaft E.V.) München- Ihre Geschichte, Einrichtungen, Ziele und Erfolge“, 9. Stück der Monographien zu Maltechnik, Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für rationelle Malverfahren, München, 1928.
Trillich (1932)	Trillich, Heinrich, „Stoffliche Beschaffenheit und Benennung von Farbmitteln“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 48. Jg./Nr. 5, 1932, S. 35-36 (Teil 1), 48. Jg./Nr. 7, 1932, S. 51-52 (Teil 2), 48. Jg./Nr. 15, 1932, S. 131-132 (Teil 3), 48. Jg./Nr. 16, 1932, S. 140 (Teil 4), 48. Jg./Nr. 17, 1932, S. 147-148 (Schluss).
Trillich (1934)	Trillich, Heinrich, „Fachausdrücke im Farbenwesen“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 50. Jg./Nr. 10, 1934, S. 79-81; 50. Jg./Nr. 12, 1934, S. 87-89 (Fortsetzung); 50. Jg./Nr. 14, 1934, S. 113-115 (Fortsetzung); 50. Jg./Nr. 15, 1934, S. 120-122.
Typoscript (1955)	Typoscript (1955). In: BASF-Archiv; Ludwigshafen; 15/2; Firmengeschichte; Geschichte der BASF; Fusion mit Knosp und Siegle, 1. Ordner.
Über das Gebahren der Maler-Zeitung (1887)	„Über das Gebahren der Maler-Zeitung und ihres Redakteurs“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 4. Jg./Nr. 32, 1887, S. 35.
Uebele (1904)	Uebele, Charles L., „Über die Bekämpfung der Farbenfälschungen in Amerika“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 20. Jg./Nr. 19, 1904, S. 218-219.
Uebele (1907)	Uebele, Charles L., „Zum Kapitel der Lichtbeständigkeit unserer Mal- und Anstrichfarben“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 24. Jg./Nr. 7, 1907, S. 83-84.
Ueber die Anilinfaren der Firma Dr. Fr. Schönfeld & Co. (1900)	„Ueber die Anilinfarben der Firma Dr. Fr. Schönfeld & Co. in Düsseldorf“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 17. Jg./Nr. 9, 1900, S. 1-2.
Van Breemen (1995)	Van Breemen, R. B., Mass spectrometry. In: Peters, A.T.; Freeman, H.S. (ed.): The Analytical Chemistry of Synthetic Colorants, Vol. 2, Advances in Color Chemistry Series, London [u.a.], 1995, S. 96-116.
Van der Crone (1988-a)	Van der Crone, J., „Tetrachloroisoindolinone-Based Pigments“. In: Lewis (1988), S. 713-720.

Van der Crone (1988-b)	Van der Crone, J., „Isoindoline-Based Pigments“. In: Lewis ed. (1988), S. 703-711.
Van der Weerd et al. (2004)	Van der Weerd, Jaap, Heeren, Ron M.A., Boon, Jaap J., „Preparation methods and accessories for the infrared spectroscopic analysis of multi-layer paint films”. In: Studies in Conservation 49, 2004, S. 193-210.
Vandenbeele (2000)	Vandenbeele, P.; Moens, L., Edwards, H. G. M., Dams, R., „Raman spectroscopic database of azo pigments and application to modern art studies”. In: Journal of Raman Spectroscopy, 31, 2000, S. 509-517.
Vandenbeele (2001)	Vandenbeele, P.; Hardy, A.; Edwards, H. G. M., Moens, L., „Evaluation of a Principal Component-Based Searching Algorithm for Raman Spectroscopic Identification of Organic Pigments in 20th Century Artwork”. In: Applied spectroscopy, Vol. 55, Nr. 5, 2001, S. 525-533.
Varmuza (1980)	Varmuza, K., Pattern Recognition in Chemistry (Lecture Notes in Chemistry, Bd. 21), Berlin [u.a.] Springer, 1980.
Varmuza/Filzmoser (2009)	Varmuza, K., Filzmoser, P., Introduction to Multivariate Statistical Analysis in Chemometrics. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2009.
Venkataraman (1971)	Venkataraman, K (ed.), The Chemistry of synthetic Dyes, Volume V, London, 1971.
Venkataraman (1977)	Venkataraman, K. (ed.), The analytical chemistry of synthetic dyes, New York, NY (u.a.), 1977.
Vogler (2003)	Vogler, H., „Die Entstehung der Farbstoffindustrie“. In: Handbuch der Farbenchemie. Grundlagen, Technik, Anwendungen, Hrsg. W. Müller, Landsberg am Lech, 3. Erg.-Lfg. 05/2003, Kapitel 2.2., S. 1-5.
Wagner (1922)	Wagner, Hans, „Die Zukunft der Farblackindustrie“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 38. Jg./Nr. 8, 1922, S. 101-103 (aus der Farbenzeitung-Berlin/ Nr. 27).
Wagner (1923)	Wagner, Hans, „Wesen und Eigenschaften der zu Künstlerfarben verwendeten Teerfarben“. In: Technischen Mitteilungen für Malerei, 39. Jg./Nr. 6, 1923, S. 66-68.
Wagner (1923/1924)	Wagner, Hans, „Die Fabrikation der Künstlerfarben I”. In: Die Farben-Zeitung, Berlin, 1923/1924, 29. Jg., S. 1456-1458, Teil II: S. 1503-1504.
Wagner (1924-a)	Wagner, Hans, „Die Fabrikation der Künstlerfarben III”. In: Die Farben-Zeitung, Berlin, 1924, 29. od. 30. Jg., S. 1547-1549.
Wagner (1924-b)	Wagner, Hans, „Zur Ursprungsbezeichnung der Teerfarben“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 40. Jg./Nr. 14, 1924, S. 160.
Wagner (1928)	Wagner, Hans, Die Körperfarben, Stuttgart, 1. Aufl., 1928.
Wagner (1939)	Wagner, Hans, Die Körperfarben, Stuttgart, 2. Aufl., 1939.
Wagner (1967)	Wagner, Walter, Die Geschichte der Akademie der bildenden Künste in Wien, Wien, 1967.
Wagner, G. (1915)	Wagner, G. (Künstlerfarben-Fabriken Hannover und Wien), „Englische Farben im Deutschen Aquarell, Entgegnung zu der Abhandlung in Nr. 17 der T. M. f. M.“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 31. Jg./Nr. 19, 1915, S. 164-165.

