OTTO NEUNHOEFFER

Analytische Trennung und Identifizierung organischer Substanzen

Analytische Trennung und Identifizierung organischer Substanzen

Für den Gebrauch
in Unterrichts- und Forschungslaboratorien

von

Prof. Dr. phil. nat. Otto Neunhoeffer
Universität des Saarlandes, Saarbrücken

unter Mitarbeit von

Dr. Heinz Woggon und Dr. Günter Lehmann

2., überarbeitete und erweiterte Auflage mit 4 Abbildungen

WALTER DE GRUYTER & CO.
VORMALS G. J. GÖSCHEN'SCHE VERLAGSHANDLUNG · J. GUTTENTAG
VERLAGSBUCHHANDLUNG · GEORG REIMER · KARL J. TRÜBNER
VEIT & COMP.
BERLIN 1965

©

Copyright 1960, 1965, by Walter de Gruyter & Co., vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung - J. Guttentag, Verlagsbuchhandlung - Georg Reimer - Karl J. Trübner - Veit & Comp., Berlin 30. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe, der Herstellung von Mikrofilmen und der Übersetzung, vorbehalten. Archiv-Nr. 5715 651. Printed in Germany. Satz und Druck: Buchdruckerei Richard Hahn (H. Otto), Leipzig

Vorwort zur 2. Auflage

Die freundliche Aufnahme, die die erste Auflage dieses Buches gefunden hat, ermutigt uns, auch in der zweiten Auflage den begonnenen Weg fortzusetzen, nämlich den Inhalt in knapper Form und unter Beschränkung auf das, was uns als wesentlich erscheint, zu vermitteln. Die Buchbesprechungen der ersten Auflage enthalten neben viel Anerkennung auch zahlreiche Vorschläge zur Erweiterung des Inhalts. Wir konnten nur einen kleinen Teil dieser Vorschläge berücksichtigen, da sonst einerseits der Umfang zu stark zugenommen hätte und andererseits für manche der vorgeschlagenen neuen Stoffgebiete, wie z. B. Analytik der Heilmittel und Arzneipflanzen, die Benutzung spezieller Monographien nicht zu umgehen ist.

Die qualitative organische Analyse hat sich in den letzten Jahren rasch entwickelt, wobei sich veränderte methodische Gesichtspunkte ergeben haben, die insbesondere für die Aufklärung der Zusammensetzung von Reaktionsgemischen, wie sie sich in der Forschung ergeben, von Bedeutung sind. Wir hielten es daher für notwendig, daß neben der *Papierchromatographie* auch die *Dünnschichtchromatographie* besprochen wird, denn sie hat sich nicht nur für diejenigen analytischen Spezialprobleme bewährt, die in den ausführlichen Monographien behandelt sind, sondern sie ist auch für eine erste Orientierung über die Zusammensetzung unbekannter Gemische und für einfache Einheitlichkeitsprüfungen von unschätzbarem Wert.

Auf Grund des weiteren Vordringens der *spektrographischen Methoden* schien es uns zweckmäßig, ein kurzes Kapitel über diese aufzunehmen, das dem Leser einen Begriff darüber vermitteln soll, an welcher Stelle jeweils eine dieser Methoden im Zusammenhang mit den klassischen Methoden der qualitativen organischen Analyse eingesetzt werden kann.

Gruppenreagenzien für organische Verbindungen, die einen Nachweis auf Grund einer charakteristischen Färbung ermöglichen, haben insbesondere auch für die Papier- und Dünnschichtchromatographie an Bedeutung gewonnen. Diese Tatsache wurde ebenfalls an verschiedenen Stellen berücksichtigt.

Unsere Umfragen haben ergeben, daß unser Buch in einem von uns nicht erwarteten Umfang Aufnahme in den Forschungslaboratorien, auch denen der Industrie, gefunden hat. Wir haben dieser Tatsache nicht nur durch eine Änderung des Untertitels, sondern insbesondere durch zahlreiche Ergänzungen Rechnung getragen.

Allen Kollegen, die uns durch Zuschriften über Irrtümer in der ersten Auflage unterstützt haben, möchten wir herzlich danken.

