

Eberhard Ehlers

Analytik II

Kurzlehrbuch

Quantitative und Instrumentelle
Pharmazeutische Analytik



Deutscher
Apotheker Verlag

12. Auflage

Eberhard Ehlers
Analytik II – Kurzlehrbuch

Eberhard Ehlers

Analytik II

Kurzlehrbuch

Quantitative und Instrumentelle
Pharmazeutische Analytik

Eberhard Ehlers, Hofheim/Taunus

12., vollständig überarbeitete Auflage
mit 151 Abbildungen und 48 Tabellen



Deutscher
Apotheker Verlag

Anschrift des Autors

Prof. Dr. Eberhard Ehlers
Lorsbacher Str. 54B
65719 Hofheim/Taunus

Zuschriften an

lektorat@dav-medien.de

Die in diesem Buch aufgeführten Angaben wurden sorgfältig geprüft. Dennoch können Autor und Verlag keine Gewähr für deren Richtigkeit übernehmen.

Ein Markenzeichen kann markenrechtlich geschützt sein, auch wenn ein Hinweis auf etwa bestehende Schutzrechte fehlt.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Jede Verwertung des Werkes außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Übersetzungen, Nachdrucke, Mikroverfilmungen oder vergleichbare Verfahren sowie für die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen.

1. bis 8. Auflage 1983 bis 1996 im Jungjohann Verlag
Nachdruck der 8. Auflage 1997 im Gustav Fischer Verlag
Ab 9. Auflage im Deutschen Apotheker Verlag
12., vollständig überarbeitete Auflage 2016
ISBN 978-3-7692-6225-4 (Print)
ISBN 978-3-7692-6630-6 (E-Book, PDF)

© 2016 Deutscher Apotheker Verlag
Birkenwaldstr. 44, 70191 Stuttgart
www.deutscher-apotheker-verlag.de

Printed in Germany

Satz: primustype R. Hurler GmbH, Notzingen
Druck und Bindung: Kösel, Krugzell
Umschlaggestaltung: deblik, Berlin

Vorwort zur 12. Auflage

Die novellierte Approbationsordnung für Apotheker (AAppO) vom 14. Dezember 2000 sieht im Ersten Abschnitt der Pharmazeutischen Prüfung eine schriftliche Prüfung über die „**Grundlagen der pharmazeutischen Analytik**“ vor, die sich in folgende Abschnitte untergliedert:

- Klassische qualitative Analytik,
- Klassische quantitative Analytik,
- Instrumentelle Analytik,

wobei die Methoden des Arzneibuches ein wichtiger Teil der Prüfungsanforderungen sind (Anlage 13 AAppO).

Die Themen qualitativer Analyseverfahren sowie die Analytik funktioneller Gruppen organischer Verbindungen werden in drei Kapiteln im Band **Analytik I** behandelt. Der vorliegende Band **Analytik II** beginnt demzufolge mit Kapitel 4 und befasst sich mit den Themenbereichen „**Klassische quantitative Analytik**“ und „**Instrumentelle Analytik**“. Die Gliederung der Analytik II lehnt sich an den aktuellen Gegenstandskatalog an.

Der Text der neuen Auflage wurde komplett überarbeitet, insbesondere die Kapitel zur „Instrumentellen Analytik“ wurden an den Stand der Technik angepasst. Auch die Vorgaben des Arzneibuches zu Konzentrationsangaben sind berücksichtigt. Der „Thermoanalyse“ wurde ein eigenständiges Kapitel (Kap. 13) gewidmet.

Wichtige Passagen des Kommentartextes – in Form abgesetzter grau unterlegter Textstellen – dienen dazu, wesentliche Abschnitte des umfangreichen Prüfungstoffes komprimiert und kurzfristig wiederholen zu können. Die *Kommentierung* nahezu aller Fragen aus dem Band „Analytik II-Prüfungsfragen“ mit den Multiple choice-Fragen bis Herbst 2013 sind in den Text eingefügt und über die MC-Fragennummer kenntlich gemacht.

In den Abschnitten „*Pharmazeutische Anwendungen*“ der betreffenden quantitativen Analysenverfahren wird bewusst auf Beispiele des Europäischen Arzneibuches verwiesen, obwohl die Arzneibuchanalytik erst Gegenstand des 2. Prüfungsabschnittes ist. Wenn nur Arzneibuch oder Ph.Eur. genannt wird, beziehen sich diese Angaben auf das **Europäische Arzneibuch 8. Auflage** (Ph.Eur. 8.0 und Nachtrag 8.1).

Dabei sollen die Gehaltsbestimmungen in den Monographien des Ph.Eur. oder des DAB beispielhaft dazu dienen, den Blick für die Beurteilung analytischer Bestimmungsmöglichkeiten anhand vorgegebener Wirkstoffstrukturen zu schärfen, wie dies die Thematik neuerer MC-Fragen zwingend verlangt. Zur Vertiefung des Grundwissens dieser Abschnitte wird *ausdrücklich* auf den *Kommentar zum Europäischen Arzneibuch – Allgemeiner Teil* – verwiesen. Dort finden sich auch umfassende Hinweise auf die Primärliteratur.

Mein Dank gilt vielen Kollegen und Studenten für wertvolle Anregungen zur Überarbeitung des Textes. Besonders danken möchte ich dem Lektorat „Pharmazie“ des

Deutschen Apotheker Verlages für die vertrauensvolle Zusammenarbeit und tatkräftige Unterstützung. Das Lektorat hat entscheidend dazu beigetragen, dass die aktuelle Auflage der Analytik II den Prüfungskandidaten termingerecht zur Verfügung stehen wird.