Warnung vor Anilinfarben (1900)	„Warnung vor Anilinfarben“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 17. Jg./Nr. 8, 1900, S. 1.
Warum kuppelt G. Siegle & Co.?	„Warum kuppelt G. Siegle & Co.?“, 30.11.1934, S. 1-10. In: BASF-Archiv; Ludwigshafen; 15/2; Firmengeschichte; Geschichte der BASF; Fusion mit Knosp und Siegle, 1. Ordner.
Weber (1885)	Weber, Carl Otto, „Über den Nachweis der Theerfarbstoffe“, In: Technische Mitteilungen für Malerei, 2. Jg./Nr. 5, 1885, Beilage zu Nr. 5 ; 2. Jg./Nr. 7, Beilage zu Nr. 7, 2. Jg./Nr. 8, Beilage zu Nr. 8 (Nachdruck aus dem Chem.-techn. Central-Anzeiger, 3. Jg./Nr. 14, 15, 1885).
Wehlte (1926)	Welthe, Kurt, „Ein Beitrag zur „Verschnittfarbenfrage“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 42. Jg./Nr. 15, 1926, S. 186-187.
Wehlte (1967)	Wehlte, Kurt, Werkstoffe und Techniken der Malerei, Ravensburg, 1967.
Werner (1995)	Werner, Brita, „Die Farbstoffsammlung an der TU Dresden“. In: Restauro 1/1995, S. 40-43, Callwey, München.
Whitaker (1977)	Whitaker, A., X-Ray Powder Diffraction. In: The analytical Chemistry of synthetic Dyes, Venkataraman, K. (ed.), New York, NY (u.a.), 1977, S. 269-298.
Whitmore/Cass (1989)	Whitmore, Paul M., Cass, Glen R., „The Fading of Artists´Colorants by Exposure to Atmospheric Nitrogen Dioxide”. In: Studies in Conservation, 34 (1989), S. 85-97.
Winsor & Newton (1982)	„Zusammensetzung und Beständigkeit von Künstler-Farben. Information über Malmittel und Firnisse“, Artcolor München, 1982.
Winsor & Newton (1997)	Winsor & Newton, Notes on the composition & Permanence of Artists’ Colours, 1997.
Winsor & Newton (2002)	The International Catalogue, English Edition, Winsor & Newton, Whitefriars Avenue, Wealdstone, GB-Harrow Middlesex HA3 5RH, 2002.
Wise/Wise (2004)	Wise, D., Wise, A., „Application of Raman Microspectroscopy to Problems in the Conservation, Authentication and Display of Fragile Works of Art on Paper“. In: Journal of Raman Spectroscopy, 35, 2004, S. 710-718.
Wolff et al. (1929)	Wolff, Hans, Schlick, W., Wagner, Hans, Taschenbuch für die Farben- und Lackindustrie sowie für den einschlägigen Handel, 5. Auflg., Stuttgart, 1929.
Woodcock (1995)	Woodcock, Sally A., „The Roberson Archive: Content and Significance“. In: Historical Painting Techniques, Material, and Studio Practice, ed. A. Wallert, E. M. Hermes, and M. Peek, Preprints of a Symposium University of Leiden, the Netherlands , 16-29 June 1995, Getty, S. 30-37.
Würth (1926)	Würth, K., „Die Grundlagen der Farbnormung in den Vereinigten Staaten von Nordamerika“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 42. Jg./Nr. 19, 1926, S. 237-275.
Wyplosz (2003)	Wyplosz, Nicolas, Laser desorption mass spectrometric studies of artist‘s organic pigments, Molart report, FOM Institute for Atomic and Molecular Physics, Amsterdam, 2003.
Zerr (1907)	Zerr, Georg, Bestimmung von Teerfarbstoffen in Farblacken. Eine Uebersicht sämtlicher in der Farblack-Fabrikation verwendeter Teerfarbstoffe in ihrem Verhalten gegen bestimmte Reagentien, Dresden, 1907.

Zerr/Rübencamp (1906) Zerr, Georg, Rübencamp, Dr. R., Handbuch der Farben-Fabrikation. Lehrbuch der Fabrikation, Untersuchung und Verwendung aller in der Praxis vorkommenden Körperfarben, Dresden- A., 1. Aufl.,1906.

Zerr/Rübencamp (1922) Zerr, Georg, Rübencamp, Dr. R., Handbuch der Farbenfabrikation. Lehrbuch der Fabrikation, Untersuchung und Verwendung aller in der Praxis vorkommenden Körperfarben, Berlin, 3. Aufl., 1922.

Zollinger (2003) Zollinger, Heinrich, Color Chemistry. Syntheses, Properties and Applications of Organic Dyes and Pigments, Wiley-VCH, Zürich, 3. Aufl., 2003.

Zur Abwehr (1922) „Zur Abwehr, Prof. F. A. O. Krüger, Direktor der Deut. Werkstelle für Farbenkunde Dresden“. In: Technische Mitteilungen für Malerei, 1922, 38. Jg./Nr. 4, S. 45-46.

Archivbestände

BASF-Archiv BASF-Aktiengesellschaft, BASF-Archiv, Ludwigshafen-Oppau; Firmengeschichte: Geschichte der BASF; Fusion mit Knosp und Siegle; A 15/2; 15/7; 15/8; 15/9; 15/10.

Talens-Archiv Royal Talens, Sophialaan 46, NL-7311 PD Apeldoorn.

Winsor & Newton Archiv Winsor& Newton; Whitefriars Avenue, HA3 5RH Harrow, Middlesex, Winsor & Newton, Whitefriars Avenue, Wealdstone, GB-Harrow Middlesex HA3 5RH, 2002. Katalogbestände von 1900-1980.

Datenbanken

IRUG (2000) Price, B., Prezel, B., Carlson, J., Infrared and Ramen Users Group (IRUG) Spectral Database, Edition 2000, available at www.irug.org

Price/Prezel (2000) Price, Beth; Prezel, Boris: IRUG Edition 2000 spectral Database.

Software

The Unscrambler Software The Unscrambler v 9.7, CAMO Software AS, Nedre Vollgate 8, N-0158, OSLO Norway, www.camo.no.

SPECTRUM for Windows 7.5, Perkin Elmer Software SPECTRUM for Windows 7.5, Perkin Elmer, 40 Winter Street, Waltham, Massachusetts 02451, USA, http://www.perkinelmer.com.

SPECTRUM Search Plus 7.5, Perkin Elmer Software SPECTRUM Search Plus 7.5, Perkin Elmer, 40 Winter Street, Waltham, Massachusetts 02451, USA, http://www.perkinelmer.com.

SCAN for Windows - Release 1 SCAN for Windows - Release 1, January (1995); Minitab Inc., 3081 Enterprise Drive, State College, PA 16801-3008, USA.

R R, a language and environment for statistical computing. R Development Core Team, Foundation for Statistical Computin, www.r-project.org, Vienna, 2009.

Webseiten

BASF Firmengeschichte	http://www.corporate.basf.com/de/ueberuns/profil/geschichte/1865-1901.htm (access 12.11.2008).
BASF Firmenlogo	http://de.wikipedia.org/wiki/BASF (access 10.11.2008).
Biographie Ernst Beutel	http://members.vienna.at/bioware/beutel.htm (access 1.12.2008).
DIN-Normen; DIN Deutsches Institut für Normung	http://de.wikipedia.org/wiki/DIN (access 1.10.2008).
Geschichte Doerner Institut	http:// www.doernerinstitut.de/de/geschichte/geschichte_4.html (access 1.7.2008).
Griesheim-Elektron Geschichte	Wolfgang Metternich, 150 Jahre Chemie in Griesheim (PDF), S. 8-9. http:// de.wikipedia.org/wiki/Chemische_Fabrik_Griesheim-Elektron (access 23.2.2009).
IRUG-Infrared and Raman user group	www.irug.org
Kremer Pigmente/Schüttgrün	www.kremer-pigmente.de\37390-a.htm (access 12.7.2007).
Lukas Firmengeschichte	http://www.lukas.eu/WEb_/index.html (access 5.10.2008).
RAL - Deutsches Institut	http://de.wikipedia.org/wiki/ RAL_Deutsches_Institut_f%C3%BCr_G%C3%BCtesicherung_und_Kennzeichnung (access 2.10.2008).
Schmincke Firmengeschichte	http://www.schmincke.de/ unternehmen (access 5.10.2008).
Steinkohlenteer	http://de.wikipedia.org/wiki/Steinkohlenteer (access 13.01.2009)
Absorption von Licht bei anorganischen Pigmenten	http//www.chem.tu-freiberg.de/~boehme/lehre/pigmente/pigmente.pdf (access 25.09.2008).

12. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: (A) Mauvein (C.I. Basic dye, 50245) und (B) Fuchsin (C.I. Basic Red), [nach Müller (2000), S. 1]. 17
Abb. 2: (A) Malachitgrün (C.I. Basic Green 4, 42000), (B) Rhodamin B (C.I. Basic Violet 10, 45170) und (C) Eosin (C.I. Acid Red 87, 45380); nach Schweizer (1964), S. 253 und S. 272-274. 18
Abb. 3: (A) Alizarin (C.I. Mordant Red 11, 58000) und (B) Indigo (C.I. Vat Blue 1, Pigment Blue 66, 73000), nach Zollinger (2003), S. 255 und 271. 19
Abb. 4: Organigramm nach Teltschik (1990), S. 385. 38
Abb. 5: Beispiel für einen *Colour Index* - Eintrag (Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Volume 4, S. 4023). 43
Abb. 6: Links die Aufbewahrung der Proben am INTK; in der Mitte zwei Krapplack-Proben (Inv. 1100, 1110) mit dem Etikett des *Technologischen Instituts der Hochschule für Welthandel* und alten Inventarnummern-Beschriftungen. Auf der Probe rechts (Inv. 1083) ist eine ehemalige Inventarnummer auf einem zusätzlichen Etikett angebracht (A VI). 78
Abb. 7: Pigmentproben ohne alte Inventarnummern-Beschriftung in schlanken Gläsern mit Korkverschluss. 79
Abb. 8: *ICI*-Pigmentproben, Handelsmuster (1953). 79
Abb. 9: Access®-Datenbank; Formularansicht (*Material und Behälter)*; Beispiel: Inv. 642. 80
Abb. 10: Access®-Datenbank; Formularansicht (*Eigenschaften*); Beispiel: Inv. 642. 81
Abb. 11: *I.G. Farben* Pigmente und Farbstoffe. *Litholrubin BN* (Inv. 251; Acid Dye), *Litholrubin BK* (Inv. 918; PR 57:1), *Lackorange GR* (Inv. 915; Acid Orange 12, 15970). 85
Abb. 12: *I.G. Farben* Pigmente. *Fanalviolett R Supra* (Inv. 141; PV 3), *Fanalrosa B Supra* (Inv. 914; PR 81) und *Fanalrosa 6B* (Inv. 913; PV 2, 45175:1). 85
Abb. 13: *Fanal*-Pigment von *BASF* (Inv. 223, *Fanal Blue RM (I.G.)*, Kupfer-Eisencyanid-Komplex von C.I. Basic Violet 4, 42600 (CF), [PB 14, 42000:1 (PTM/PM)]) und Detail aus dem Etikett (rechts). 86
Abb. 14: *BASF*-Logo (1873-1922) mit den Wappentieren von Stuttgart und Ludwigshafen (links; *Siegle*-Logo) und *BASF*-Logo nach 1952 (rechts). 86
Abb. 15: *Siegle* Preislisten mit Farblackrezeptur-Notizen (1912) und Rezept-Detail von *Echlichtrotlack* (Litholechtscharlach B); *BASF*-Archiv. 87
Abb. 16: *Siegle* Preislisten; Farblackrezeptur von *Persischgelb* aus den Jahren 1904 (links) und 1905 (rechts); *BASF*-Archiv. 87
Abb. 17: Ausgewählte Pigmentproben (*Siegle)*: *Blaulack 7349* (Inv. 1065; verlackter blauer Farbstoff, $BaSO_4$) und *Echtlichtblau 318215* (Inv. 1063; PB 15:1 (?) + $BaSO_4$), *Rotviolett D 447* (Inv. 142; PV 3), *Persischgelb 3C* (Inv. 959; *Orange II* = CI Acid Orange 7 + Ponceau GV; Ba, Al) und *Hellgelber Lack 9* (INV. 961; CI. Solvent Yellow 33, 47000; Ba, Al). 88
Abb. 18: Pigmentproben *Krapplack dunkel* (Inv. 1118, links) und *Geranium, rot I* (Inv. 861, rechts), beide *Kaufhaus Oberpollinger*, München. 88
Abb. 19: (A) Strahlengangschema [Tracor X-Ray (1989), S. 2-5] und (B) Probekapseln für die RFA. 91
Abb. 20: (A) Strahlengang beim Fokussieren der Probe im Transmissionsmodus [Perkin Elmer (1994), S. 45] und (B) IR-Strahlengang bei der Spektren-Messung im Transmissionsmodus [Perkin Elmer (1994), S. 48]. 93
Abb. 21: Diamantzelle (A) und Probenpräparation auf der Diamantzelle (B). 94
Abb. 22: Perkin Elmer Spectrum Search Plus: FTIR-Referenzspektren-Bibliothekseinträge (*Synthetische organische Pigmente* mit 247 Einträgen). 95
Abb. 23: Wellenzahl-Positionen charakteristischer Banden in FTIR-Spektren für verschiedene Klassen synthetischer organischer Pigmente [Hummel/Scholl (1981), S. 73]. 96
Abb. 24: FTIR-Spektren von synthetischen organischen Pigmenten aus drei unterschiedlichen Pigmentklassen (je zwei Proben aus der ß-Naphthol-, Phthalocyanin- und Triarylcarbonium-Pigmentklasse). Innerhalb einer Pigmentklasse weisen die Spektren der Pigmente ähnliche charakteristische Bandenkombinationen auf. Der Fingerprintbereich des FTIR-Spektrums (etwa 1500-700 cm^{-1}) ist rot unterlegt. 97
Abb. 25: Pigmentprobe *Hellgelber Lack 9* (Inv. 961) und die Notiz zur Farblack-Rezeptur aus der Preisliste von *Siegle,* Gelbe Farben (*BASF*-Archiv, Ludwigshafen-Oppau; Firmengeschichte: Geschichte der BASF; Fusion mit Knosp und Siegle; Ordner A 15/9, Siegle Preisliste (1912), S. 33: *„15 Chinolingelb + 500 Tonerde 3 p., 20 $BaCl_2$ + 5 Tonerde schwefelsauer = 59 kg.)* 107
Abb. 26: Inv. 959, *Persischgelb 3 C* (Siegle), FTIR-Spektrum im Vergleich mit dem FTIR-Spektrum von Inv. 907, *ß-Naphtholorange* (C.I. Acid Orange 7) und der Farblackrezeptur aus den *Siegle*-Unterlagen, datiert 1904 (*BASF*-Archiv; Geschichte der BASF, Fusion mit Knosp u. Siegle, A 15/7, Fabrikationslisten 1900-1920). Es gibt im FTIR-Spektrum keine Hinweise auf einen weiteren Farbstoff. 108
Abb. 27: Probegefäß (A) und Streupräparat (B) der Probe *Lack, violett* (*Kaufhaus Oberpollinger*), Inv. 1042, mit einem Durchlichtpräparat (C) von reiner Kartoffelstärke (zwischen gekreuzten Polarisatoren; Polarisationsmikroskop: Zeiss Axioplan 2, Einbettungsmedium: *Cargille Meltmount*® 1,662). 108
Abb. 28: FTIR-Spektrum der Probe Inv. 1042, *Lack, violett* (*Kaufhaus Oberpollinger*) mit einem Referenzspektrum von Reisstärke. 109
Abb. 29: Farbreaktionen der Probe Inv. 1042, *Lack, violett*: (A) mit Schwefelsäure (H_2SO_4), und (B) Ethanol/ NaOH. Die Stärkekörner sind in (B) deutlich als weißes Granulat zu sehen. 109
Abb. 30: Krapplackproben mit Rezeptur-Notizen. 110
Abb. 31: FTIR-Spektren von fünf Monoazogelbpigmenten (A) und fünf ß-Naphthol-Pigmenten (B); Verbindungen, die zur gleichen Pigmentklasse gehören, weisen im Fingerprintbereich des Spektrums zwischen etwa 1500-700 cm^{-1} zum Teil erhebliche Ähnlichkeiten auf. 122
Abb. 32: FTIR-Spektrum von Inv. 475 *Vynamon Green 5GS* (schwarzes Spekrum), mit den Spektren von PG 7 (blaues Spektrum) und PY 14 (rotes Spektrum). 124
Abb. 33: Detail des FTIR-Spektrums von Inv. 475 *Vynamon Green 5GS* (PG 7 + PY 14 ?); schwarzes Spektrum, mit den Spektren von PG 7 (blaues Spektrum) und PY 14 (rotes Spektrum). 124
Abb. 34: FTIR-Spektren von zwei verschnittenen Blaupigmenten [Inv. 1063, *Echtlichtblau 31821N*, Phthalocyaninblau (?) + $BaSO_4$ (blaues Spektrum); Inv. 1003, *Blue Lake 19797*, Cu-Phthalocyaninblau + Baryt (rotes Spektrum)] mit einem Spektrum von Phthalocyaninblau PB 15:1 [Inv. 123, *Monastral Fast Blue*, PB 15:1 (schwarzes Spektrum)]. 125
Abb. 35: FTIR-Spektrum von der Pigment-Probe *Blauer Lack, dunkel (Kaufhaus Oberpollinger)*, Inv. 1040 (schwarzes Spektrum), mit einem Referenzspektrum von Aluminiumoxydhydrat/Tonerde (blaues Spektrum) aus der IRUG-2000 Datenbank. 126
Abb. 36: FTIR-Spektrum der Probe *Fanalbremerblau G supra (I.G.)*, Inv. 1064 mit einem Spektrum von PB 3 *Brillfast Sky Blue 3862*, Inv. 623: Nach der Information aus dem Colour Index 1956 handelt es sich bei dem Pigment um einen