Homburg/Saar, Frühjahr 1965 *O. Neunhoeffer*

Vorwort zur 1. Auflage

Wer die Gelegenheit hatte, die Entwicklung in den Unterrichtslaboratorien der deutschen Hochschulen in organischer Chemie während der letzten Jahrzehnte zu verfolgen, konnte die Feststellung machen, daß sich die Studierenden vor und auch einige Zeit nach dem ersten Weltkrieg vorwiegend mit der experimentellen Arbeit im Laboratorium beschäftigten und deshalb sogar nur schwer zu einem regelmäßigen Besuch der Vorlesungen zu veranlassen waren. Es folgte dann eine Periode, in der versucht wurde, eigentliches experimentelles Können durch einen vermehrten apparativen Aufwand zu ersetzen. Nach dem zweiten Weltkrieg zeigte sich eine vermehrte Tendenz, an die Stelle experimenteller Arbeit theoretische Überlegungen zu setzen. Im Zusammenhang damit beobachtet man heute häufig einen bedauerlichen Rückgang der wirklichen experimentellen Fähigkeiten und eine Überbewertung des Lehrbuchwissens. Dieser Entwicklung wurde in Deutschland durch die Zerstörung zahlreicher Unterrichtslaboratorien wesentlicher Vorschub geleistet. Sie scheint aber allgemeiner Natur zu sein, denn sowohl im angelsächsischen wie im sowjetischen Raum sind ähnliche Erscheinungen zu beobachten. Es ist einleuchtend, daß ein Fortschreiten dieser Entwicklung die Fruchtbarkeit des chemischen Arbeitens auf die Dauer vermindern müßte.

Die Grundlage des naturwissenschaftlichen Arbeitens besteht darin, Schlüsse auf Grund exakt beobachteter Versuche zu ziehen. Wo die Verfasser dieses Buches einen Rückgang in der experimentellen Befähigung unserer Studenten beobachtet haben, beruhte er, abgesehen von einer gewissen Abneigung gegen das experimentelle Arbeiten, auf einer ungenügenden Beobachtung und Auswertung der Versuche, insbesondere im Hinblick auf die Versuchsführung selbst. Der Vater des chemischen Unterrichts, JUSTUS V. LIEBIG, hat die chemische Analyse zweifellos aus dem Grunde in das Unterrichtslaboratorium eingeführt, weil sie praktisch die einzige Methode ist, bei der der Unterrichtende mit Sicherheit kontrollieren kann, ob die Versuche richtig

beobachtet werden und zu den richtigen Schlußfolgerungen führen. Es war ein großes Verdienst STAUDINGERS, daß er die Einführung der qualitativen organischen Analyse in den chemischen Unterricht durch eine entsprechende Anleitung propagierte.

Einer der wesentlichen Mitarbeiter STAUDINGERS bei der Abfassung der „Anleitung zur organischen qualitativen Analyse", WALTER FROST, hatte den Ehrgeiz, einen vollständigen Trennungsgang zu schaffen, ähnlich dem in der anorganischen Analyse üblichen. Dieses Vorhaben wurde in einer durchaus beachtenswerten Weise verwirklicht, es hat aber den eigentlichen Unterrichtszweck der organischen Analyse kaum gefördert. Die Vielfalt der organischen Substanzen erfordert eine Beweglichkeit in der Anstellung der Versuche und auch in der Beobachtung, der ein Trennungsgang, der naturgemäß ziemlich schematisch durchgearbeitet werden muß, nicht sehr förderlich ist.

Verschiedene weitere Bearbeiter dieses Gebietes legen den Hauptwert auf exakte Identifizierungsmethoden, die aber auch wenig zu Beobachtungen und zur Auswertung der Beobachtungen anregen. Sie führen aber dazu, daß eine anderweitig gemachte Beobachtung und Schlußfolgerung durch ein exaktes Experiment erhärtet wird. Es erscheint uns möglich, die wesentlichen didaktischen Gesichtspunkte dieser beiden grundlegend verschiedenen Methoden bei einer Behandlung der organischen Analyse zu vereinigen. In diesem Sinne ist das vorliegende Buch hauptsächlich für Unterrichtslaboratorien bestimmt, wenn es auch dem älteren Chemiker vermutlich mancherlei Anregung zu bieten vermag. Es ist absichtlich kurz gefaßt, um einmal den Preis möglichst niedrig halten zu können, aber auch damit keinesfalls der Verdacht entstehen kann, als sollte der Studienstoff vermehrt werden. Manches ist daher ungesagt geblieben oder nur in Form von Literaturhinweisen erwähnt. Wesentlich muß aber auch bei der ausführlichsten Darstellung die persönliche Einflußnahme des Assistenten oder Dozenten bleiben. In diesem Sinne habe ich zahlreichen Mitarbeitern meines Berliner Institutes zu danken.