Ich hoffe, dass die neue Auflage der Analytik II den Studierenden der Pharmazie bei ihren Prüfungsvorbereitungen wieder wertvolle Dienste leisten kann. Ich wünsche allen hierzu viel Erfolg.

Hofheim, im Herbst 2015

Eberhard Ehlers

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 12. Auflage	V
Abkürzungen	XIII
Zeichen und Symbole	XIX

Klassische quantitative Analytik

4 Grundlagen und allgemeine Arbeitsweisen der quantitativen pharmazeutischen Analyse	3
4.1 Größen und Einheiten	3
4.1.1 Stoffmengen	3
4.1.2 Zusammensetzung von Mischphasen	4
4.1.3 Konzentrationsangaben des Arzneibuches	7
4.1.4 Maßlösungen	7
4.2 Stöchiometrische Grundlagen quantitativer Analysen	9
4.3 Chemisches Gleichgewicht, Aktivität	10
4.3.1 Massenwirkungsgesetz	11
4.3.2 Ionenstärke, Aktivitätskoeffizienten	12
4.4 Statistische Auswertung von Analysendaten	14
4.4.1 Grundbegriffe	14
4.4.2 Unsicherheiten, Fehler	15
4.4.3 Mittelwert, Standardabweichung, Varianz	17
4.4.4 Gauß-Verteilung von Messergebnissen	19
4.5 Validierung von Verfahren	20
4.6 Kalibrierung quantitativer Analyseverfahren	21
4.6.1 Kalibrierverfahren	21
4.6.2 Verwendung von Referenzsubstanzen	24
4.7 Maßanalyse	25
4.7.1 Begriffe, Methodik	25
4.7.2 Titrationskurven	25
4.8 Standardadditionsverfahren	28
5 Gravimetrie	30
5.1 Grundlagen	31
5.1.1 Gravimetrische Grundoperationen	31
5.1.2 Löslichkeit, Löslichkeitsprodukt	35
5.1.3 Berechnung der Analyse	41
5.2 Pharmazeutisch relevante gravimetrische Bestimmungen	44
5.2.1 Bestimmung von Kationen	44

5.2.2	Bestimmung von Anionen	48
5.2.3	Bestimmungen nach dem Arzneibuch	48
6	Säure-Base-Titrationen	52
6.1	Grundlagen	52
6.1.1	Aciditäts- und Basizitätskonstanten	52
6.1.2	pH-Wert	60
6.1.3	Titrationmöglichkeiten	70
6.1.4	Titrationkurven	73
6.1.5	Indizierungmöglichkeiten	84
6.1.6	Maßlösungen, insbesondere nach Arzneibuch	92
6.1.7	Urtitersubstanzen, insbesondere nach Arzneibuch	93
6.2	Titrationen von Säuren und Basen in wässrigen Lösungen, insbesondere nach Arzneibuch	93
6.2.1	Titration von Säuren	93
6.2.2	Titration von Basen	109
6.2.3	Bestimmung von Carbonsäure-Derivaten	112
6.2.4	Spezielle Verfahren	118
6.3	Titrationen von Säuren und Basen in nichtwässrigen Lösungen, insbesondere nach Arzneibuch	137
6.3.1	Physikalisch-chemische Grundlagen	137
6.3.2	Lösungsmittel	139
6.3.3	Titration von Säuren	141
6.3.4	Titration von Basen	146
7	Redox titrationen	171
7.1	Grundlagen	171
7.1.1	Redoxpotential, Redoxreaktionen	172
7.1.2	Titrationkurven von Redox titrationen	180
7.1.3	Redoxindikatoren	183
7.1.4	Maßlösungen	187
7.1.5	Urtitersubstanzen	191
7.2	Methoden, pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch	192
7.2.1	Permanganometrie	192
7.2.2	Cerimetrie	195
7.2.3	Iodometrie	199
7.2.4	Periodatometrie (Malaprade-Reaktion)	214
7.2.5	Bromometrie (Bromatometrie)	218
7.2.6	Chromatometrie	226
7.2.7	Nitritometrie (Diazotitration)	227
7.2.8	Ferrometrie (Reduktionen mit Eisen(II)-sulfat)	230

8	Fällungstitrationsen	231
8.1	Grundlagen	231
8.1.1	Physikalisch-chemische Grundlagen	231
8.1.2	Indizierungsmöglichkeiten	233
8.1.3	Maßlösungen	238
8.1.4	Urtitersubstanzen	239
8.2	Methoden, pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch	239
8.2.1	Argentometrie nach Volhard	239
8.2.2	Argentometrie nach Mohr	242
8.2.3	Argentometrie nach Fajans	242
8.2.4	Bestimmung organisch gebundenen Halogens	243
8.2.5	Argentometrie nach Budde	246
8.2.6	Simultantitration von Halogeniden	247
8.2.7	Bestimmung von Sulfaten und Molybdaten	247
9	Komplexometrische Titrationsen	249
9.1	Grundlagen	249
9.1.1	Chelatbildung	249
9.1.2	Anwendungsmöglichkeiten von Natriumedetat	251
9.1.3	Komplexometrische Methodik	255
9.1.4	Titrationkurven, Endpunkte	257
9.1.5	Indizierungsmöglichkeiten	258
9.1.6	Maßlösungen	261
9.1.7	Urtitersubstanzen	263
9.2	Pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch	263
9.2.1	Bestimmung einzelner Kationen	263
9.2.2	Simultantitration von Kationen	267
9.2.3	Indirekte Bestimmung von Anionen und Kationen	268