PTMA-Lack aus einer Mischung der basischen Farbstoffe Basic Blue 5 (42140) und Basic Green 1 (42040). 126
Abb. 37: FTIR-Spektrum der Probe Inv. 959, *Persischgelb 3C* (*Siegle*; laut Rezeptur durch Verlackung von *Orange II* und *Ponceau GV* im Verhältnis 26:4 mit $BaCl_2$ hergestellt) mit einem Referenzspektrum der Probe *ß-Naphtholorange,* Inv. 907 (Acid Orange 7, 15510). 127
Abb. 38: FTIR-Spektrum der Probe *Encelackblau 5G (BASF)*, Inv. 1028, mit einem PB 15 Referenz-Spektrum (*Monastral Fast Blue*, *ICI*, Inv. 123) und einer IRUG-Referenz von Nitrocellulose. 128
Abb. 39: Detail aus Abb. 37: FTIR-Spektrum der Probe *Encelackblau (BASF)*, Inv. 1028, mit einem PB 15 Referenz-Spektrum (Inv. 123) und einer IRUG-Referenz von Nitrocellulose. 128
Abb. 40: Preisliste Farbenfabrik Saltzer & Voigt. (TM 5. Jg./Nr. 48, 1888), S. 89. 193
Abb. 41: Normalfarbenetiketten der *Deutschen Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren* (links: TM, 4. Jg./Nr. 31, 1887, S. 23; rechts: TM, 22. Jg./Nr. 7, 1905, S. 66). 199
Abb. 42: Normalfarbenetikett der *Deutschen Gesellschaft zur Beförderung rationeller Malverfahren* auf einer Sammlungs-Probe, *Kaufhaus Oberpollinger* [Probe Inv. 1118, Krapplack dunkel; INTK-Sammlung]. 200
Abb. 43: Farbenkatalogeinteilung [Vorschlag von H. Trillich (TM, 15. März 1906, 22. Jg./Nr. 18, S. 239). 201
Abb. 44: Tabelle aus Eibner (1905-b), S. 176 (I. Teerfarbstoffe, II. Natürliche organische Farbstoffe). 205
Abb. 45: Tabelle aus Eibner (1905-b), S. 174-178 [*III. Krappfarbstoffe (natürliche und künstliche)*]. 206
Abb. 46: Tabelle I. - III., [Vgl. Eibner (1908-a), S. 140]. 207
Abb. 47: Tabelle IV., [Vgl. Eibner (1908-a), S. 141]. 207
Abb. 48: Lichtechtheit verschiedener Krapplacke und Alizarinlacke; *Tabelle V.* [Vgl. Eibner (1908-a), S. 142]. 208
Abb. 49: Lichtechtheit verschiedener Kalkgrüne (Triarylmethanfarbstoff-Farblacke); *Tabelle VI.* [Vgl. Eibner (1908-a), S. 144]. 208
Abb. 50: Lichtechtheit verschiedener Farblacke; *Tabelle VII.* [Vgl. Eibner (1908-b), S. 148]. 209
Abb. 51: Lichtechtheit von Pigmentfarbstoffen *Tabelle VIII* [Vgl. Eibner (1908-c), S. 168]. 210
Abb. 52: Lichtechtheit von Säurealizarinblau BB im Verhältnis zu seinem Lack, *Tabelle IX* [Vgl. Eibner (1908-c), S. 170]. 210
Abb. 53: Nagra-Farbenliste, Tabelle aus den TM, 49. Jg./Nr. 1, S. 6. 233
Abb. 54: Farbmusterkarte ‚feinster feuchter Wasserfarben' von *Schoenfeld & Co.*: *Permanentrot 2G extra*, *Helioechtrosa*, *Indigorot*, *Indanthrenblau 3* [Jaennicke (1913)]. 242
Abb. 55: Etiketten: T-Kennzeichen für Teerfarben (Schminckes Maltechnische Mitteilungen, 1925, S. 67). 243
Abb. 56: Etiketten für Mussini, Öl und Tempera (Maltechnische Mitteilungen, 16. Lieferung, 1933, S. 7 und 9). 243
Abb. 57: Farbmusterkarte von Schminckes Horadam Patent-Aquarellfarben [Jaennicke (1913)]. 246
Abb. 58: Colour Chart bzw. Farbmusterkarte *„Pelikan"*-Farben mit drei *Eilido*-Farbtönen, Günter Wagner 's Künstler-Wasserfarben [Jaennicke (1913), Anhang]. Insgesamt werden aber mehr *Eilido*-Farbtöne angeboten: Sechs gelbe, fünf rote, vier blaue, sechs grüne Farbtöne und jeweils ein schwarzer, brauner und grauer Farbton [Jaennicke (1913), S. 40)]. 247
Abb. 59: Ostwald poster colours (~1935), *Winsor & Newton*-Archivmaterial. 249
Abb. 60: Orpi Farbmuster-Karte für den amerikanischen Markt; 1936 oder später (Talens Archiv/Apeldorn). 250
Abb. 61: Orpi Farbensortiment, Faltblatt außen (1930); Talens Archiv/Apeldoorn. 251
Abb. 62: Orpi Farbensortiment, Faltblatt innen (1930); Talens Archiv/Apeldoorn. 251
Abb. 63: Preislisten und Rezept-Details für rote Farben (Vgl. 5.4.2. und 6.3.6.); (*BASF-Archiv;* Ludwigshafen; Firmengeschichte; Geschichte der BASF; Fusion mit Knosp und Siegle, A 15/9). 256
Abb. 64: Preislisten und Rezept-Details für rote Farben (Vgl. 5.4.2. und 6.3.6.); Detail aus Abb. 63/ *BASF-Archiv*; Litholechtscharlach B = Lithol Fast Scarlet B = **PR 3/** 12120 (Bayer), Litholechtscharlach B = Lithol Fast Scarlet B = **PR 3**/ 12120, Litholechtscharlach G = Lithol Fast Scarlet G = **PR 6**/ 12090, Litholechtscharlach G = Lithol Fast Scarlet G = **PR 6**/ 12090, Permanentrot R extra = Permanent Red extra = PR 4/ 12085 (Hoechst). 256

13. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Fällungsmethoden, nach Zerr/Rübencamp (1906), S. 686. 23
Tab. 2: Rezepturbeispiele für Farblackfällungen nach Zerr/Rübencamp (1922), S. 717-720. 23
Tab. 3: Beispiele für Fällungsschemata nach Wolff et al. (1929). 24
Tab. 4: Einteilungsprinzip der synthetischen organischen Pigmente, nach Herbst/Hunger (1995), S. 4-11; ergänzend dazu Patentjahr und Jahr bzw. Zeitraum der Markteinführung [Vgl. auch Kap. 3, Tab. 8 bis 32 (Pigmentklassen) für Details]. 30
Tab. 5: Übersicht über die Gesamtproduktion an Teerfarbstoffen (in Tonnen pro Land 1929-1934). 39
Tab. 6: Klasseneinteilung nach chemischer Konstitution (Colour Index, 3. Aufl. (1971-1998), Volume 4, Preamble). 43
Tab. 7: Einteilungsprinzip der synthetischen organischen Pigmente, nach Herbst/Hunger (1995), S. 4-11. 44
Tab. 8: Ausgewählte Monoazogelbpigmente (unverlackt), Acetessigsäurearylide als Kupplungskomponenten [nach Herbst/Hunger (1995), S. 228]. 45
Tab. 9: Ausgewählte Diarylgelbpigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 252]. 46
Tab. 10: Ausgewählte Diazopyrazolonpigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 275]. 47
Tab. 11: Bisacetessigsäurearylid-Pigment PY 16 [nach Herbst/Hunger (1995), S. 270]. 47
Tab. 12: Ausgewählte ß-Naphthol-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 285]. 48
Tab. 13: Ausgewählte Naphthol AS-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 297]. 48
Tab. 14: Ausgewählte verlackte ß-Naphthol Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 327]. 49
Tab. 15: Ausgewählte verlackte BONS-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 336]. 50
Tab. 16: Ausgewählte verlackte Naphthol AS-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 348]. 50
Tab. 17: Ausgewählte verlackte Naphthalinsulfonsäure- Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 352]. 51
Tab. 18: Ausgewählte Benzimidazolon-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 364]. 51
Tab. 19: Beispiel eines Disazokondensations-Pigments PY 93, 29710 [nach Herbst/Hunger (1995), S. 387]. 52
Tab. 20: Ausgewählte Metallkomplex-Pigmente (PG 8, 10006; PY 129, 48042); nach Herbst/Hunger (1995), S. 405. 52
Tab. 21: Ausgewählte Isoindolinon- und Isoindolin-Pigmente (PY 110, 56280; PY 139, 56298); nach Herbst/Hunger (1995), S. 422-423. 53
Tab. 22: Ausgewählte Phthalocyanin-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 432 u. 450]. 54
Tab. 23: Ausgewählte Chinacridon- und Chinacridonchinon Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 472]. 55
Tab. 24: Ausgewählte Perylen-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 486]. 56
Tab. 25: Thioindigo-Pigment PR 88, 73312 [nach Herbst/Hunger (1995), S. 500]. 56
Tab. 26: Anthrachinon-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 503-530]. 58
Tab. 27: Dioxazin-Pigment PV 23, 51319 [nach Herbst/Hunger (1995), S. 531-538]. 59
Tab. 28: Triarylcarbonium-Pigmente des Alkaliblau-Typs [nach Herbst/Hunger (1995), S. 545]. 60
Tab. 29: Triarylcarbonium-Farbstoffsalze mit komplexen Anionen [nach Herbst/Hunger (1995), S. 557-558]. 60
Tab. 30: Chinophthalon-Pigmente [nach Herbst/Hunger (1995), S. 568]. 61
Tab. 31: Diketo-pyrrolo-pyrrol-Pigmente [nach Herbst/Hunger (2004), S. 490]. 61
Tab. 32: Anilinschwarz PBk 1, 50440 [nach Herbst/Hunger (1995), S. 583]. 62
Tab. 33: Übersicht zur Anzahl der Farbmittel-Proben und deren Aufteilung. 82
Tab. 34: Messbedingungen für 8 kV, 30 kV und 50 kV Röhrenspannung. 90
Tab. 35: Gelbe synthetische organische Pigmente (26 Proben), geordnet nach Colour Index. 98
Tab. 36: Orange synthetische organische Pigmente (7 Proben), geordnet nach Colour Index. 99
Tab. 37: Rote synthetische organische Pigmente (75 Proben); geordnet nach Colour Index. 99
Tab. 38: Violette synthetische organische Pigmente (22 Proben), geordnet nach Colour Index. 101
Tab. 39: Blaue synthetische organische Pigmente (34 Proben), geordnet nach Colour Index. 102
Tab. 40: Grüne synthetische organische Pigmente (21 Proben), geordnet nach Colour Index. 103
Tab. 41: Braune und schwarze organische Pigmente (5 Proben); geordnet nach Colour Index. 104
Tab. 42: Farblacke und Mischpräparate (60 Proben; geordnet nach Farbgruppen und Inv.-Nr.) 104
Tab. 43: Anthrachinonfarbstoff-Farblacke und ähnliche (53 Proben; nach Inv.-Nr. geordnet). 110
Tab. 44: Farbstoffe (394 Proben). 113
Tab. 45: Anteile der INTK- und Tate-Proben im Datenset (11 Pigment-Klassen) 158
Tab. 46: Probenanzahl, Nummerierung und Aufteilung der Pigmentklassen. 159
Tab. 47: Segmentierungen A-E (126 INTK-Proben; 10 Pigmentklassen). 161
Tab. 48: Ergebnisse für die Segmentierungen A-E (126 Proben/10 Klassen) bis zu fünf nächsten Nachbarn (*k*). 162
Tab. 49: KNN-Klassifikationsresultate für 5 Segmente (126 Proben/10 Klassen). 163
Tab. 50: Zusammenfassung und Auswertung der Ergebnisse der KNN-Klassifikation (126 Proben aus 10 Klassen). 164
Tab. 51: Klasseneinteilung und Ergebnisstabelle der KNN-Klassifikation für das Trainingsdatenset mit Klassifikations-Resultaten für die Testset-Proben (k, optimale Anzahl benachbarter Proben). Eine Testset-Probe (**) wurde falsch klassifiziert (Klasse 3). 165
Tab. 52: PLS-DA Ergebnisse für ein Trainingsdatenset und ein unabhängiges Testdatenset in Kreuzvalidierung. Eine der Testsetproben (*) aus der Bezimidazolon-Pigmentklasse (Nr. 7) konnte nicht eindeutig klassifiziert werden und wurde sowohl korrekt in Klasse 7, als auch falsch in Klasse 4 eingeordnet (**). 166
Tab. 53: Ergebnisse der Klassifikation unbekannter Malschichtproben; die Probe P6 (Rot) konnte nicht eindeutig klassifiziert werden (*) und wurde sowohl der Klasse 1 als auch der Klasse 3 zugeordnet. 167
Tab. 54: Übersicht: Teerfarblacke bzw. synthetische organische Pigmente entsprechend der Auflistung aus Doerner (Auflagen: 1921, 1928, 1933, 1938, 1941). 185
Tab. 55: Von Fabrikanten im Jahr 1924 vorgeschlagene synthetische organische Farbmittel für die Verwendung in Künstlerfarben, wenn die Lichtechtheit des Alizarinkrapplacks als Norm zugrunde gelegt würde [Trillich (1925), S. 38]; gegebenenfalls ergänzt durch recherchierte Angaben und Nummern aus den Farbstofftabellen (Schultz 1931, 7. Auflage) und/oder Colour-Index-Nummern. [Vgl. Kapitel 9.2.4.1; Krais (1915); Vgl. 9.4.5.; Wagner (1924-a)]. 203