Berlin, Januar 1960 *O. Neunhoeffer*

Inhaltsübersicht

Seite

Vorwort zur 2. Auflage 5

Vorwort zur 1. Auflage 7

Einleitung 15

1. Teil. Allgemeine Zusammenhänge 17

I. Allgemeine Methoden zur Darstellung einheitlicher Substanzen 17
- a) Destillation 17
- b) Sublimation 21
- c) Kristallisation 21
- d) Schmelzpunkt 23

II. Prüfung auf einzelne Elemente 25

III. Die funktionellen Gruppen 26

IV. Allgemeine Regelmäßigkeiten 28
- a) Reaktionsfähigkeit 28
- b) Siedepunkt und Verdampfungswärme 29
- c) Schmelzpunkt 31
- d) Löslichkeit 32
- e) Volumen, Dichte 34
- f) Optische Eigenschaften 34
  - 1. Refraktion 35
  - 2. Dispersion 35
  - 3. Absorption 36
  - 4. Fluoreszenz 36
  - 5. Drehung der Ebene des polarisierten Lichts 37
- g) Geruch 38

V. Prinzipien der Trennung 38
- a) Äther-Wasser 38
- b) Saure Bestandteile 39
- c) Basische Bestandteile 40
- d) Carbonylverbindungen 40
- e) Einführung saurer und basischer Gruppen 41

VI. Prinzipien der Erkennung 42
- a) Schwefelsäure 42
- b) Natrium 42
- c) Alkalische Hydrolyse 42
- d) Hydroxylaminolyse 43

Seite

e) Permanganat ... 43
f) Brom ... 43
g) Tetranitromethan ... 44
h) Tetracyanoäthylen ... 44
i) Aluminiumchlorid ... 44
j) Eisen(III)-chlorid ... 45
k) Alkalische Kupfer(II)-salzlösung ... 45
l) Ammoniakalische Silberlösung ... 46
m) Diazobenzolsulfonsäure ... 47
n) Maleinsäureanhydrid ... 47
o) Fluoresceinprobe ... 47
p) Reduktionsprobe ... 48
q) Salpetrige Säure ... 48

VII. Chromatographie ... 49

a) Papierchromatographie ... 50
1. Zucker ... 53
2. Aminosäuren ... 54
3. Phenole ... 55

b) Dünnschichtchromatographie ... 55

VIII. Spektrographische Methoden ... 57

a) Ultraviolettes und sichtbares Gebiet ... 57
b) Ultrarotes Gebiet ... 58

IX. Literatur zur organischen Analyse ... 66

2. Teil ... 70

X. Kurzer Trennungsgang ... 70

a) Allgemeines Trennungsschema ... 70
b) Substanzen, die sich gegenseitig ausschließen ... 71
c) Erhitzungsprobe ... 72
d) Störungen der Destillation ... 72
e) Störungen der selektiven Lösung ... 72
f) Identifizierung ... 72
g) I. Hauptgruppe: Destillation unter Normaldruck ... 73
1. Prüfung auf einzelne Elemente ... 73
2. Kristallisierbare Substanzen ... 74
3. Löslichkeit in Wasser ... 74
4. Säuren ... 75
5. Nitrile ... 75
6. Amine ... 75
7. Alkohole, Aldehyde, Ketone ... 75
8. Ester, Acetale, Äther, Kohlenwasserstoffe ... 76
9. Ester der Sauerstoffsäuren des Stickstoffs ... 76
10. Halogenverbindungen ... 77
11. Kohlenwasserstoffe ... 77
12. Identifizierung ... 77
13. Bilanz ... 77

h) II. Hauptgruppe: Vakuumdestillation ... 78
1. Substanzgemisch der Vakuumdestillation ... 78

Seite

2. Der stark saure Anteil ... 78
3. Der schwach saure Anteil ... 78
4. Die basischen Anteile ... 79
5. Ätherlösliche Neutralbestandteile ... 80

α) Carbonylverbindungen ... 80
β) Alkohole ... 80
γ) Ester ... 81
δ) Acetale ... 81
ε) Halogenkohlenwasserstoffe ... 82
ζ) Kohlenwasserstoffe ... 82

i) III. Hauptgruppe: Substanzen des Destillationsrückstandes ... 82

1. In Wasser leicht-, in Äther schwer- oder unlösliche Substanzen ... 83

α) Mehrwertige Alkohole ... 83
β) Zucker ... 83
γ) Hydroxycarbonsäuren ... 83
δ) Aminosäuren ... 83
ε) Sulfonsäuren ... 84
ζ) Mehrwertige Amine ... 84