Instrumentelle Analytik

10	Elektrochemische Analysenverfahren	273
10.1	Grundlagen der Elektrochemie	273
10.1.1	Ladungstransport in Elektrolytlösungen	273
10.1.2	Vorgänge an Elektroden	279
10.1.3	Arten von Elektroden	283
10.1.4	Galvanische und elektrolytische Zellen	288
10.2	Potentiometrie	291
10.2.1	Grundlagen der Direktpotentiometrie	291

10.2.2	Direktpotentiometrische Messungen	293
10.2.3	Potentiometrische Titrationsen	298
10.3	Elektrogravimetrie	300
10.3.1	Grundlagen der Elektrolyse	300
10.3.2	Metallabscheidung	302
10.3.3	Elektrolytische Trennungen	304
10.4	Coulometrie	304
10.4.1	Grundlagen der Coulometrie	304
10.4.2	Coulometrische Titrationsen	306
10.5	Voltammetrie (Polarographie)	307
10.5.1	Grundlagen der Polarographie	308
10.5.2	Instrumentelle Anordnung	317
10.5.3	Anwendungen der Polarographie	320
10.6	Amperometrie und Voltammetrie	324
10.6.1	Amperometrische Titrationsen mit einer Indikatorelektrode (Monoamperometrie)	324
10.6.2	Amperometrische Titrationsen mit zwei Indikatorelektroden, Dead-stop-Titrationsen (Biamperometrie)	327
10.6.3	Instrumentelle Anordnung	329
10.6.4	Pharmazeutische Anwendungen	330
10.6.5	Grundlagen der Voltammetrie	333
10.7	Konduktometrie	335
10.7.1	Grundlagen der Konduktometrie	335
10.7.2	Instrumentelle Anordnung	335
10.7.3	Konduktometrische Titrationsen	336
10.8	Elektrophorese	343
10.8.1	Grundlagen der Elektrophorese	343
10.8.2	Elektrophoretische Verfahren	345
10.8.3	Pharmazeutische Anwendungen	352
11	Optische und spektroskopische Verfahren	354
11.1	Grundlagen	354
11.1.1	Elektromagnetische Strahlung	354
11.2	Grundlagen der Refraktometrie	358
11.2.1	Brechzahl, Messung	358
11.2.2	Pharmazeutische Anwendungen	361
11.3	Grundlagen der Polarimetrie	362
11.3.1	Optische Drehung, Messung	362
11.3.2	Pharmazeutische Anwendungen	368
11.4	Grundlagen der Atomemissionsspektroskopie (AES)	369
11.4.1	Lichtemission von Atomen	369
11.4.2	Messmethodik und instrumentelle Anordnung	374
11.4.3	Pharmazeutische Anwendungen	375
11.5	Grundlagen der Atomabsorptionsspektroskopie (AAS)	376
11.5.1	Lichtabsorption von Atomen	376

11.5.2	Messmethodik und instrumentelle Anordnung	378
11.5.3	Pharmazeutische Anwendungen	379
11.6	Grundlagen der Molekülspektroskopie im ultravioletten (UV) und sichtbaren (VIS) Bereich	381
11.6.1	Grundlagen der Lichtabsorption durch Moleküle im UV- und VIS-Bereich	381
11.6.2	Beziehungen zwischen Molekülstruktur und Lichtabsorption	388
11.6.3	Gesetz der Lichtabsorption	399
11.6.4	Messmethodik und instrumentelle Anordnung	406
11.6.5	Zirkulardichroismus	411
11.6.6	Pharmazeutische Anwendungen	413
11.7	Grundlagen der Fluorimetrie	424
11.7.1	Prinzip der Methode	424
11.7.2	Messmethodik und instrumentelle Anordnung	431
11.7.3	Pharmazeutische Anwendungen	432
11.8	Grundlagen der Absorptionsspektroskopie im infraroten Spektralbereich (IR-Spektroskopie)	434
11.8.1	Grundlagen der Lichtabsorption im IR-Bereich	434
11.8.2	Beziehungen zwischen Molekülstruktur und absorbiertem Licht	442
11.8.3	Messmethodik und instrumentelle Anordnung	446
11.8.4	Pharmazeutische Anwendungen	449
11.8.5	Spektroskopie im nahen IR-Bereich (NIR-Spektroskopie)	450
11.9	Raman-Spektroskopie	452
11.9.1	Raman-Effekt	452
11.9.2	Raman-Spektrum	453
11.10	Kernresonanzspektroskopie (NMR)	454
11.10.1	Grundlagen der NMR-Spektroskopie	454
11.10.2	Instrumentelle Anordnung	459
11.10.3	NMR-Spektrum	461
11.10.4	¹³ C-NMR-Spektroskopie	476
11.11	Massenspektrometrie (MS)	477
11.11.1	Grundlagen der Methode	478
11.11.2	Aufbau eines Massenspektrometers	479
11.11.3	Fragmentierungsreaktionen	484
11.12	Elektronenspinresonanzspektroskopie (ESR)	486
12	Chromatographische Analyseverfahren	488
12.1	Grundlagen	488
12.1.1	Chromatographische Trennmechanismen	489
12.1.2	Wahl des chromatographischen Milieus, chromatographische Phasen	493
12.1.3	Chromatographische Größen	500
12.2	Dünnschichtchromatographie (DC)	506
12.2.1	Prinzip und Durchführung der Dünnschichtchromatographie	506
12.2.2	Auswertung des Dünnschichtchromatogramms	508

