

Karin Lutzenberger

## **Künstlerfarben im Wandel**

Synthetische organische Pigmente des  
20. Jahrhunderts und Möglichkeiten  
ihrer zerstörungsarmen,  
analytischen Identifizierung



Herbert Utz Verlag · München

## Analytische Chemie

Zugl.: Diss., Berlin, Humbolt-Univ., 2009

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH · 2009

ISBN 978-3-8316-0903-1

Printed in Germany  
Herbert Utz Verlag GmbH, München  
089-277791-00 · [www.utzverlag.de](http://www.utzverlag.de)

## Kurzzusammenfassung (Deutsch)

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Identifizierung synthetischer organischer Pigmente in Künstlerfarben des 20. Jahrhunderts sowie der Chronologie und Häufigkeit ihrer Verwendung in der modernen Malerei. An Reinpigmenten sowie an kommerziellen Tubenfarben wurden Analysemethoden wie Dünnschichtchromatographie (DC), Hochdruck-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) sowie Pyrolyse-Gaschromatographie / Massenspektrometrie (Py-GC/MS) und Raman-Mikroskopie in Bezug auf Probenmenge, Empfindlichkeit und Differenzierbarkeit innerhalb der unterschiedlichen chemischen Pigmentklassen evaluiert. Für die Untersuchung von Gemäldeproben wurde ein Analyseweg definiert, der mit kleinsten Probenmengen routinemäßig eine möglichst weitgehende Identifizierung synthetischer organischer Pigmente zulässt, die kunstspezifischen Probleme beachtet und im täglichen Museumsbetrieb praktikabel ist. Hierbei wurden noch im Depot oder der Galerie mikrochemische Tests durchgeführt und anschließend über eine weitere Probenahme für Analysen im Labor entschieden. Um umfassende Daten zur Verwendung der modernen Pigmente durch einzelne Künstler und innerhalb bestimmter Perioden zu sammeln, wurden 41 Werke sowie einige Malpaletten moderner und zeitgenössischer deutscher Künstler, darunter Max Beckmann, Fritz Winter, Georg Baselitz und Markus Lüpertz, aus der *Sammlung Moderne Kunst in der Pinakothek der Moderne* auf ihre organischen Pigmente hin untersucht. Ergänzend wurden die anorganischen Pigmente und Füllstoffe durch Rasterelektronenmikroskopie / Energiedispersive Röntgenstrahlen-Analyse (REM/EDX) bestimmt. Daten zur Einführung und zum Einsatz in kommerziellen Tubenfarben wurden mit Hilfe der *Heritage Edition des Colour Index*, aktueller Produktinformationen sowie durch Recherchen bei Herstellerfirmen, z.B. Schoenfeld (Düsseldorf), Schmincke (Erkrath) oder Schutzmann (Herrsching), gesammelt.

## Abstract (English)

This thesis deals with the analytical identification of synthetic organic pigments in artists' paints of the 20<sup>th</sup> century, plus the chronology and the frequency of their use in modern paints. On pure pigments as well as on commercial tube paints analytical methods such as thin layer chromatography (TLC), high pressure liquid chromatography (HPLC), pyrolysis - gas chromatography / mass spectrometry (Py-GC/MS) were evaluated with respect to sample size, sensitivity and the power to differentiate within the different pigment classes. For samples taken from paintings a new analytical approach was developed which routinely allows wide identification of synthetic organic pigments in minute samples and requires minimal handling and logistics in the museum routine. For this purpose, preliminary microchemical tests were carried out directly in the depositry or gallery and afterwards it was decided about further sampling for analyses in the laboratory. To collect comprehensive data on the use of modern pigments by individual artists and within different periods of time, 41 modern and contemporary paintings, as well as some palettes of German artists, such as Max Beckmann, Fritz Winter, Georg Baselitz and Markus Lüpertz, from the collection *Sammlung Moderne Kunst* at the *Pinakothek der Moderne* were examined. Additionally, inorganic pigments and fillers were identified by scanning electron microscope / energy dispersive X-ray (SEM/EDX). Data concerning the introduction of these modern colourants and their use in commercial tube paints were collected on the basis of the *Heritage Edition of the Colour Index International*, of current colour charts and research by different manufacturers, such as Schoenfeld (Düsseldorf), Schmincke (Erkrath) or Schutzmann (Herrsching).

