

# **Chemische Laboratoriumstechnik**

Ein Hilfsbuch für Laboranten und Fachschüler

Von

**Dr. techn. Ing. Walter Wittenberger**

Offenbach/Main (früher Aussig/Elbe und Bofors/Schweden)

Sechste, verbesserte und vermehrte Auflage

Mit 396 Textabbildungen



**Springer-Verlag Wien GmbH**

1963

ISBN 978-3-7091-2052-1      ISBN 978-3-7091-2051-4 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-7091-2051-4

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung  
in fremde Sprachen, vorbehalten

Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages  
ist es auch nicht gestattet, dieses Buch oder Teile daraus  
auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie)  
zu vervielfältigen

Copyright 1942, 1947, and 1950 by Springer-Verlag Wien  
©by Springer-Verlag Wien 1957, and 1963

Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag in Vienna 1963.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw.  
in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der  
Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-  
Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt  
werden dürften.

## Vorwort zur sechsten Auflage

Im Vorwort zur ersten Auflage, welche im Jahre 1942 erschien, wurde als Zweck des Buches angegeben, daß es dem Neuling im Laboratorium bei seiner praktischen Tätigkeit helfend zur Seite stehen soll. Das Buch will also nicht Lehrbuch, sondern Hilfsbuch sein, weshalb auf theoretische Erläuterungen weitgehend verzichtet, großes Gewicht jedoch auf alle jene „Kleinigkeiten“ gelegt wurde, die oft ausschlaggebend für den ordnungsgemäßen Verlauf einer Reaktion und maßgebend für die Richtigkeit einer durchgeführten Analyse sind. Der Anfänger muß sich nach und nach mit der Handhabung und Wirkungsweise der verschiedenen Geräte und mit der Zusammenstellung der notwendigen Apparaturen vertraut machen. Dabei soll ihm das Buch helfen, die Aufgabe richtig anzufassen. Er wird dadurch auch die Scheu verlieren, die ihn vor Beginn einer neuen, ihm unbekanntem und vielleicht kompliziert erscheinenden Arbeit befällt. Die Zahl der Abbildungen ist mit Absicht groß, da ein Bild den beschreibenden Text erst lebendig macht und oft lange, umständliche Erklärungen erübrigt. Auf die Unfallgefahren und ihre Verhütung ist stets besonders hingewiesen, um Schaden an Leben und Gesundheit weitgehend zu verhüten.

Darüber hinaus wurden Form und Inhalt des Buches so ausführlich gehalten, daß es für den voll eingesetzten Laboranten, der imstande sein muß, nach gegebenen Vorschriften selbständig Analysen auszuführen, Reaktionen zu beaufsichtigen und die hierfür erforderlichen Apparaturen zusammenzustellen, den Wert eines brauchbaren Nachschlagebuches behält. Schließlich wird es auch dem Fachschüler ein willkommener Behelf für seine Laboratoriumsübungen sein.

In den Besprechungen zu den bisherigen Auflagen wurde immer wieder betont, daß das Buch diesen Zweck voll erfüllen kann und daß es darüber hinaus imstande ist, auch dem Chemiestudenten in den ersten Semestern gute Dienste zu leisten.

Ich war daher bemüht, Charakter und Zielsetzung des Buches zu erhalten. Ohne Vergrößerung des Umfangs wurden in der

Neuaufgabe mehrere Abschnitte umgearbeitet, ältere Abbildungen durch neue ersetzt und zahlreiche Hinweise, die für die praktische Arbeit von Nutzen sein können, eingefügt, um der Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Laboratoriumstechnik möglichst Rechnung zu tragen.

Bei der Behandlung der wichtigeren physikalisch-chemischen Methoden war es allerdings nicht möglich, im Rahmen dieses Buches Einzelheiten und Handgriffe für ihre Durchführung zu bringen. Diese Abschnitte sollen also nur einer ersten Orientierung dienen.