12.2.3	Pharmazeutische Anwendungen	509
12.3	Papierchromatographie (PC)	511
12.3.1	Prinzip und Durchführung der Papierchromatographie	511
12.3.2	Auswertung des Papierchromatogramms	512
12.3.3	Pharmazeutische Anwendungen	512
12.4	Gaschromatographie (GC)	512
12.4.1	Prinzip und Durchführung der Gaschromatographie	512
12.4.2	Gaschromatographische Apparatur	513
12.4.3	Auswertung eines Gaschromatogramms	518
12.4.4	Pharmazeutische Anwendungen	527
12.5	Flüssigchromatographie (LC)	531
12.5.1	Prinzip und Durchführung der Säulenchromatographie (SC)	531
12.5.2	Methoden der Flüssigchromatographie	533
12.5.3	Pharmazeutische Anwendungen	539
12.6	Ausschlusschromatographie (SEC)	540
12.6.1	Pharmazeutische Anwendungen	545
13	Thermische Analysenverfahren (TA)	546
13.1	Thermogravimetrie	547
13.2	Differenzthermoanalyse	548
13.3	Differenzkalorimetrie	548
13.4	Dynamisch-mechanische Thermoanalyse	548
13.5	Thermomikroskopie	548
Anhang	549
14.1	Löslichkeitsprodukte (pK_L -Werte)	549
14.2	Säuredissoziationskonstanten (pK_s -Werte)	550
14.3	Normalpotentiale (E° -Werte) bei 25 °C (in Volt)	551
14.4	Rechenhilfen	552
Sachregister	553
Der Autor	619

Abkürzungen

AAS	= Atomabsorptionsspektrometrie	BRS	= Biologische Referenzsubstanz
Abb.	= Abbildung	Bsp.	= Beispiel
Abh.	= Abhängigkeit	BSTFA	= N,O-Bis(trimethylsilyl)trifluoracetamid
abh.	= abhängig	bzgl.	= bezüglich
Abk.	= Abkürzung	bzw.	= beziehungsweise
abs.	= absolut	ca.	= circa
AES	= Atomemissionsspektrometrie	CC	= column chromatography = Säulenchromatographie
aliph.	= aliphatisch	CD	= Zirkulardichroismus (Circulardichroismus)
alkal.	= alkalisch	CE	= Cotton-Effekt = capillary electrophoresis = Kapillarelektrophorese
allg.	= allgemein	CGS	= Zentimeter-Gramm-Sekunden-System
AME	= (relative) Atommasseinheit	chem.	= chemisch
ammon.	= ammoniakalisch	CI	= Chemische Ionisation
anal.	= analytisch	CMC	= critical micellar concentration = kritische micellare Konzentration
Anm.	= Anmerkung	conc.	= konzentriert
anod.	= anodisch	const.	= konstant
anorg.	= anorganisch	CRS	= Chemische Referenzsubstanz
ÄP	= Äquivalenzpunkt	CTMS	= Chlortrimethylsilan
APCI	= Chemische Ionisation mit Atmosphärendruck	CW	= continuous Wave (Kernresonanzspektrometer)
App.	= Apparatur	cycl.	= cyclisch
APPI	= Atmosphärendruck-Photoionisation	DAB	= Deutsches Arzneibuch
äquiv.	= äquivalent	Darst.	= Darstellung
arith.	= arithmetisch	DC	= Dünnschichtchromatographie
arom.	= aromatisch	dc	= dünnenschichtchromatographisch
ASS	= Acetylsalicylsäure	DDTC	= Diethyldithiocarbaminat
asym.	= asymmetrisch	Dest.	= Destillation
Atm.	= Atmosphäre	dest.	= destilliert
ATR	= attenuated total reflection = Mehrfachreflexion	d. h.	= das heißt
bas.	= basisch		
Bd.	= Band		
bes.	= besonders		
Best.	= Bestimmung		
betr.	= betreffend		
	= betrifft		
bez.	= bezeichnet		
Bldg.	= Bildung		

DHA	= Docosahexaensäure	ESI	= Elektrospray-Ionisation
Diff.	= Diffusion	Erio-T	= Eriochromschwarz T
Diss.	= Dissoziation	ESR	= Elektronenspinresonanzspektroskopie
diss.	= dissoziiert	ethanol.	= ethanolisch
disubst.	= disubstituiert	evtl.	= eventuell
DK	= Dielektrizitätszahl	EZ	= Esterzahl
DMA	= dynamisch-mechanische Thermoanalyse	FAB	= Fast-Atom-Bombardment (Massenspektrometrie)
DME	= dropping mercury electrode = Quecksilbertropfelektrode	FD	= Felddesorption
DMF	= Dimethylformamid	FI	= Feldionisation
DMSO	= Dimethylsulfoxid	FID	= flame ionization detector Flammenionisationsdetektor
DNA	= Desoxyribonukleinsäure	flüss.	= flüssig
DSC	= differential scanning calorimetry = Differentialkalorimetrie	frakt.	= fraktioniert
DTA	= Differenzthermoanalyse	FT	= Fourier-Transformation
DTG	= Differentialthermo- gravimetrie	gasf.	= gasförmig
DTT	= Dithiothreitol	GC	= Gaschromatographie
DZ	= Dielektrizitätszahl	gc	= gaschromatographisch
ECD	= electron capture detector = Elektroneneinfangdetektor	gem.	= gemäß = geminal
EDTA	= Ethylendiamintetraessigsäure	ges.	= gesamt, gesättigt
ee	= enantiomeric excess = Enantiomerenüberschuss	gesätt.	= gesättigt
eff.	= effektiv	Gew.	= Gewicht
EG	= Erfassungsgrenze	ggf.	= gegebenenfalls
EI	= Elektronenstoßionisation	Ggs.	= Gegensatz
Eig.	= Eigenschaft	Ggw.	= Gegenwart
Einfl.	= Einfluss	GK	= Gegenstandskatalog = Grenzkonzentration
einschl.	= einschließlich	GKE	= Gesättigte Kalomel- elektrode
Einw.	= Einwirkung	Gl.	= Gleichung
elektr.	= elektrisch	GLC	= gas liquid chromatography = Gasverteilungschromatographie
EMK	= Elektromotorische Kraft	GSC	= gas solid chromatography = Gasadsorptionschromatographie
EOF	= Elektroosmotischer Fluss	Herst.	= Herstellung
EPA	= Eicosapentaensäure	HETP	= height equivalent of a theoretical plate = Trennstufenhöhe
EPR	= electron paramagnetic resonance = Elektronen- spinresonanz		