## Inhaltsverzeichnis der Kapitel

1.	Einleitung .....	1
I.	Allgemeiner Teil .....	7
2.	Vom Labor auf die Leinwand: Geschichte der synthetischen organischen Pigmente und ihrer Verwendung in Künstlerfarben .....	7
3.	Systematik der Farbmittel - Der Colour Index International .....	11
4.	Pigmente – Definition, Wirkungsweise, Qualitätsmerkmale .....	13
4.1.	Definition – Farbmittel, Pigment, Farbstoff .....	13
4.2.	Wirkungsweise von Pigmenten .....	13
4.3.	Qualitätsmerkmale der Pigmente .....	14
4.3.1.	Farbstärke .....	15
4.3.2.	Lösemittel- und Migrationsechtheit .....	16
4.3.3.	Licht- und Wetterechtheit .....	16
5.	Klassifizierung der synthetischen organischen Pigmente nach chemischen Gesichtspunkten .....	17
5.1.	Azopigmente .....	18
5.2.	Metallkomplex-Pigmente .....	24
5.3.	Isoindolin- und Isoindolin-Pigmente .....	25
5.4.	Polycyclische Pigmente .....	27
5.5.	Weitere Pigmente .....	36
6.	Zur analytischen Identifizierung der synthetischen organischen Pigmente – Stand der Forschung .....	41
II.	Experimenteller Teil .....	47
7.	Probeentnahme und Analysengang .....	48
8.	Mikrochemische und Löslichkeitstests .....	50
8.1.	Reagenzien und Durchführung .....	50
8.2.	Ergebnisse .....	51
8.3.	Pro und Contra .....	53
9.	Dünnschichtchromatographie .....	54
9.1.	Theoretische Grundlagen .....	54
9.2.	Durchführung .....	55
9.3.	Ergebnisse .....	57
9.4.	Pro und Contra .....	59

10.	Hochdruckflüssigkeitschromatographie.....	60
10.1.	Theoretische Grundlagen .....	60
10.2.	Apparatur und Methoden .....	65
10.3.	Probenpräparation .....	66
10.4.	Ergebnisse der Reinpigmente .....	67
10.5.	Untersuchung von Tubenfarben .....	69
10.6.	Pro und Contra .....	73
11.	Pyrolyse-Gaschromatographie-Massenspektrometrie .....	73
11.1.	Theoretische Grundlagen .....	73
11.2.	Apparatur.....	82
11.3.	Probenpräparation.....	83
11.4.	Ergebnisse der Reinpigmente .....	84
11.5.	Untersuchungen an Tubenfarben .....	110
11.6.	Pro und Contra .....	120
12.	Raman-Mikroskopie .....	121
12.1.	Theoretische Grundlagen .....	121
12.2.	Raman-Gerätetechnik .....	127
12.3.	Apparatur und Durchführung der Messung.....	132
12.4.	Referenzpigmente .....	134
12.5.	Probenpräparation.....	135
12.6.	Ergebnisse.....	135
12.6.1.	Azopigmente .....	139
12.6.2.	Polycyclische Pigmente .....	144
12.7.	Pro und Contra .....	149
13.	Fallbeispiele von Gemäldeproben.....	151
13.1.	Beispiel 1 .....	153
13.2.	Beispiel 2 .....	156
13.3.	Beispiel 3 .....	159
13.4.	Beispiel 4 .....	160
13.5.	Beispiel 5 .....	162
13.6.	Beispiel 6 .....	163
13.7.	Beispiel 7 .....	164
13.8.	Fazit.....	165
III.	Anwendungsteil .....	169