Viele Herstellerfirmen großtechnischer Betriebsapparaturen bauen mehr und mehr auch Laboratoriumsmodelle ihrer Apparatetypen, wie Mahl- und Trockenvorrichtungen, Filterapparate, Industriezentrifugen, Verdampfer u. v. a. Das Gebiet dieser kleintechnischen Apparate ist in den letzten Jahren so umfangreich geworden, daß in vorliegendem Buch darauf nicht näher eingegangen werden kann und auf das Buch „Chemische Betriebstechnik“\*) verwiesen werden muß.

Daß die „Chemische Laboratoriumstechnik“ auch außerhalb des deutschen Sprachgebietes Anerkennung gefunden hat, beweist die im Jahre 1960 erschienene Übersetzung in italienischer Sprache.

Alle Firmen, die mich bei der Bearbeitung durch Überlassung von Abbildungsunterlagen und fachlichen Auskünften unterstützt haben, sind in der Literaturzusammenstellung genannt. Ihnen danke ich an dieser Stelle nochmals für ihr Entgegenkommen. Mein besonderer Dank gilt auch heute wieder dem Springer-Verlag in Wien für die vorbildliche Zusammenarbeit. Mit der Herausgabe des Buches soll gleichzeitig ein Dank an meine Mutter verbunden sein.

Ich hoffe, daß die vorliegende Neuaufgabe wiederum dazu beitragen wird, die praktische Ausbildung unseres Chemie-Nachwuchses in Industrie und Schule zu ergänzen und daß das Buch auch dem schaffenden Laboranten ein Ratgeber bei seiner verantwortungsvollen Tätigkeit sein kann.

Offenbach (Main), im Sommer 1963

**Walter Wittenberger**

---

\*) 2. Auflage, 315 Seiten, 413 Abb. Wien: Springer-Verlag, 1962.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Unfallgefahren im chemischen Laboratorium und ihre Verhütung.....	1
A. Umgang mit chemischen Stoffen .....	1
B. Sicherheitsmaßnahmen im Laboratorium .....	3
Allgemeine Sicherheitsmaßnahmen 3. — Abzüge 3. — Handfeuerlöschgeräte 3. — Atemschutzgeräte 5.	
C. Erste Hilfe bei Unfällen .....	8
Laboratoriumsbrände 8. — Erste Hilfe bei Verletzungen 8. — Ausstattung des Sanitätskastens 9. — Hauptsächlich vorkommende chemische Stoffe mit gefährlichen Eigenschaften und Schutzmittel 9.	
2. Einrichtung des chemischen Laboratoriums .....	13
A. Allgemeine Einrichtung .....	13
B. Arbeitsgeräte .....	15
Metallgeräte 15. — Holzgeräte 17. — Glasgeräte 17. — Porzellaneräte 20. — Sonstiges 20. — Normung 21.	
C. Werkstoffe .....	21
3. Hilfsmittel beim Aufbau von Apparaturen .....	23
A. Glasblasen.....	23
Hilfsvorrichtungen für das Glasblasen 23. — Die Flammen der Gebläselampe 26. — Das Glasmaterial 27. — Reinigen von Glasröhren 27. — Schneiden von Glasröhren und Glasstäben 27. — Abrunden von Glasstäben und Röhrenenden 29. — Biegen von Glasröhren 30. — Ausziehen von Röhren 31. — Rändern von Röhrenenden 31. — Schließen von Röhrenenden 31. — Öffnen von Röhren 32. — Aufblasen von Glaskugeln 32. — Aneinanderschmelzen von Röhren in der Längsrichtung 33. — Seitliches Ansetzen von Röhren 33. — Einschmelzen eines Platindrahtes 34.	
B. Die Spritzflasche .....	34