2. Der ätherlösliche Anteil ... 85
3. Der stark saure Anteil ... 85
4. Der schwach saure Anteil ... 86
5. In Säure lösliche Substanzen ... 87
6. Neutralbestandteile ... 88

α) Carbonylverbindungen ... 88
β) Chinone ... 89
γ) Hydroxyverbindungen ... 89
δ) Ester ... 90
ε) Lactone ... 90
ζ) Schwer hydrolysierbare Säureanhydride ... 91
η) Äther ... 91
ϑ) Ungesättigte Kohlenwasserstoffe ... 91
ι) Gesättigte Kohlenwasserstoffe ... 92
ϰ) Halogenkohlenwasserstoffe ... 92
λ) Stickstoffhaltige, neutral reagierende Substanzen ... 92

7. In Wasser und Äther schwerlösliche Verbindungen ... 93

3. Teil. Identifizierungsreaktionen ... 94

Allgemeine Bedingungen der Identifizierung ... 94

XI. Identifizierung von Kohlenwasserstoffen ... 94

a) Paraffine ... 94
b) Hydroaromaten ... 95
c) Olefine ... 95
d) Konjugene ... 96
e) Aromatische Kohlenwasserstoffe ... 96

1. Nitrierung ... 96
2. Sulfonsäurechloride und Sulfonamide ... 97
3. Aroylbenzoesäuren ... 98

Seite

f) Allgemeine Methoden der Oxydation 98
1. Permanganatoxydation 99
g) Additionsverbindungen 99
1. Pikrinsäure, Styphninsäure 99
2. 1,3,5-Trinitrobenzol 100
3. 2,4,7-Trinitrofluorenon 100

XII. Halogenkohlenwasserstoffe 100
a) Alkylhalogenide 100
1. N-Alkyl-isothioharnstoffpikrate 101
2. Alkoxybenzoesäuren 101
3. Pikrinsäureadditionsprodukte der β-Naphthyläther 102
4. Acylamine aus Halogenkohlenwasserstoffen 102
b) Polyhalogenverbindungen, aromatische Halogenverbindungen 103

XIII. Identifizierung von Hydroxyverbindungen und Äthern 103
a) Alkohole und Phenole 103
b) Veresterung 103
1. Darstellung der Acetate 104
2. Darstellung der Benzoate und p-Nitrobenzoate 104
3. Benzoylierung nach SCHOTTEN und BAUMANN 104
4. Ester der 3,5-Dinitrobenzoesäure 105
5. Phenyl- und α-Naphthyl-urethane 105
6. Saure Ester der 3-Nitrophthalsäure 106
c) Verätherung 106
1. p-Nitrobenzyläther 106
2. Aryläther der Glykolsäure 107
d) Äther 107
1. Spaltung mit 3,5-Dinitro-benzoylchlorid 108
e) Aromatische Äther 108

XIV. Sulfhydrylverbindungen 108
a) Merkaptane und Thiophenole 108
b) Thioäther 109

XV. Carbonylverbindungen, Aldehyde, Ketone, Hydroxycarbonylverbindungen, Zukker, Acetale, Chinone 109
a) Carbonylverbindungen 109
1. Darstellung der Oxime 110
2. Darstellung der Oxime in Gegenwart von Pyridin 111
3. Darstellung der Semicarbazone 111
4. Darstellung der p-Nitrophenylhydrazone 112
5. 2,4-Dinitrophenylhydrazone 112
6. Regenerierung der Carbonylverbindungen aus den 2,4-Dinitrophenylhydrazonen mit Lävulinsäure 113
b) Spezifische Reagenzien für Aldehyde 113
1. Darstellung der Dimedonderivate 114
2. Hydroxanthinderivate 114
3. Darstellung der Tetrahydro-imidazolderivate 115

Seite

c) Acetale ... 115
d) 1,2-Dicarbonylverbindungen ... 115
1. Darstellung der Bis-phenylhydrazone ... 116
2. Darstellung der Chinoxaline ... 116
e) 1,3-Diketone ... 116
f) 1,4-Diketone ... 116
g) Zucker ... 117
1. Darstellung der Osazone ... 118
2. Darstellung der Acetylderivate der Zucker ... 118
h) Chinone ... 118