14. Verwendungsgeschichte synthetischer organischer Pigmente in Künstlerfarben .....	169
15. Gemäldeuntersuchungen .....	188
15.1. Max Beckmann .....	189
15.2. Fritz Winter .....	197
15.3. Ernst Wilhelm Nay .....	205
15.4. Georg Baselitz .....	206
15.5. Penck, Richter, Immendorff .....	219
15.5.1. A.R. Penck .....	219
15.5.2. Gerhard Richter .....	222
15.5.3. Jörg Immendorff .....	225
15.6. Markus Lüpertz .....	227
15.7. Fazit .....	236
16. Zusammenfassung und Ausblick .....	253
Literaturverzeichnis .....	259
Anhänge .....	273
A Referenzpigmente .....	273
B HPLC – Resultate .....	294
B.1. UV/Vis-Spektren der Reinpigmente .....	294
B.2. Chromatogramme und UV/Vis-Spektren der Tubenfarben .....	308
C Py-GC/MS – Chromatogramme .....	324
D Raman-Spektren .....	371
E Ergebnisse der Gemäldeuntersuchungen .....	387
Tabellenverzeichnis .....	409
Abbildungsverzeichnis .....	411
Hersteller von Künstlerfarben und Reinpigmenten .....	425
Häufig verwendete Abkürzungen .....	427
Curriculum Vitae .....	429
Teilveröffentlichung und Vorträge .....	430
Danksagung .....	432

## 1. Einleitung

Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts bestand die Palette der Künstlerfarben vor allem aus natürlichen mineralischen Pigmenten, synthetischen anorganischen Pigmenten, Pigmenten auf Kohlenstoffbasis sowie natürlichen organischen Farbmitteln. Dies änderte sich mit der rasanten Entwicklung der chemischen Industrie im Zuge der Industrialisierung im ausgehenden 19. Jahrhundert. Eine intensive Suche nach neuen Farbstoffen und Pigmenten setzte ein, es entstanden, basierend auf den frühen Teer- und Anilinfarbstoffen, eine Fülle neuer Produkte intensiver Farbtöne mit verbesserten Eigenschaften, zum Beispiel erhöhter Licht- und Lösemittelstabilität. Synthetische organische Pigmente sind in ihrer chemischen Zusammensetzung und Farbskala von enormer Vielfalt und nach wie vor Gegenstand der Entwicklung. Heute sind einige Hundert derartiger Pigmente verschiedener Pigmentklassen auf dem Markt, zum Beispiel die Azopigmente, Phthalocyanine, Chinacridone oder auch die erst in den 1980er Jahren eingeführten Diketopyrrolopyrrole. Auch im Bereich der Künstlerfarben spielten die synthetischen organischen Pigmente eine immer wichtigere Rolle, da sie zunehmend die historischen Farbmaterialien ersetzten. Etwa 100 von ihnen sind heute Bestandteile in handelsüblichen Künstlerfarben. Zudem werden von modernen Künstlern auch normale Haushaltsfarben, Graffiti-Farben, Autolacke und andere pigmentierte Materialien verwendet, so dass die mögliche Künstlerpalette bedeutend erweitert ist. Zurzeit bestehen die Farbmittel der Künstlerfarben in etwa zu gleichen Teilen aus anorganischen und organischen Pigmenten.

Die technische Literatur zu den modernen Pigmenten und ihren Klassen ist umfangreich, wird aber nicht in allen Einzelheiten durch die industriellen Hersteller zugänglich gemacht. Standardwerke erschienen zum Beispiel von Zollinger [1], Herbst und Hunger [2] sowie Lewis, Patton [3]. Das internationale Referenzwerk ist seit 1925 der *SDC Colour Index International*, herausgegeben von der Society of Dyers and Colourists and the American Association of Textile Chemists and Colorists (derzeit in der 4. Auflage) [4]. Er enthält neben einer speziellen Notation und der Nomenklatur die Beschreibung des chemischen Aufbaus, sowie Angaben zu Herstellern und Hauptanwendung sämtlicher organischer und anorganischer Pigmente.