	Seite
C. Reinigen der Laboratoriumsgeräte .....	36
Glas und Porzellan 36. — Metalle 37. — Platin 37.	
D. Behandeln von Kork .....	38
Weichmachen des Korkes 38. — Bohren von Kork 38. — Abdichten von Korkstopfen 39.	
E. Behandeln von Gummi .....	40
F. Behandeln von Asbest .....	41
G. Verbindung von Glasröhren und Apparateilen .....	41
H. Glasschliffe .....	42
Abdichten von Glasschliffen 42. — Sicherung von Schliff- verbindungen 44. — Lösen festsitzender Schliffver- bindungen 44.— Normschliffe 45. — Glashähne 47.	
J. Sicherheitsvorrichtungen an Apparaturen .....	48
Verschlüsse an Gummischläuchen 48. — Gummiventil nach BUNSEN 49. — Rückschlagventil aus Glas 49. — Sicherheitsrohre 49. — Stative 50.	
K. Ätzen und Bohren von Glas; Schreiben auf Glas.....	50
Ätzen von Glas 50. — Bohren von Glas 51. — Schreiben auf Glas 51.	
L. Kitten .....	51
Reversible Kitte 51. — Irreversible Kitte 52.	
M. Löten .....	52
N. Verschiedenes .....	53
Aufbewahren von Reagenzien 53. — Schwarzfärben von Tischen und Holzgeräten 54. — Ankleben von Etiketten auf Glasgefäße 54.	
4. Die Aggregatzustände der Stoffe .....	55
Feste Stoffe 55. — Flüssigkeiten 55. — Gase 55.	
5. Zerkleinern .....	56
Grobzerkleinerung 56. — Feinmahlung 56.	
6. Mischen .....	60
Rührvorrichtungen 60. — Schüttelvorrichtungen 64. — Umlaufpumpen 65.	
7. Sieben .....	66
Sieben 66. — Schlämmen 68. — Sedimentieren 69.	
8. Wägen .....	69
A. Wirkungsweise der Waage .....	69
Das Gewicht 69. — Der Hebel 70. — Die gleicharmige Waage 71. — Wägen mit unrichtigen Waagen 71.	

	Seite
B. Die Waagen des Laboratoriums .....	72
Die Dezimalwaage 72. — Die Tafelwaage 72. — Die Hornschalenwaage 72. — Die Präzisions- oder Apothekerwaage 72. — Die analytische Waage 73. — Die Torsionswaage 73.	
C. Die analytische Waage .....	74
Einzelheiten der analytischen Waage 74. — Aufstellung der analytischen Waage 76. — Der Gewichtssatz 77. — Fortschritte und Neuerungen an analytischen Waagen 77. — Die Ruhelage der Waage 81. — Die Empfindlichkeit der analytischen Waage 81. — Ausführung der Wägung 83. — Vorsichtsmaßnahmen beim Wägen 86. — Wägegeräte 86. — Reduktion der Wägung auf den luftleeren Raum 88.	
9. Abmessen von Flüssigkeiten.....	88
A. Volumen .....	88
B. Meßgefäße und ihre Anwendung .....	90
Tropfgefäße 90. — Maßzylinder 91. — Maßkolben 91. — Pipetten 93. — Büretten 96. — Titrieren 99. — Umfüllen von Flüssigkeiten 104. — Schüttgewicht 108.	
10. Lösen .....	108
Löslichkeit 108. — Lösungsmittel 111. — Herstellung von Lösungen 113. — Arten der Lösung 113. — Bestimmung der Löslichkeit 117.	
11. Filtern .....	118
A. Filtermaterial .....	119
Papier 119. — Asbest 121. — Glas 121. — Sand 121. — Steinfiler 121. — Gewebe 122.	
B. Filtration bei gewöhnlichem Druck .....	123
Durchführung der Filtration 123. — Vorrichtungen zum Festhalten des Trichters 125. — Schutz gegen das Zerreißen der Filter 125. — Schutz gegen das Durchlaufen feiner Niederschläge 125. — Beschleunigung des Filtrierens 126. — Selbsttätige Filtration 129.	
C. Filtrieren unter vermindertem Druck (Absaugen).....	130
Erzeugung des luftverdünnten Raumes (Vakuum) 130. — Filtergeräte 134. — Auffanggefäße 138. — Anordnung einer Filtration 139. — Durchführung der Filtration 140. — Absaugen kleiner Substanzmengen 142. — Absaugen großer Substanzmengen 142.	
D. Filtration durch Überdruck .....	142
E. Abschleudern .....	143
F. Ultrafiltration. Dialyse .....	144