HG	= Hauptgruppe (Periodensystem)	korr.	= korrespondierend
HOMO	= highest occupied molecular orbital	krist.	= kristallisiert
HPLC	= high performance liquid chromatography = Hochleistungsflüssig(keits)chromatographie = high pressure liquid chromatography = Hochdruckflüssig(keits)chromatographie	LC	= liquid chromatography = Flüssig(keits)chromatographie
HPTLC	= high performance thin layer chromatography	LLC	= liquid liquid chromatography = Flüssigkeits-Flüssigkeits-Chromatographie
HWD	= hot wire detector = Wärmeleitfähigkeitsdetektor	Lösl.	= Löslichkeit
I.E.	= Internationale Einheit	lösl.	= löslich
IEC	= ion exclusion chromatography = Ionenaustauscherchromatographie	Lp.	= Löslichkeitsprodukt
IEF	= isoelektrische Fokussierung	LSC	= liquid solid chromatography = Flüssigkeits-Feststoff-Chromatographie
IEX	= ion exchange chromatography = Ionenaustauscherchromatographie	Lsg.	= Lösung
incl.	= inclusive	Lsgm.	= Lösungsmittel
Ind.	= Indikator	LUMO	= lowest unoccupied molecular orbital
IR	= Infraroter Spektralbereich	magn.	= magnetisch
irrev.	= irreversibel	MALDI	= Matrixgestützte Laser-Desorptions-Ionisation
IZ	= Iodzahl	max.	= maximal
Kap.	= Kapitel	MC	= multiple choice
Kat.	= Katalysator	MEKC	= Micellare elektrokinetische Chromatographie
kat.	= katalytisch	methanol.	= methanolisch
kath.	= kathodisch	Min.	= Minute
Komm.	= Kommentar	MIR	= multiple internal reflectance = Mehrfachreflexion
konj.	= konjugiert		= mittlerer infraroter Spektralbereich
konst.	= konstant	monosubst.	= monosubstituiert
Konz.	= Konzentration	MS	= Massenspektrometrie, Massenspektrometer
konz.	= konzentriert	MSTFA	= <i>N</i> -Methyltrimethylsilyl-trifluoacetamid
		MTU	= Methylthiouracil
		MWG	= Massenwirkungsgesetz

Nachw.	= Nachweis	PHB	= para-Hydroxybenzoesäure
nasc.	= naszierend	Ph.Eur.	= Europäisches Arzneibuch
Nd.	= Niederschlag	phys.	= physikalisch
NDIR	= nicht-dispersive IR-Spektroskopie	pos.	= positiv
neg.	= negativ	POZ	= Peroxidzahl
NIR	= naher Infraroter Spektralbereich	präp.	= präparativ
NKE	= Normal-Kalomel-elektrode	prim.	= primär
NMR	= nuclear magnetic resonance = Kernmagnetische Resonanz	proz.	= prozentig
NWE	= Normal-Wasserstoff-elektrode	PSE	= Periodensystem der Elemente
o.	= oben, obig	PTU	= Propylthiouracil
o. a.	= oben angeführt	Pyr	= Pyridin
ODS	= octadecylsilyliert (Kieselgel)	qual.	= qualitativ
OHZ	= Hydroxylzahl	quan.	= quantitativ
opt.	= optisch	QTE	= Quecksilbertropf-elektrode
org.	= organisch	rac.	= racemisch
ORD	= Optische Rotationsdispersion	RaNi	= Raney-Nickel
Ox.	= Oxidation = oxidierte Form	Reakt.	= Reaktion
ox.	= oxidiert	Red.	= Reduktion = reduzierte Form
Oxm.	= Oxidationsmittel	red.	= reduziert
p.a.	= pro analysi	Redm.	= Reduktionsmittel
PAGE	= Polyacrylamid-Gelelektrophorese	rel.	= relativ
PAN	= Pyridylazonaphthol	rev.	= reversibel
PAR	= Pyridylazoresorcin	RF	= Rückfluss
PAS	= para-Aminosalicylsäure	RG	= Reaktionsgeschwindigkeit
PC	= Papierchromatographie	RP	= reversed phase = Umkehrphase
pc	= papierchromatographisch	RT	= Raumtemperatur
PDA	= Photodioden-Array	S.	= Seite
pharm.	= pharmazeutisch	s.	= siehe
PFT	= Puls-Fourier-Transformation	s. a.	= siehe auch
		SC	= Säulenchromatographie
		sc	= säulenchromatographisch
		Schmp.	= Schmelzpunkt
		Sdp.	= Siedepunkt
		SDS	= sodium dodecyl sulphate = Natriumdodecylsulfat