In die kunsttechnologische und konservierungswissenschaftliche Literatur fanden die Pigmente der Künstlermaterialien des 20./21. Jahrhunderts erst in den letzten Jahren vermehrt Eingang in Form von Übersichtsarbeiten. Veröffentlicht wurden grundlegende Aufsätze zur Geschichte, den Eigenschaften und der Verwendung der Azopigmente von Berrie und Lomax [5] sowie der Hansagelb-Pigmente von Lake und Lomax [6]. Auch Fritsch schrieb über diese Pigmentklasse in ihrer Diplomarbeit an der Hochschule der Künste in Bern [7]. Des Weiteren wurde von Lomax ein Review über die Phthalocyanine und Chinacridone publiziert [8]. Strauß gab eine Übersicht über synthetische organische Künstlerpigmente und Möglichkeiten ihrer Identifizierung [9], und de Keijzer publizierte 2002 einen Überblick zu den wichtigsten chemischen Entwicklungen moderner Pigmente mit Schwerpunkt auf der Kompilation chemischer und Patentliteratur sowie einer Handelsliste von Farbenherstellern [10]. 2006 erschien zudem ein Review von Lomax über die Strukturen, die physikalischen Eigenschaften und die typischen Anwendungsgebiete der synthetischen organischen Pigmente aus den wichtigsten Klassen, in dem auch aktuelle Analysemethoden diskutiert wurden [11].

Seit mehr als 50 Jahren werden in Museumslaboren anorganische Pigmente von Kunstwerken untersucht und die Ergebnisse nach maltechnischen und kunsthistorischen Gesichtspunkten dokumentiert. Organische Pigmente sind hingegen bis heute in den Konservierungswissenschaften nur vereinzelt bearbeitet und publiziert worden. Dies ändert sich allerdings momentan aus folgenden Gründen zunehmend:

Zwar stehen Einzeldaten der Entdeckung und Patentierung synthetischer organischer Pigmente zur Verfügung, aber der Umfang und die Häufigkeit der Verwendung bestimmter Pigmente sind aufgrund der von den Herstellern nur begrenzt publizierten technischen Quellen zur modernen Pigmentgeschichte nicht *a priori* bekannt. Durch ihre Identifizierung werden die Kenntnisse zu Verwendungsweise und Nutzungszeitraum bestimmter Pigmente vertieft, und die Datierungsmöglichkeiten, besonders bei modernen Kunstobjekten, werden deutlich verbessert. Erst die gesicherte Kenntnis, wann und in welchem Umfang ein Pigment nach seiner technischen Entwicklung, Patentierung oder Markteinführung auf der Künstlerpalette auftaucht, erlaubt eine gesicherte Aussage gerade in Fälschungsfragen.

Auch unter restauratorischem Gesichtspunkt ist die Untersuchung von Malmaterialien unverzichtbar. Aus konservatorischer Praxis ist bekannt, dass gerade in Werken des 20. Jahrhunderts neue Pigmente, Bindemittelsysteme und Bildträger beliebig kombiniert werden. Nicht immer wird dabei auf deren Verträglichkeit geachtet. Daraus ergeben sich zum Teil schon nach wenigen Jahren Schäden, die Materialanalysen für das Verständnis der Alterungsvorgänge und für die Erarbeitung geeigneter Restaurierungs- und Konservierungsmaßnahmen erforderlich machen [12].