Tab. 56: Vorschlag geeigneter Teerfarbstofflacke für die Verwendung in Künstlerfarben aus dem Jahr 1915 [Krais (1915), S. 121]; gegebenenfalls ergänzt durch recherchierte Angaben und Nummern aus den *Farbstofftabellen* [Schultz (1931), 7. Auflage] und/oder *Colour-Index*-Nummern. 213
Tab. 57: Lichtstarke T-Farben, Farbkarten aus dem Jahr 1933. 244
Tab. 58: Azofarbstoff- und Pigmentverbrauch *Siegle & Co.*, Besigheim 1935 [*BASF*-Archiv; Ludwigshafen; 15/2; Firmengeschichte; Geschichte der BASF; Fusion mit Knosp und Siegle, Bericht vom 13.12.1935 (oder 23.12.1935); schwer leserlich]. 255
Tab. 59: Synthetische organische Pigmente in ausgewählten Künstlerfarben (2002/2005). 259
Tab. 60: Synthetische organische Pigmente in zeitgenössischen Künstlerfarben (C.I. Pigment Yellow und Orange). 260
Tab. 61: Synthetische organische Pigmente in zeitgenössischen Künstlerfarben (*C.I. Pigment Red*). 261
Tab. 62: Synthetische organische Pigmente in zeitgenössischen Künstlerfarben (*C.I. Pigment Violet, Green, Blue, Brown und Black*). 262

14. Anhang

14.1. Übersicht zum Bestand synthetischer organischer Pigmentproben in der INTK-Sammlung nach ausgewählten Herstellern

Übersicht zum Sammlungs-Bestand synthetischer organischer Pigmentproben von wichtigen Herstellern (*I.G., ICI, BASF*; Vgl. Kap. 5.4.; *Siegle, Kaufhaus Oberpollinger, Ebeseder, D. Sch. Düsseldorf*; Vgl. Kap. 5.4.).

	Inv.- Nr.	Handelsname	Pigmentklasse	Colour-Index Name	CI-Nr.
I.G. (I.G. Farbenindustrie AG)					
1	141	Fanalviolett R Supra	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Violet 3	42535:2
2	250	Litholechtscharlach RN	ß-Naphtol	C.I. Pigment Red 3	12120
3	411	Fanalgrün	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Green 1+ $BaSO_4$	42040
4	909	Hansarot B	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 3	12120
5	910	Permanentrot FRL	Naphthol AS	C.I. Pigment Red 10	12440
6	913	Fanalrot 6 B	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Violet 2	45175:1
7	914	Fanalrosa B supra	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Red 81	45160:1
8	915	Lackorange G R	ß-Naphthol + Ca	C.I. Acid Orange 12 + Ca	15970
9	918	Litholrubin B K	BONS, Ca	C.I. Pigment Red 57:1	15850:1
10	1064	Fanalbremerblau G supra	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Blue 8 (ähnlich)	42140; 42040
11	1127	Heliogenblau G	Phtalocyaninblau, metallfrei	C.I. Pigment Blue 16	74100
ICI (Imperial Chemical Industries)					
1	155	Monolite Fast Yellow GXS	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow ?	?
2	158	Monolite Yellow GN	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 1	11680
3	162	Monolite Fast Yellow GXS	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow?	?
4	168	Monolite Fast Yellow 6GS Powder	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow ?	?
5	170	Monolite Yellow 10GH ED	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 3	11710
6	173	Monolite Fast Yellow 10GS	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 3 ?	11710
7	213	Monolite Fast Red LFS Powder	Naphtol AS	C.I. Pigment Red 9	12460
8	238	Deep Crimson Madder 10821	Anthrachinon, Ca	C.I. Pigment Red 83:1	58000:1
9	339	Monolite Fast Black XS Powder	Anilinschwarz (?)	C.I. Pigment Black 1	50440
10	455	Monastral Fast Green GXS Powder	Cu-Phtalogrün	C.I. Pigment Green 7	74260
11	475	Vynamon Green 5GS	Cu-Phtalogrün + Diarylgelb	C.I. Pigment Green 7 + PY 14	74260
12	488	Monolite Fast Red Grs Powder	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 3	12120
13	489	Fastel Pink B Powder	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Red 81	45160:1
14	490	Monolite Fast Red Powder	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 3	12120
15	496	Blue Lake 23299	Cu-Phthalocyaninblau, $BaSO_4$	C.I. Pigment Blue 15 + $BaSO_4$	74160
16	499	Crimson Toner MS	BONS, Mn	C.I. Pigment Red 58:4	15825
17	501	Rubine Toner 2BS	BONS, Ca	C.I. Pigment Red 48:2	15865
18	506	Monolite Violet 4R	Chinacridon	C.I. Pigment Violet 19	73900
19	514	Monolite Fast Red YS Powder	Anthanthron	C.I. Pigment Red 168	59300
20	529	Monolite Maroon BS	Thioindigo	C.I. Pigment Red 145 bzw. PV 36	73385