SEC	= size exclusion chromatography = Ausschlusschromatographie		= Dünnschichtchromatographie
Sek.	= Sekunde	TMS	= Tetramethylsilan
sek.	= sekundär	TOF	= time of flight = Flugzeitanalysator
SEV	= Sekundärelektronenvervielfacher	Tr.	= Tropfen
SFC	= supercritical Fluid Chromatography	TSD	= Thermionischer Detektor = thermionic specific detector
SI	= systeme international	TSP	= Trimethylsilyltetra- deuteropropionsäure
sog.	= sogenannt	TTC	= Triphenyltetrazolium- chlorid
solv.	= solvatisiert		
spez.	= spezifisch = speziell	u. a.	= unten angeführt = unter anderem
Std.	= Stunde	u. a.m.	= und andere mehr
Stab.	= Stabilität	UKW	= Ultrakurzwellen
s.u.	= siehe unten	Uml.	= Umlagerung
Subl.	= Sublimation	unabh.	= unabhängig
subl.	= sublimiert	undiss.	= undissoziiert
subst.	= substituiert	ungesätt.	= ungesättigt
SWE	= Standardwasserstoff- elektrode	unlös.	= unlöslich
swl.	= schwer löslich	unspez.	= unspezifisch
sym.	= symmetrisch	unsubst.	= unsubstituiert
SZ	= Säurezahl	UPs	= Umdrehungen pro Sekunde
TA	= Thermoanalyse	usw.	= und so weiter
Tab.	= Tabelle	u.U.	= unter Umständen
TBAH	= Tetrabutylammonium- hydroxid	UV	= Ultravioletter Spektral- bereich
techn.	= technisch		
Temp.	= Temperatur	(i.) Vak.	= (im) Vakuum
tert.	= tertiär	Verb.	= Verbindung
TF	= Triphenylformazan	Verd.	= Verdünnung
TFA	= Trifluoro acetic acid = Trifluoressigsäure	verd.	= verdünnt
TFAA	= Trifluoressigsäureanhydrid = Trifluoro acetic acid anhydride	Verf.	= Verfahren
TGA	= Thermogravimetrie	Vers.	= Versuch
THF	= Tetrahydrofuran	versch.	= verschieden
Titrat.	= Titration	vgl.	= vergleiche
TLC	= thin layer chromatography	vic.	= vicinal
		VIS	= Sichtbarer Spektral- bereich
		Vol.	= Volumen
		VZ	= Verseifungszahl

wässr. = wässrig
WLD = Wärmeleitfähigkeits-
detektor

Zers. = Zersetzung
z. B. = zum Beispiel
z. T. = zum Teil

Zeichen und Symbole

[]	= Kennzeichnung von Komplexverbindungen
	= Kennzeichnung von Konzentrationen (Aktivitäten) in Gleichungen des MWG
→	= Kennzeichnung der Dimension
→	= Zeichen für eine einseitig verlaufende Reaktion
⇌	= Zeichen für umkehrbare Reaktionen (Gleichgewichte)
Δ	= Erhitzen
	= Zeichen für Differenz
↓	= Zeichen für Bildung eines schwer löslichen Niederschlags
↑	= Zeichen für Bildung eines Gases
(I),(II),...	= Zeichen für die Wertigkeit: einwertig, zweiwertig
%	= Prozent
+	= rechtsdrehend
-	= linksdrehend
=	= Gleichstrom
≈	= Wechselstrom
A	= Absorption
	= Ampere (Einheit der Stromstärke)
	= Fläche (Areal)
	= Systematischer Fehler
a	= Aktivität
	= Auswaage
$A_1^{1\%}$	= Spezifische Absorption
A^-	= allgemeines Symbol Anion
Å	= Ångström = 10^{-8} cm
A_E	= elektrophile Addition
A_N	= nucleophile Addition
A_R	= radikalische Addition
A_r	= relative Atommasse
$AcO^-(Ac^-)$	= Acetat-Ion
Ac_2O	= Acetanhydrid
Alk	= Alkylrest
Ar	= Arylrest (Aromat)
Atm	= Atmosphäre
B	= allgemeines Symbol Base
	= Elementsymbol Bor
	= magnetische Flussdichte
b	= Schichtdicke, Peakbreite, Molalität
C	= Coulomb (Einheit der Ladung)
	= Gesamtkonzentration ($mol \cdot l^{-1}$)
	= Elementsymbol Kohlenstoff

c	= Lichtgeschwindigkeit = Stoffmengenkonzentration ($\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$)
C-6	= C-Atom, nummeriert (etwa Kohlenstoffatom 6 der Glucose)
5-C	= Anzahl der C-Atome
C_o	= Ausgangskonzentration
C_b	= Konzentration einer Base
C^{eq}	= Äquivalentkonzentration
C_m	= molare Löslichkeit, Sättigungskonzentration
C_s	= Konzentration einer Säure = Sättigungskonzentration, Gesamtkonzentration
$^{\circ}\text{C}$	= Grad Celsius
cal	= Kalorie
CH	= Chinon
cm	= Zentimeter
cm^3 (ccm)	= Kubikzentimeter
D	= D-Linie (Wellenlänge des Natriumlichtes) = Diffusionskoeffizient (Polarographie) = Optische Durchlässigkeit (Transparenz) = dexter (Konfigurationsbezeichnung) = Elementsymbol Deuterium
d	= Schichtdicke (in cm) = Dublett (NMR) = Dichte
D_m	= Massenverteilungsverhältnis (Chromatographie)
d_{20}^{20}	= Dichte bei 20 °C bezogen auf Wasser bei 20 °C
Da	= Dalton
dm	= Dezimeter = Massenänderung
dt	= Zeitintervall
dT	= Temperaturintervall
E	= Energie = Potential = Elektrische Feldstärke
e	= Einwaage = Elementarladung
E_1	= monomolekulare Eliminierung
E_2	= bimolekulare Eliminierung
$E_{1/2}$	= Halbstufenpotential
E°	= Normalpotential (Standardpotential)
$E_{\text{Ä}}$	= Äquivalenzpotential
E_1	= Indikatorpotential
E_{kin}	= kinetische Energie
E_Z	= Zersetzungsspannung