Die Fülle von Entwicklungen synthetischer organischer Pigmente bedarf neuer analytischer Herangehensweisen für ihre Identifizierung. Die Hauptprobleme, die sich dem im Kunstbereich arbeitenden Analytiker stellen, sind die Vielfalt und die chemische Komplexität der möglichen Verbindungen, ihre zum Teil sehr unterschiedlichen Eigenschaften, wie das Lösungsverhalten, sowie die geringe verfügbare Probenmenge (typischerweise im Bereich weniger Mikrogramm). Der zum Teil nur sehr geringe organische Pigmentanteil einer Farbprobe sowie Matrixinterferenzen durch das Bindemittel, anorganische Pigmente und Füllstoffe erschweren die Nachweise. Zwar stellt die Literatur umfangreiche Daten und Verfahren zur Untersuchung von Farbstoffen bereit, jedoch liegt zu den organischen Pigmenten vergleichsweise wenig vor. Diese unterschiedliche Gewichtung der beiden Produktklassen in der Literatur ist dadurch zu erklären, dass synthetische organische Pigmente und Farbstoffe vor allem im technischen Bereich analysiert werden. Da die ersten Pigmente aus Textilfarbstoffen und ihren Vorprodukten entwickelt wurden, entstanden auch die Nachweismethoden für die Pigmentklassen immer erst nach denen der Farbstoffe selber.

In diesem Zusammenhang fertigte S. Frowein (Studiengang Restaurierung der TU München) am Doerner Institut 2004 eine Diplomarbeit mit dem Thema „Synthetisch organische Pigmente in zeitgenössischen Künstlerfarben – Angebot, neue Entwicklungen und Nachweismöglichkeiten“ an. Sie untersuchte das aktuelle Angebot von sieben wichtigen Künstlerfarbenherstellern und legte die Ergebnisse, nach chemischen Klassen geordnet, in einer Datenbank ab. Zudem verglich sie an etwa 20 der häufigsten Reinpigmente verschiedene Nachweismethoden wie mikrochemische Spotttests, Dünnschichtchromatographie und FTIR-Spektroskopie

und ließ in Zusammenarbeit mit dem Rathgen-Forschungslabor der Staatlichen Museen zu Berlin an den ausgewählten Reinpigmenten HPLC-DAD Untersuchungen durchführen.

In Weiterführung dieser Vorarbeiten von Frowein war es das Ziel der vorliegenden, im Rahmen eines Forschungsvorhaben der Deutschen Forschungsgemeinschaft am Doerner Institut durchgeführten Arbeit, einen möglichst allgemeingültigen Analysengang für synthetische organische Pigmente in Künstlerfarben des 20. Jahrhunderts zu entwickeln, der aus unbekanntem Gemäldeproben eine zuverlässige Identifizierung von Einzelpigmenten und außerdem ein möglichst zerstörungsarmes Arbeiten erlaubt. Dafür mussten unterschiedliche Analysemethoden systematisch auf ihre Leistungsfähigkeit – insbesondere in Hinblick auf die Eignung für Gemäldeproben und auf die benötigte Probenmenge – überprüft und verglichen sowie entsprechende Referenzsubstanzen eingemessen werden. Die Auswahl der Methoden und die Zahl der Probenvorbereitungsschritte sollte eine generelle Anwendung für instrumentell durchschnittlich gut ausgestattete Laboratorien im Kunstbereich ermöglichen. Bis zu Beginn dieser Arbeit erfolgte die Identifizierung der synthetischen organischen Pigmente am Doerner Institut routinemäßig nur mittels DC. Von der Autorin ergänzt wurde diese flüssigkeitschromatographische Methode aufgrund der höheren Empfindlichkeit durch die HPLC. Der methodische Schwerpunkt dieser Arbeit lag jedoch auf festkörperanalytischen Verfahren, da viele Pigmente, besonders die nach dem Zweiten Weltkrieg entwickelten, nur sehr gering löslich sind. Hier schien eine Konzentration auf die Raman-Mikroskopie und die Py-GC/MS erfolgversprechend. Ferner mussten unter Beachtung der juristischen Relevanz analytischer Gutachten zur Authentizität von Bildwerken die Ergebnisse eindeutig und reproduzierbar sein.