	Inv.- Nr.	Handelsname	Pigmentklasse	Colour-Index Name	CI-Nr.
21	530	Vynamon Violet RS	Antrachinon	C.I. Pigment Violet 5?	58055
22	531	FW Polymon Violet RS	Antrachinon	C.I. Pigment Violet 5?	58055
23	537	Fastel Yellow Green GA Supra Powder	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Green 2	42040:1
24	543	Monolite Fast Red FRS Powder	Naphtol AS	C.I. Pigment Red 10	12440
25	556	Fastel Blue B Supra Powder	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Blue 1	42595:2
26	565	Monolite Red 4 RHS Powder	Naphtol-AS	C.I. Pigment Red 7	12420
27	566	Monolite Fast Orange GS Powder	Disazopyrazolon	C.I. Pigment Orange 13	21110
28	573	Fastel Violet R Supra Powder	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Violet 3	42535:2
29	575	Monolite Red 2BX	Chinacridon	C.I. Pigment Red 42, Violet 19 (?)	
30	577	Fastel Pink 2B Supra Powder	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Red 81	45160:1
31	628	Vynamon Blue 3RS.	Indanthron	C.I. Pigment Blue 60	69800
32	655	Bronze Scarlet CS	ß-Naphtol, Ba	C.I. Pigment Red 53:1	15585
33	668	Monolite Fast Orange 2 R S. Powder	ß-Naphtol	C.I. Pigment Orange 5	12075
34	771	Fastel Bremen Blue B Supra	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Blue 3	42140
35	782	Fastel Bremen Blue G Supra Powder	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Blue 2 oder 10 ?	42595
36	794	Rubine Toner 2BS	BONS, Ca	C.I. Pigment Red 48:2	15865:2
37	810	Fastel Green G Supra Powder	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Green 1	42040:1
38	831	Rubine Toner 4BS Powder	BONS, Ca	C.I. Pigment Red 57:1	15850:1
39	864	Bronze Carmine 5219	Phloxin, Blei-Salz	C.I. Pigment Red 90	45380:1
40	867	Fastel Pink R Supra Powder	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Red 81	45160:1
41	868	Bronze Scarlet CS	ß-Naphthol, Ba	C.I. Pigment Red 53:1	15585:1
42	870	Monolite Fast Scarlet RBS, Powder	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 3	12120
43	871	Rubine Toner 2BS	BONS, Ca	C.I. Pigment Red 48:2	15865:2
44	872	Monolite Fast Scarlet RB (ED-P)	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 3	12120
45	874	Vynamon Claret YS	BONS, Ca	C.I. Pigment Red 57:1	15850:1
46	877	Fastel Red B ED	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Red 81	45160:1
47	885	Claret Toner 13554	BONS, Ca	C.I. Pigment Red 63:1	15880:1
48	890	Rubine Toner BS Powder	BONS, Ba	C.I. Pigment Red 48:1	15865:1
49	891	Monolite Red GF	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 4	12085
50	927	Brilliant Geranium 1 81 69	Eosinlack	k. A.	k. A.
51	932	Fastel Pink 2B Supra Powder	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Red 81	45160:1
52	933	Fastel Pink B Supra Powder	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Red 81	45160:1
53	934	Fastel Pink 2B Supra Powder	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Red 81	45160:1
54	935	Fastel Pink 2B Supra Powder	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Red 81	45160:1
55	936	Fastel Red B ED	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Red 81	45160:1
56	937	Vynamon Red 2B FW	BONS, Ca	C.I. Pigment Red 48:2	15865:2
57	946	Monolite Fast Yellow GNS Powder	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 1	11680
58	947	Monolite Fast Yellow 10 GS Powder	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 3	11710

	Inv.- Nr.	Handelsname	Pigmentklasse	Colour-Index Name	CI-Nr.
59	948	Monolite Fast Yellow GNS Powder	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 1	11680
60	953	Vynamon Yellow 2GE FW.	Diarylgelb	C.I. Pigment Yellow 14	21095
61	955	Vynamon Yellow GRES FW	Diarylgelb	C.I. Pigment Yellow 13	21100
62	956	Monolite Fast Yellow GS Powder	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 1	11680
63	958	Monolite Fast Yellow 10 GS	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 3	11710
64	978	Vynamon Brown B	k.A.	C.I. Pigment Brown od. Red	
65	1002	Blue Lake 23300	Cu-Phthalocyaninblau, Baryt	C.I. Pigment Blue 15:1 + Baryt ?	74160
66	1003	Blue Lake 19797	Cu-Phthalocyaninblau + Baryt	C.I. Pigment Blue 15:1	74160
67	1007	Polymon Blue GS	Phthalocyaninblau, metallfrei + $BaSO_4$	C.I. Pigment Blue 16 + $BaSO_4$	74100
68	1008	Blue Lake 24480	Cu-Phthalocyaninblau + Baryt	C.I. Pigment Blue 15:1	74160
69	1013	Vynamon Green 6YS	Cu-Phthalogrün, Cl/Br halogenisiert	C.I. Pigment Green 36	74265
70	1014	Vynamon Green bes	Cu-Phthalogrün, Cl	C.I. Pigment Green 7	74260
71	1015	Vynamon Green 5GS	Cu-Phtalogrün + Diarylgelb	C.I. Pigment Green 7 + PY 14 (?)	74260+21095 (?)
72	1018	Monastral Fast Blue RMS Powder	Kupferphthalocyanin + ?	C.I. Pigment Blue 15:1 + ?	74160
73	1019	Monolite Fast Blue LBS	Cu-Phthalocyaninblau	C.I. Pigment Blue 15:1	74160
74	1020	Monolite Fast Blue 3RS	Indanthronblau	C.I. Pigment Blue 60/ Vat Blue4	69800
75	1023	Fastel Bremen Blue B Extra Powder	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Blue 3	42140
76	1190	Monaprin Rubine 3BE Paste	Chinacridon	C.I. Pigment Red 122	73915
77	1291	Monolite Fast Green YS. Powder	Metallkomplex, Ni	C.I. Pigment Green 10	12775
BASF (Badische Anilin- & Soda-Fabrik)					
1	223	Fanalblau RM Plv.	Triarylcarbonium/CF-Lack	C.I. Pigment Blue 14/CF	42600salt
2	383	Pigmenttiefschwarz extra Pulver Nr. 384	Anilinschwarz	C.I. Pigment Black 1	50440
3	658	Encedruckrot BB	BONS, Mn	C.I. Pigment Red 48:4	15865:4
4	680	Encedruckrot BB	BONS, Mn	C.I. Pigment Red 48:4	15865:4
5	928	Lumogen L Rot neu	k.A.	k.A.	
6	967	Lumogen L Hellgelb	Aldazin; Disazomethinverbindung	C.I. Pigment Yellow 101	48052
7	1044	Gummiechtgrün FN 2150	Cu-Phthalogrün + BM	C.I. Pigment Green 7	74260

	Inv.-Nr.	Handelsname	Pigmentklasse	Colour-Index Name	CI-Nr.
Siegle					
1	140	Violett 62492 N	Triarylcarbonium + $BaSO_4$	C.I. Pigment Violet 3	42535:2
2	142	Rotviolett D 447	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Violet 3?	
3	144	Blauviolett D 447	Triarylcarbonium + $BaSO_4$+ Blau?	C.I. Pigment Violet 3 ?	
4	154	Sieglegelb D 440	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 3 / verschnitten	11710
5	226	Echtrot 1	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 4 + $BaSO_4$	12085
6	422	Leuchtgrün L41	Tagesleuchtpigment	k.A.	
7	860	Geraniumrot B	ß-Naphthol, Ba + $BaSO_4$	C.I. Pigment Red 49:1	15630:1
8	895	Bronzerot 16913 gelbl.	ß-Naphthol, Ba	C.I. Pigment Red 53:1	15585:1
9	896	Scharlachrot, echt G	ß-Naphthol, $BaSO_4$	C.I. Pigment Red 3	12120
10	912	Rotextrakt 60365	ß-Naphthol	C.I. Pigment Red 4	12085
11	938	Rotextrakt 12811 N	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Violet 1	
12	939	Brillantlichtrosa B. c.	Triarylcarbonium	C.I. Pigment Red 81 ?	45170
13	959	Persischgelb 3 C	ß-Naphthol, Al, Ba	C.I. Pigment Orange 17	15510:1
14	960	Permanentgelb 20	Monoazogelb	C.I. Pigment Yellow 3 / verschnitten	11710
15	961	Hellgelber Lack 9	Chinolingelb/BaSO4/Tonerdehydratlack	C.I Solvent Yellow 33; Ba, Al	
16	972	Leuchtgelb L 51	Tagesleuchtpigment	k.A.	
17	986	Braunlack 3	k.A.	k.A.	
18	1054	Siegle-Azurblau D 449	Triarylcarbonium + $CaCO_3$?	C.I. Pigment Blue ?	
19	1062	Viridinlack G	Grüner Farblack + $BaSO_4$	k.A.	
20	1063	Echtlichtblau 31821N	Phthalocyaninblau + $BaSO_4$	C.I. Pigment Blue 15:1 + viel $BaSO_4$	
21	1065	Blaulack 7349	Blauer Farbstoff, mit $BaSO_4$ verlackt		
22	1113	Krapplack	Dihydroxyantrachinon		
23	1115	Krapplack rosa	Dihydroxyantrachinon		
24	1117	Krapplack rosa	Dihydroxyantrachinon		