	Seite
12. Hilfsoperationen bei analytischen Arbeiten .....	145
Auflösen fester Substanzen auf chemischem Wege 145. — Aufschließen unlöslicher Substanzen 146. — Auflösen erstarrter Schmelzen 146. — Fällern 147. — Filtrieren 148. — Auswaschen von Niederschlägen 148. — Trocknen von Niederschlägen 149. — Veraschen und Glühen von Niederschlägen 149. — Abrauchen von Niederschlägen 151. — Wiederauflösen von Niederschlägen 151. — Schäumen von Flüssigkeiten 151.	
13. Trocknen .....	152
Trocknen fester Stoffe 152. — Trocknen von Flüssigkeiten 157. — Trocknen von Gasen 158.	
14. Erhitzen .....	159
Direkte Gasheizung 159. — Indirekte Gasheizung 164. — Benutzung flüssiger Brennstoffe 169. — Elektrische Heizung 169.	
15. Kühlen .....	169
Kühlen fester Stoffe 169. — Kühlen von Flüssigkeiten 169. — Kühlen von Dämpfen 171.	
16. Temperaturmessung .....	174
A. Allgemeines .....	
Temperatur 174. — Wirkungsweise und Wesen der Wärme 174. — Wärmemenge 174. — Schmelz- und Verdampfungswärme 174. — Wärmeausdehnung 175. — Gasgesetze 175.	
B. Temperaturmessung .....	
Flüssigkeitsthermometer 177. — Quecksilberthermo- meter 177. — Dampfdruck- und Gasthermometer 182. — Widerstandsthermometer 182. — Thermolemente 183. — Optische Temperaturmessung 184.	
C. Selbsttätige Regulierung der Temperatur .....	
Elektrisch beheizte Geräte 185. — Gasbeheizte Apparate 186. — Thermostaten 187.	
17. Charakteristische Temperaturen .....	188
Flamm- und Brennpunkt 188. — Stockpunkt von Ölen 189. — Schmelzpunkt 189. — Siedepunkt 194.	
18. Eindampfen .....	196
Verdampfen einer Flüssigkeit unterhalb der Siedetempe- ratur 196. — Verdampfen einer Flüssigkeit unter Sieden derselben 197. — Maßnahmen zur Aufhebung des Siede- verzuges 197.	