Die genaue Kenntnis moderner Malmaterialien, insbesondere der Chronologie ihrer Entwicklung, der Häufigkeit ihrer Verwendung und ihres Alterungsverhaltens sind von wachsender Bedeutung. Daran gemessen sind die bisher durchgeführten analytischen Forschungsarbeiten deutlich unterrepräsentiert. In der institutseigenen Datenbank für vergleichende Auswertungen von Pigmentuntersuchungen des Doerner Instituts, die bis in die 1950er Jahre zurückgeht, sind von insgesamt mehreren tausend untersuchten Gemälden nur etwa 450 aus dem 20. Jahrhundert

aufgeführt. Nahezu die Hälfte davon sind Fälschungen, die für genaue Vergleiche ungeeignet sind, da in der Regel ihre Entstehungszeit und der „Künstler“ unbekannt sind. Nur 50 authentische Kunstwerke, für die vor Beginn dieser Arbeit Analysen vorlagen, datierten in die Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg. Wie schnell bestimmte industrielle Neuentwicklungen von Pigmenten und auch Bindemitteln in die Künstlerfarben Eingang fanden und welche Künstler mit welchen Malmaterialien arbeiteten, ist trotz der langjährigen Erfahrungen am Doerner Institut wenig bekannt. Diese Situation stellt sich im internationalen Vergleich ähnlich dar.

Aus diesem Grund sollten durch Pigmentanalysen bei etwa 40 zwischen ca. 1910 und 2000 entstandenen Gemälden deutscher Künstler Informationen zu den tatsächlichen Zeiträumen und der Häufigkeit der Verwendung der verschiedenen synthetischen organischen Pigmente gesammelt werden. Diese Untersuchung wurden an ausgewählten Werken von Max Beckmann, Fritz Winter, Ernst-Wilhelm Nay, Georg Baselitz, A.R. Penck, Gerhard Richter, Jörg Immendorff und Markus Lüpertz aus dem Bestand der *Sammlung Moderne Kunst in der Pinakothek der Moderne* durchgeführt.

Neben der verbesserten Analytik soll die Dissertation somit einen Baustein liefern, um eine wichtige Lücke im heutigen Kenntnisstand zu den Künstlermaterialien des 20. Jahrhunderts zumindest ansatzweise zu schließen. Dass mit den neuen Methoden zudem Fälschungen sicherer entlarvt werden können, ist ein willkommener Nebeneffekt.