XVI. Carboxylverbindungen ... 119
a) Carbonsäuren ... 119
1. p-Bromphenacylester ... 119
2. p-Nitrobenzylester ... 120
3. Amide, Anilide und substituierte Anilide ... 120
4. Phenylhydrazide ... 121
5. Salze der Carbonsäuren mit S-Benzylisothioharnstoff ... 122
b) Carbonsäure-halogenide ... 122
c) Säureanhydride ... 123
d) Säureamide und substituierte Säureamide ... 123
1. Darstellung der Xanthylderivate ... 124
e) Harnstoff und Harnstoffderivate ... 124
f) Säurenitrile ... 125
1. Thioglykolsäurederivate ... 125
g) Ester ... 126
1. Aminolyse ... 126
2. Umesterung ... 127
h) Hydroxysäuren ... 128

XVII. Verbindungen mit reaktionsfähigem Wasserstoff ... 128
a) Darstellung der Benzalverbindungen ... 128
b) Kupferkomplexsalze ... 128
c) Darstellung der Isoxazole ... 129
d) Pyrazolderivate ... 129

XVIII. Sulfonsäuren ... 130
a) Salzbildung ... 131
1. S-Benzylisothiuramate ... 131
2. Phenylhydrazonium-sulfonate ... 131
3. Toluidinium-sulfonate ... 131
4. Sulfonamide, substituierte Sulfonamide ... 132
b) Sulfonsäurechloride ... 132
c) Sulfonamide ... 132

XIX. Amine ... 133
a) Salzbildung ... 133
1. Pikrate ... 133
2. Hydrochloride ... 134

Seite

b) Acylierung ... 134
1. Formylderivate ... 134
2. Acetylderivate ... 134
3. Benzoylderivate ... 135
4. 4-Nitro-benzoylderivate ... 135
c) Dinitrophenylierung ... 135
d) Quaternierung tertiärer Amine ... 136
1. Quartäre Jodide ... 136
2. Quartäre Toluolsulfonate ... 136
e) 1,2-Diamine ... 136
1. Acylierung von 1,2-Diaminen ... 136
2. Chinoxaline ... 137

XX. Aminosäuren ... 137
a) β-Naphthalinsulfonsaure Salze ... 137
b) Acylierung ... 138
1. Benzoylaminosäuren ... 138
2. 3,5-Dinitrobenzoylaminosäuren ... 138
3. p-Toluolsulfonsäurederivate ... 138
c) 2,4-Dinitrophenylderivate ... 138

XXI. Hydrazinderivate ... 138
a) Monosubstituierte Hydrazine ... 139
b) Hydrazoverbindungen ... 139

XXII. Azoverbindungen ... 140

XXIII. N-Hydroxylaminverbindungen ... 140

4. Teil. Tabellen ... 141

Tabelle 1. Siedepunkte ... 141
Tabelle 2. Siedepunkte, Dichte und Brechungsindizes von Halogenkohlenwasserstoffen 143
Tabelle 3. Binäre azeotrope Gemische ... 144
Tabelle 4. Ternäre azeotrope Gemische ... 145
Tabelle 5. Schmelzpunkte von Aroylbenzoesäuren ... 145
Tabelle 6. Schmelzpunkte einiger S-Alkyl-iso-thiuroniumpikrate ... 145
Tabelle 7. Schmelzpunkte von Alkoxybenzoesäuren ... 145
Tabelle 8. Schmelzpunkte von α-Naphthylurethanen ... 146
Tabelle 9. Schmelzpunkte einiger Diphenyl-tetrahydro-imidazolderivate ... 146
Tabelle 10. Schmelzpunkte einiger Benzalverbindungen, entstanden durch Umsetzung mit Benzaldehyd ... 146
Tabelle 11. Schmelzpunkte einiger 9-Amidoacylxanthene, dargestellt durch Umsetzung mit Xanthydrol ... 147
Tabelle 12. Zersetzungspunkte von Hydrochloriden der Iminoacylmercaptoessigsäuren, entstanden durch Umsetzung von Thioglykolsäure ... 147