	Seite
19. Destillieren .....	198
Destillation unter Atmosphärendruck 198. — Fraktionierte Destillation 200. — Vakuumdestillation 204. — Wasserdampfdestillation 207.	
20. Sublimieren .....	210
Sublimation unter Atmosphärendruck 210. — Vakuumsublimation 211. — Fraktionierte Sublimation 212. — Sublimationstechnik 212.	
21. Extrahieren und Adsorbieren .....	212
A. Extraktion .....	212
Extraktion fester Stoffe 213. — Extraktion von Flüssigkeiten 215. — Universalextraktor mit verstellbarem Niveau 217. — Gegenstromverteilung 219.	
B. Chromatographie .....	222
Säulen-Chromatographie 222. — Papierchromatographie 224. — Dünnschicht-Chromatographie 225. — Gas-Chromatographie 226.	
22. Kristallisieren .....	226
Reinigungsmethoden 227. — Umkristallisieren 228. — Fraktionierte Kristallisation 230. — Zonenschmelzverfahren 231. — Kristallformen 231.	
23. Arbeiten mit Gasen .....	231
A. Aufbewahrung von Gasen .....	231
Aufbewahrungsgefäße ohne Sperrflüssigkeit 231. — Aufbewahrungsgefäße mit Absperrflüssigkeit 235. — Aufbewahrung verflüssigter Gase 239.	
B. Herstellung von Gasen im Laboratorium .....	239
Gasentwicklungsapparate 239. — Herstellung der wichtigsten Gase im Laboratorium 242.	
C. Waschen und Trocknen von Gasen .....	243
Wasch- und Trockenapparate 243. — Wasch- und Trockenmittel für Gase 246. — Vernichtung von Gasen 247.	
D. Absorbieren von Gasen .....	247
Absorptionsmittel für Gase 248.	
E. Gasanalyse .....	248
Messen und Analysieren von Gasen 250. — In Gasbüretten 250. — Durch Verbrennung 252. — Technische Gasuntersuchung mit dem Orsat-Apparat 252. — Das Nitrometer nach LUNGE 254.	
F. Messung strömender Gase .....	255
Die Gasuhr 255. — Der Strömungsmesser 255. — Der Rotamesser 256.	
24. Arbeiten unter Luftabschluß .....	257

	Seite
25. Druckmessung .....	259
Barometer 260. — Manometer 261.	
26. Durchführung von Reaktionen unter erhöhtem Druck ....	264
Einschmelz- oder Schießröhren (Bombenröhren) 264. — Druckflaschen 265. — Autoklaven 265.	
27. Probenahme .....	267
Feste Stoffe 267. — Flüssigkeiten 268. — Gase 269.	
28. Spezifisches Gewicht .....	271
Allgemeines 271. — Bestimmung des spezifischen Gewichtes 271. — Feste Stoffe 271. — Flüssigkeiten 273. — Gase 276.	
29. Viskosität .....	277
Viskosimeter nach ENGLER 278. — Viskosimeter mit hängendem Kugelniveau nach UBBELOHDE 279. — Viskosimeter nach HÖPPLER 280. — Viskowaage 281. — Rotationsviskosimeter 281.	
30. Eichen von Meßgefäßen .....	281
Eichung von Maßkolben 281. — Prüfung eines Maß- kolbens auf Richtigkeit 282. — Eichung von Voll- pipetten 282. — Kalibrierung von Büretten 283.	
31. Heizwert .....	283
Verbrennung in der Kalorimeterbombe 284. — Elementar- analyse 287.	
32. Arbeiten mit dem elektrischen Strom .....	289
A. Allgemeines .....	289
Ohmsches Gesetz 289. — Wirkungen des elektrischen Stromes 290. — Meßinstrumente 290. — Stromquellen 292. — Ausführung von Widerständen 295.	
B. Elektrische Heizung .....	296
Elektrische Öfen 296. — Selbstherstellung eines elek- trischen Röhrenofens 298. — Sonstige Heizgeräte 302.	
C. Elektrische Temperaturmessung .....	303
D. Elektrolyse .....	303
E. Elektrometrische Maßanalyse .....	305
Potentiometrie 305. — Konduktometrie 308.	
F. Polarographie .....	309
G. Elektrophorese .....	310
33. $p_{\text{H}}$ -Messung .....	311
Begriff des $p_{\text{H}}$ -Wertes 311. — Messung des $p_{\text{H}}$ -Wertes 312.	

	Seite
34. Colorimetrie .....	319
Lichtelektrische Methode 319. — Visuelle Methode 320.	
35. Optische Instrumente.....	321
A. Allgemeines.....	321
B. Optische Instrumente.....	323
Lupe 323. — Mikroskop 324. — Polarisationsapparat 324. — Refraktometer 327. — Interferometer 329. — Photometer 330. — Spektroskop 334.	
Benutzte Literatur .....	335
Sachverzeichnis .....	338