## Analytische Chemie

- Karin Lutzenberger: **Künstlerfarben im Wandel** · Synthetische organische Pigmente des 20. Jahrhunderts und Möglichkeiten ihrer zerstörungsarmen, analytischen Identifizierung  
2009 · 441 Seiten · ISBN 978-3-8316-0903-1
- Harald Prestel: **Entwicklung, Charakterisierung und Einsatz modular aufgebauter, faseroptischer Schwermetall-Sensoren für die Gewässerüberwachung**  
2002 · 360 Seiten · ISBN 978-3-8316-0109-7
- Rüdiger Düsing: **Multidimensionale Fluoreszenzspektroskopie in der Umweltanalytik**  
2002 · 228 Seiten · ISBN 978-3-8316-0092-2
- Angelika Matthias: **Aluminiumspezifizierung in Bodenlösungen mit Hilfe der [<sup>27</sup>Al]-NMR-Spektroskopie, der Ionenaenchromatographie und einer membrangestützten Größenfraktionierungstechnik**  
2002 · 241 Seiten · ISBN 978-3-8316-0087-8
- Isabelle Trapp: **Kühlschmierstoff-Analytik** · Screening von Aerosolen und Dämpfen sowie Quantifizierung toxikologisch relevanter Additive in Arbeitsplatzluft und Gebrauchslösungen  
2001 · 362 Seiten · ISBN 978-3-8316-0078-6
- Andreas Taglauer: **Fluorimetrischer Nachweis von wassergelösten Schwermetallionen zur Entwicklung eines Sensorsystems**  
2000 · 175 Seiten · ISBN 978-3-89675-724-1
- Daniel A. Schulz-Jander: **Entwicklung von immunologischen Methoden zum Nachweis von Nitroaromaten im aquatischen System**  
1999 · 170 Seiten · ISBN 978-3-89675-670-1
- Martin Klein: **Ein Beitrag zur Erfassung von Emissionen bei der thermischen Belastung von Polyurethanhartschäumen**  
1999 · 232 Seiten · ISBN 978-3-89675-658-9
- Michael Theisen: **Quellidentifizierung und Luftstaubanalytik unter Verwendung von Totalreflexions-Röntgenfluoreszenz-Spektroskopie**  
1999 · 216 Seiten · ISBN 978-3-89675-635-0
- Matthias Wiedenmann: **Entwicklung einer Methode zur Bestimmung der Trockendeposition von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH's) und vergleichende Messungen der Einträge (trockene und nasse Deposition) an zwei unterschiedlich belasteten Standorten**  
1999 · 198 Seiten · ISBN 978-3-89675-582-7
- Birgit Fröschl: **Bildung und Nachweis von nitrerten polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in realer und simulierter Atmosphäre**  
1999 · 241 Seiten · ISBN 978-3-89675-549-0
- Barbara Krafka: **Neutronenaktivierungsanalyse an Boden- und Pflanzenproben** · Untersuchungen zum Gehalt an Lanthanoiden sowie Vergleich der Multielementanalytik mit aufschlußabhängigen Analysenmethoden  
1999 · 156 Seiten · ISBN 978-3-89675-530-8
- Lenka Kimmel: **Charakterisierung von technischem Toxaphen und rückstandsanalytische Erfassung von relevanten Toxaphenkomponenten in Fischprodukten**  
1999 · 168 Seiten · ISBN 978-3-89675-493-6

- Andreas Daxenberger: **Analytische Untersuchungen zum Nachweis der Behandlung von Kühen mit rekombinantem bovinem Somatotropin(bST) anhand von Milchproben**  
1998 · 85 Seiten · ISBN 978-3-89675-437-0
- Frank Otto: **Diphenochinone: analytisch-chemische Methodenentwicklung zum Nachweis einer neuen, dioxinisomeren Stoffklasse in variablen Probenmatrices**  
1998 · 180 Seiten · ISBN 978-3-89675-371-7
- Susanne Faulhaber: **Isotopenmassenspektrometrie und enantioselektive Analyse zur Authentizitätskontrolle ätherischer Öle** · ([i]Citrus reticulata[/i]/[i] Blanco, [i]Carum carvi[/i] L.)  
1998 · 160 Seiten · ISBN 978-3-89675-369-4
- Barbara Weinert: **Zur Authentizitätsbewertung von Tee** · Isotopenmassenspektrometrische und enantioselektive Verfahren  
1998 · 146 Seiten · ISBN 978-3-89675-335-9
- Dietmar Bartschat: **Chirale Lactone und Aldehyde – Struktur, Geruch, Analytik –**  
1997 · 194 Seiten · ISBN 978-3-89675-264-2
- Astrid Kaunzinger: **Enantioselektivität und Isotopendiskriminierung als endogene Parameter für Verbindungen biogenen Ursprungs**  
1997 · 216 Seiten · ISBN 978-3-89675-253-6

Erhältlich im Buchhandel oder direkt beim Verlag:  
Herbert Utz Verlag GmbH, München  
089-277791-00 · info@utzverlag.de

Gesamtverzeichnis unter: [www.utzverlag.de](http://www.utzverlag.de)