ΔE	= Energiedifferenz
ΔE	= Potentialdifferenz
e^-	= Elektron
Et	= Ethylgruppe
Et_2O	= Diethylether
EtOH	= Ethanol
F	= Gravimetrischer Faktor
	= Fläche
	= Faraday-Konstante
	= zufälliger Fehler
	= Faktor Maßlösung
	= Freiheitsgrad (IR)
	= Elementsymbol Fluor
f	= fest
	= Frequenz (Schwingungsfrequenz)
	= Aktivitätskoeffizient
F_N	= Faktor einer Normallösung (Normalfaktor)
F_S	= Faktor einer Standardlösung
f_a, f_i	= Aktivitätskoeffizient
fl	= flüssig
F_p	= Schmelzpunkt
G	= Gewicht
	= freie Enthalpie
	= Galvanometer
g	= Gramm
	= gasförmig
ΔG	= freie Reaktionsenthalpie
Gew%	= Gewichtsprozent
H	= Enthalpie
	= Häufigkeit
	= Magnetfeldstärke
	= Elementsymbol Wasserstoff
h	= Trennstufenhöhe (Chromatographie)
	= Stufenhöhe (Polarographie)
	= Peakhöhe (Chromatographie)
	= Plancksches Wirkungsquantum
	= Stunde
ΔH	= Reaktionsenthalpie
HA	= allgemeines Symbol für eine Säure
Hal^-	= Halogenidion
HAm	= Ameisensäure
HCH	= Hydrochinon

HDDTC	= Diethyldithiocarbaminsäure
HIn(d)	= Indikatorsäure
HOAc (HAc)	= Essigsäure
HX	= Halogenwasserstoffsäure
H ₄ Y	= Ethylendiamintetraessigsäure
Hz	= Hertz
I	= Stromstärke (in Ampere) = Stromfluss = Strahlungsintensität (Licht) = Ionenstärke (einer Lösung) = Kernspinquantenzahl = Elementsymbol Iod
i	= iso (verzweigt)
+I, -I	= Induktiver Effekt
I _D (i _d)	= Diffusionsstrom
I _G	= Grenzstrom
i _{D1/2} (I _{G/2})	= Halbstufenpotential
I _{sp}	= Spitzenstromstärke
Ind ⁻	= korr. Indikatorbase
IndH	= Indikatorsäure
J	= Joule = Kopplungskonstante (NMR)
j	= Gesamtstromdichte
K	= Gleichgewichtskonstante (MWG) = Kelvin = Elementsymbol Kalium
k	= Proportionalitätsfaktor = Verteilungskoeffizient = Boltzmann-Konstante = Retentionsfaktor
k'	= Verteilungszahl = Kapazitätsfaktor, Kapazitätsverhältnis
K _a	= thermodynamische Gleichgewichtskonstante = Säurekonstante
K _b	= Basenkonstante
K _c	= stöchiometrische Gleichgewichtskonstante
K _D	= Dissoziationskonstante (Elektrolyte) = Verteilungskoeffizient (Chromatographie)
K _{Diss}	= Dissoziationskonstante (Komplexe)
K _{eff}	= effektive Stabilitätskonstante (Komplexe)
kC	= Kilocoulomb

K_I	= Ionisationskonstante (Elektrolyte)
	= Indikatorkonstante
K_L	= Löslichkeitsprodukt
	= Lorentz-Kraft
K_s	= Säurekonstante
K_{Stab}	= Stabilitätskonstante (Komplexe)
K_w	= Ionenprodukt des Wassers
kcal	= Kilokalorie
kg	= Kilogramm
kJ	= Kilojoule
km	= Kilometer
Kp	= Siedepunkt
kPa	= Kilopascal
k Ω	= Kiloohm
L	= elektrische Leitfähigkeit, Leitwert
	= Säulenlänge (Chromatographie)
	= laevis (Konfigurationsbezeichnung)
	= Löslichkeitsprodukt
	= elektrischer Leitwert
l	= Länge (Abstand, Strecke)
	= Liter
LH	= amphiprotisches Lösungsmittel
ln	= natürlicher Logarithmus
log (lg)	= dekadischer Logarithmus
M	= Molmasse (molare Masse)
	= Molarität (Maßlösungen)
+M, -M	= Mesomerie-Effekt
m	= Masse
	= meta
	= Meter
	= Multipllett (NMR)
M_r	= relative Molmasse
M°	= neutrales Molekül
M^+	= Molekülkation
M^-	= Molekülanion
mA	= Milliampere
mbar	= Millibar
Me	= allgemeines Symbol Metall
	= Methylgruppe
Me^+	= Metallkation
mg	= Milligramm
MHz	= Megahertz
min	= Minute
ml	= Milliliter

mm	=	Millimeter
mol	=	molar
mV	=	Millivolt
N	=	Zahl der Teilchen (Atome)
	=	Zahl der Freiheitsgrade (IR)
	=	Normalität (Maßlösungen)
	=	Elementsymbol Stickstoff
n	=	Anzahl der übertragenen Elektronen
	=	Anzahl von Messwerten
	=	normal (geradkettig)
	=	Bodenzahl (Chromatographie)
	=	Stoffmenge (Mol)
N_A	=	Avogadro-Konstante
n_D^{20}	=	Brechzahl (Brechungsindex)
n^{eq}	=	Äquivalentkonzentration
NaOAc	=	Natriumacetat
ng	=	Nanogramm
nm	=	Nanometer = 10^{-7} cm
NMe	=	allgemeines Symbol für ein Nichtmetall
O	=	Elementsymbol für Sauerstoff
o	=	ortho
Ox ⁻	=	Oxinat-Ion
P	=	Elementsymbol Phosphor
	=	Phase
p	=	para
	=	Druck
	=	Impuls
Pa	=	Pascal (Einheit des Druckes)
pD	=	Empfindlichkeitsexponent
pH	=	Wasserstoffionenexponent
pH _{ÄP}	=	pH-Wert am Äquivalenzpunkt (Titration)
pH _S	=	pH-Wert einer Referenzlösung
pK	=	Gleichgewichtsexponent
pK _a	=	Säureexponent
pK _b	=	Basenexponent
pK _{Diss}	=	Dissoziationsexponent (Komplexe)
pK _I	=	Indikatorexponent
pK _L	=	Löslichkeitsexponent
pK _s	=	Säureexponent
pK _{Stab}	=	Stabilitätsexponent (Komplexe)
pK _w	=	Ionenexponent des Wassers
pMe	=	negativer dekadischer Logarithmus der Metallionenkonzentration
pg	=	Pikogramm