	Inv.-Nr.	Handelsname	Zusammensetzung
Kaufhaus Oberpollinger			
1	861	Geranium, rot I	Farbstoff + Bariumsulfat
2	879	Geranium, rot II	Bleiverbindung, $BaSO_4$, Eosine A (?)
3	883	Münchnerlack	Karminlack, Aluminum-Zinn-Lack
4	897	Van Dyckrot	Krapplack/ Eisenoxid-Mischung
5	905	Florentinerlack	(Pflanzen)-Rotholzlack
6	992	Brauner Lack	?
7	1030	Lack, hellgrün	Schüttgrün; Sn/Al-Lack
8	1031	Kalkgrün, hell	Grünerde/ synth. Farbstoff?
9	1032	Kalkgrün, mittel	Grünerde/ synth. Farbstoff?
10	1040	Blauer Lack, dunkel	Zinn-Aluminiumlack
11	1041	Blauer Lack, hell	Zinn-Lack + $PbCO_3$
12	1042	Lack, violett	Anthrachinon (?), Stärke
13	1118	Krapplack, dunkel	Dihydroxyantrachinon

	Inv.-Nr.	Handelsname	Zusammensetzung
Ebeseder			
1	878	Japanischgelb	?
2	1046	Dunkelgrüner Lack	Schüttgrün; Sn/Al-Lack
3	1047	Hellgrüner Lack	Schüttgrün; Sn/Al-Lack
D. Sch. Düsseldorf (Dr. Fr. Schoenfeld ?)			
1	881	Carmin fixe de garance	Krappkarmin ?
2	904	Rubinlack (Eosin)	Phloxin, Blei-Salz (Eosinlack)
3	962	Laque Robert No 5	gelber Pflanzenlack
4	963	Laque Robert No 6	gelber Pflanzenlack
5	1107	Van Dyk-rot (Krapp)	Krapplack + Ferrocyankupfer
6	1108	Krapplack gelbbraun	Dihydroxyantrachinon

15. Publikationen und Vorträge im Rahmen der Dissertation

Publikationen

Schäning, A., Schreiner, M., Jembrih-Simbuerger, D., „Identification and Classification of Synthetic Organic Pigments of a Collection of the 19th and 20th Century by FTIR“. In: Proceedings of the sixth Infrared and Raman Users Group Conference (IRUG6), Florenz 2004, Hrsg. Piccollo, M., 2005, S. 302-305.

Schäning, A., Schreiner, M., Mäder, M., Storch, U., „Synthetische organische Pigmente in Künstlerfarben des frühen 20. Jahrhunderts: Möglichkeiten und Grenzen ihrer Identifizierung am Beispiel von zwei Gemälden um 1925 von My/Marianne Ullmann“. In: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, 1/2007, S. 87-110.

Schäning, A., Varmuza, K., Schreiner, M., „Classification of Synthetic Organic Pigments by Multivariate Data Analysis of FTIR Spectra“. In: e-Preservation Science. Scientific research for the conservation of cultural heritage, IRUG8 Proceedings, Vol. 6 (2009), S. 75-80, online: http://www.morana-rtd.com/e-preservationscience/index.html.[http://www.morana-rtd.com/e-preservationscience/2009/Schaening-26-06-2008.pdf].

Schäning, A., Varmuza, K., Schreiner, M., „Synthetische organische Farbmittel aus einer technologischen Materialsammlung des 19./20. Jahrhunderts: Identifizierung, Klassifizierung und ihre Verwendung in Künstlerfarben“. In: Uni*vers. Junge Forschung in Wissenschaft und Kunst; Bast, Gerald; Bettel, Florian; Hollendonner, Barbara (Hrsg.), Springer-Verlag Edition Angewandte, 2010, S. 237-253.

Posterpräsentationen

Schäning, A., Schreiner, M., Jembrih-Simbuerger, D., „Identification and Classification of Synthetic Organic Pigments of a Collection of the 19th and 20th Century by FTIR“. Posterpräsentation, 6th Infrared and Raman Users Group Conference (IRUG 6), Florenz, 29. März-1. April 2004.

Schäning, A., Mäder, M., Schreiner, M., „Identification of synthetic organic pigments in Paintings of the early 20th century by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), X-Ray Fluorescence Analysis (XRF) and Optical Microscopy“; Posterpräsentation, 8th Infrared and Raman Users Group Conference (IRUG 8), Wien, 26.-29. März 2008.

Schäning, A., Schreiner, M., Varmuza, K., „Classification of Synthetic Organic Pigments by Multivariate Data of FTIR Spectra“; Posterpräsentation, 8th Infrared and Raman Users Group Conference (IRUG 8), Wien, 26.-29. März 2008.

Schäning, A., Schreiner, M., Varmuza, K., „Classification of Synthetic Organic Pigments from FT Infrared Spectral Data”; Posterpräsentation, SCAC 2008 (4th International Symposium on Computer Applications and Chemometrics in Analytical Chemistry), Lake Balaton, Balatonalmádi, Veszprém, Hungary, Organised by University of Veszprem, 1.-5. September 2008.

Vorträge

Schäning, A., „Identifizierung und Klassifizierung von synthetischen organischen Pigmenten aus der Materialsammlung des Instituts“; Vortrag, Institutsseminar, Institut für Naturwissenschaften und Technologie in der Kunst, Akademie der bildenden Künste Wien, 15. Juni 2004.

Schäning, A., „Zur Verwendung und Rezeptionsgeschichte von synthetischen organischen Farbmitteln in Künstlerfarben Anfang des 20. Jahrhunderts: Identifizierung und Klassifizierung von synthetischen organischen Pigmenten aus einer Materialsammlung des 19./20. Jh. mit FTIR“; Vortrag, Institutsseminar, Institut für Naturwissenschaften und Technologie in der Kunst (INTK), Akademie der bildenden Künste Wien, 24. Oktober 2007.

Schäning, A., „Zur Verwendung und Rezeptionsgeschichte von synthetischen organischen Farbmitteln in Künstlerfarben Anfang des 20. Jahrhunderts. Identifizierung und Klassifizierung von synthetischen organischen Pigmenten aus einer Materialsammlung des 19./20. Jh. mit RFA und FTIR“; Vortrag, Coming out 2008, DoktorandInnentagung an der Akademie der bildenden Künste Wien und der Universität für angewandte Kunst Wien, 18. bis 19. April 2008.

Schäning, A., „The Significance of Synthetic Organic Colorants in Early 20th Century (Artists') Paints: Investigations into their Use and Acceptance“; Vortrag, Scientific workshop at the Doerner Institute München, Germany: „Permanent Yellow, Irgazine Red, Heliogen Blue and Co.: Towards an improved micro-identification of organic synthetic pigments and dyestuffs in works of modern art", Doerner Institute München, 12. September 2008.

Schäning, A., „Synthetische organische Farbmittel und ihre Identifizierung, Verwendung und Akzeptanz in (Künstler)Farben Anfang des 20. Jahrhunderts“; Vortrag, Dissertant_innen-Kolloquium, Akademie der bildenden Künste Wien, 3. November 2009.