Sachregister ... 148

Einleitung

Die Analyse als eine Unterrichtsmethode in der Chemie ist von JUSTUS V. LIEBIG eingeführt worden. Sie ist bis heute das sicherste System, um kontrollieren zu können, ob auf Grund zweckmäßig angestellter Versuche und exakter Beobachtungen die richtigen Schlüsse gezogen werden. Während in der anorganischen Analyse die zweckmäßige Versuchsführung durch den festliegenden Trennungsgang gewährleistet ist, muß bei der organischen Analyse der Experimentierende in vielen Fällen über die Zweckmäßigkeit der anzustellenden Versuche selbst entscheiden. Dies ist jedoch nur auf Grund eines gewissen Kenntnisstandes möglich. Das hierzu Notwendige soll durch dieses kurzgefaßte Buch vermittelt werden. Es ist deshalb falsch, etwa nur das Kapitel „Kurzer Trennungsgang" aufzuschlagen und nach diesem die Analyse zu beginnen. Aber auch bei Forschungsarbeiten hat es sich immer wieder als wichtig erwiesen, die grundlegenden Zusammenhänge und Operationen der qualitativen organischen Analyse in kurz gefaßter Form zur Hand zu haben.

Der Inhalt dieses Buches gliedert sich in vier Hauptabschnitte. Im ersten sind die allgemeinen Zusammenhänge und Methoden beschrieben, im zweiten die wesentlichen Gesichtspunkte eines Trennungsganges, im dritten die Identifizierungsreaktionen, der vierte enthält Tabellen. Die letzteren sind weniger als Stoff zum Nachschlagen gedacht, sondern auch sie sollen einen Überblick über die Zusammenhänge vermitteln. Wiederholungen sind im gesamten Gang des Buches in der Regel vermieden. Daher setzt die Anwendung des zweiten Abschnittes die Kenntnis des ersten und einen Überblick über den dritten voraus. Grundsätzlich soll sich jedoch keine Vermehrung des Lernstoffes ergeben, sondern er soll nur in einer anwendungstechnisch zweckmäßigen Weise vermittelt werden. Voraussetzung ist allerdings, daß eine beträchtliche Anzahl von Tatsachen in das Bereitschaftswissen aufgenommen werden.

Man kann sich in dieser Beziehung nicht mit einem kategorischen „Unmöglich" ausreden. Das Chemiestudium ist nicht für Gedächtnisschwache. Zudem ist Gedächtnisschwäche in den meisten Fällen nicht angeboren, sondern beruht auf mangelnder

Intensität bei der Beschäftigung mit der jeweils vorliegenden Materie. Der große Umfang des Stoffes der modernen Chemie macht es allerdings notwendig, daß man sich etwa 2 Jahre seines Lebens mit völliger Ausschließlichkeit mit Chemie beschäftigt. In den meisten Fällen liegt das organische Praktikum innerhalb dieser 2 Jahre. Für diese Zeit müssen das Motorrad, die Freundin, die Briefmarkensammlung und der Diskutierklub, gleichviel welcher Richtung, zurückgestellt werden.

Es ist verständlich, daß im Rahmen eines solchen Buches mehr Einzelprobleme angeschnitten werden, als bei den einfacheren Analysen des Unterrichts im allgemeinen vorkommen. Dennoch sollte jeder Student mindestens eine Analyse durchführen, die ein wirkliches Problem einschließt; es ist hierbei durchaus nicht abzulehnen, daß er vom Assistenten auf dieses spezielle Problem hingewiesen wird. Die Lösung eines erheblichen Teiles dieser Probleme wird in das Bewußtsein der Laboratoriumsgemeinschaft eingehen, auch wenn jeder einzelne nur eines oder zwei bearbeitet hat. Nur durch derartige Maßnahmen läßt sich der notwendige Unterrichtserfolg mit der Forderung, daß die Studienzeit nicht verlängert werden darf, vereinigen. In sinngemäßer Abwandlung gelten diese Überlegungen auch für Durchführung von Forschungsarbeiten, insbesondere Diplom- und Doktorarbeiten.

Die Auswahl des Stoffes ist im Hinblick darauf getroffen, daß die organische Analyse eine Vorbereitung auf das wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie sein soll. Jeder von den in der Forschung tätigen organischen Chemikern ist schon Zeuge des Gefühls der Hilflosigkeit geworden, das manche jüngere Kollegen befällt, wenn eine Reaktion einen unerwarteten Verlauf genommen hat und das Reaktionsprodukt damit aus einem Gemisch unbekannter und in vielen Fällen auch unerklärlicher Substanzen besteht. Auch für diese Fälle soll dieses Buch ein Ratgeber sein. Es setzt im übrigen den Kenntnisstand nach einer erfolgreichen Durcharbeitung des „Gattermann-Wieland", oder eines gleichwertigen Praktikums der präparativen organischen Chemie voraus.