pm	= Pikometer (100 Ångström)
pOH	= Hydroxidionenexponent
ppb	= parts per billion
ppm	= parts per million
pT	= Titrierexponent
Pyr	= Pyridin
Q	= Ladung(smenge) = Wärmemenge = Querschnitt
q	= Quartett (NMR)
quin	= Quintett (NMR)
R	= Ohmscher Widerstand = rectus (Konfigurationsbezeichnung) = Radius = allgemeine Gaskonstante = Reagenz des Arzneibuches = organischer Rest, über C-Atom gebunden
r	= relative Retention
R _f	= Retentionsfaktor, retention factor, ratio of fronts
R _F	= Retardierungsfaktor, Retardationsfaktor
R _S	= Auflösung (Chromatographie)
R _{St}	= relativer Retentionsindex
RO ⁻	= Alkoholat-Ion
ROH	= Alkohol
S	= sinister (Konfigurationsbezeichnung) = Elementsymbol Schwefel = Siemens (Einheit der Leitfähigkeit) = Entropie = Standardabweichung
s	= Sekunde
s	= Singulett (NMR) = Standardabweichung
S _E	= elektrophile Substitution
S _{N1}	= monomolekulare nucleophile Substitution
S _{N2}	= bimolekulare nucleophile Substitution
S _{Ni}	= innere nucleophile Substitution
S _R	= radikalische Substitution
S _S	= Symmetriefaktor (Chromatographie), tailing factor
ΔS	= Reaktionsentropie
S/N	= Signal-Rausch-Verhältnis (signal/noise)
sec	= Sekunde
sep	= Septett (NMR)
sex	= Sextett (NMR)

T	= absolute Temperatur in Kelvin = Transmission
t	= Temperatur in °C = Zeit = Tropfzeit (Polarographie) = Triplett (NMR) = Tonne (Gewicht)
t_d	= Totzeit
t_{dr}, t_R	= Gesamtretentionszeit
t_r	= Nettoretentionszeit
U	= elektrisches Potential = Zellspannung (in Volt) = Elementsymbol Uran
u	= Ionenbeweglichkeit = Strömungsgeschwindigkeit (Chromatographie) = relative Atommasseneinheit
$U_{1/2}$	= Halbstufenpotential
U_p	= Polarisationsspannung
U_{sp}	= Spitzenpotential
V	= Volt (Einheit der Spannung) = Volumen (in Liter) = Elutionsvolumen (Chromatographie) = Elementsymbol Vanadin
v	= Geschwindigkeit = Wanderungsgeschwindigkeit (Ionen) = verdünnt
Vol%	= Volumenprozent
W	= Quantenenergie
w	= Massegehalt
X	= Röntgenstrahlung
x	= Schichtdicke = allgemeines Symbol Messwert = Stoffmengenanteil = Molenbruch
X^-	= allgemeines Symbol Anion
x_i	= Messwert
\bar{x}	= Mittelwert
Z	= Zahl der Normalschwingungen (IR)
z	= Äquivalenzahl = Ladungszahl

α	= Drehwinkel = Kernspinzustand (NMR) = Dissoziationsgrad, Protolysegrad = Nachbarposition zu einer funktionellen Gruppe = Trennfaktor, Selektionskoeffizient = Fällungsgrad
$[\alpha]_D^{20}$	= spezifische Drehung
α_H	= Wasserstoffkoeffizient (zur Korrektur von Komplexstabilitäten)
β	= Kernspinzustand (NMR) = Massenkonzentration
γ	= Gyromagnetisches Verhältnis = Aktivitätskoeffizient = Gammastrahlung
δ	= chemische Verschiebung
δ^+, δ^-	= Partialladung
ε	= Absorptionskoeffizient (molarer) = Dielektrizitätszahl
ε_0	= Dielektrizitätszahl (Vakuum)
ε_{\max}	= Absorptionskoeffizient (Absorptionsmaximum)
η	= Überspannung
Λ	= molare Leitfähigkeit
Λ_∞	= Grenzleitfähigkeit
Λ^*	= Äquivalentleitfähigkeit
λ	= Wellenlänge = Ionenbeweglichkeit
λ_{\max}	= Wellenlänge (Absorptionsmaximum)
μ	= reduzierte Masse
μA	= Mikroampere
μg	= Mikrogramm
μm	= Mikrometer
ν	= Frequenz
$\bar{\nu}$	= Wellenzahl
π	= Bindungsart
ρ	= spezifischer Widerstand = Dichte
ρ^*	= Massenkonzentration
ρ_t	= Dichte bei t °C
σ	= Bindungsart
τ	= Titrationsgrad = chemische Verschiebung
Φ	= Fließgeschwindigkeit (Chromatographie)
κ	= Leitfähigkeit
Ω	= Ohm (Einheit des Widerstandes)

Klassische quantitative Analytik