

Inhaltsverzeichnis

Bewertung von Analysemethoden

Verzeichnis der Symbole	2
Einführung, rechtliche Grundlagen	3
1 Über den sinnvollen Umgang mit Messwerten und Messergebnissen	5
1.1 Ermittlung von Messwerten	5
1.2 Berechnung von Messergebnissen	7
2 Validierung und Kalibrierung	9
2.1 Validierung von Analyseverfahren	9
2.1.1 Qualitätsmerkmale für Analyseverfahren	10
2.1.2 Erfassung und Bestimmung der Qualitätsmerkmale für Analyseverfahren	14
2.1.3 Durchführung von Validierungen in der pharmazeutischen Analytik	24
2.2 Kalibrierung von Messgeräten	27
2.2.1 Empfindlichkeit von Messgeräten	28
2.2.2 Nachweisgrenze bzw. Bestimmungsgrenze bei Messgeräten	29
2.2.3 Bestimmungsgrenze bei Messgeräten	30
2.3 Abschätzung von Gesamtfehlern, Fehlerfortpflanzung	30

M. Neugebauer,
G. Rücker

Optische und spektroskopische Analysemethoden

Verzeichnis der Symbole	34
3 Einführung in die optischen und spektroskopischen Analysemethoden	35
3.1 Licht als elektromagnetische Wellenbewegung	36
3.2 Energie der elektromagnetischen Wellen	37
3.3 Spektrum der elektromagnetischen Wellen, Spektralbereiche	37
3.4 Lichtabsorption und Farbe	40

G. Rücker

3.5	Übersicht über die spektroskopischen Analysemethoden	40
3.5.1	Atomspektroskopie und Molekülspektroskopie	41
3.5.2	Emissionsspektroskopie und Absorptionsspektroskopie	41
4	Refraktometrie	42
4.1	Grundlagen der Refraktometrie	42
4.2	Messung der Brechzahl	43
4.2.1	Grenzwinkel der Totalreflexion	43
4.2.2	Abbe-Refraktometer	44
4.3	Anwendungen der Refraktometrie in der Pharmazie	45
5	Chiroptische Analysemethoden	47
5.1	Polarimetrie	47
5.1.1	Grundlagen der Polarimetrie	47
5.1.2	Messung der optischen Drehung	50
5.1.3	Anwendungen der Polarimetrie in der Pharmazie	54
5.2	Zirkulardichroismus	56
5.2.1	Wirkung von zirkular polarisiertem Licht auf optisch aktive Substanzen	56
5.2.2	Definition des Zirkulardichroismus	57
5.2.3	Messgrößen für den Zirkulardichroismus	59
5.2.4	Geräte zur Messung des Zirkulardichroismus	61
5.2.5	Anwendung des Zirkulardichroismus zur Untersuchung der Stereochemie von Arzneistoffen	62
5.2.6	Anwendungen im Arzneibuch	63
5.3	Optische Rotationsdispersion, Cotton-Effekt	63
5.3.1	Normale optische Rotationsdispersion	64
5.3.2	Anomale Rotationsdispersion, Cotton-Effekt	64
6	Einführung in die atomspektroskopischen Analysemethoden	66
6.1	Thermische Anregung von Atomen	66
6.2	Vorgänge in der Flamme	67
6.3	Elektronenanregung und Lichtemission des Natriums	68
7	Spektralanalyse	69
7.1	Prinzip der Spektralanalyse	69
7.2	Messgeräte zur Spektralanalyse	69
7.3	Anwendungen der Spektralanalyse in der Pharmazie	70
8	Atomemissionsspektroskopie, Flammenphotometrie	71
8.1	Prinzip der Flammenphotometrie	71
8.1.1	Quantitative Auswertung der Lichtemission	71

8.2	Messgeräte zur Flammenphotometrie	73
8.3	Anwendungen der Flammenphotometrie in der Pharmazie	74
9	Atomabsorptionsspektroskopie	78
9.1	Grundlagen der Atomabsorptionsspektroskopie	78
9.1.1	Lichtabsorption durch Atome, Resonanzabsorption ..	78
9.1.2	Messgrößen der Atomabsorptionsspektroskopie	79
9.2	Messgeräte zur Atomabsorptionsspektroskopie	79
9.3	Anwendungen der Atomabsorptionsspektroskopie in der Pharmazie	81
10	Einführung in die Molekülspektroskopie	85
10.1	Wechselwirkungen von Licht mit organischen Molekülen	85
10.1.1	Ionisation	86
10.1.2	Elektronenanregung	87
10.1.3	Molekülschwingungen	88
10.1.4	Molekülrotationen	88
10.2	Absorptionsspektrum, Absorptionsbanden	89
10.3	Messgrößen für die Lichtabsorption	90
10.3.1	Transmission	91
10.3.2	Absorption	91
10.4	Lambert-Beer'sches Gesetz	92
10.4.1	Bouguer-Lambert'sches Gesetz	92
10.4.2	Beer'sches Gesetz	92
10.4.3	Kombiniertes Bouguer-Lambert-Beer'sches Gesetz, molarer Absorptionskoeffizient	92
10.4.4	Anwendungen des Lambert-Beer'schen Gesetzes	93
10.4.5	Herleitung des Lambert-Beer'schen Gesetzes	94
10.5	Grundsätzlicher Aufbau von Absorptionsspektrometern	95
11	UV-Vis-Spektroskopie	98
11.1	Grundlagen der UV-Vis-Spektroskopie	98
11.1.1	Chromophores System, Elektronenübergänge	98
11.1.2	Jablonski-Termschema	98
11.1.3	Verbotene Elektronenübergänge	100
11.1.4	Aussehen der Absorptionsbanden, Feinstruktur	100
11.2	Chromophore aus π -Elektronen	102
11.2.1	Alkene, Polyene	102
11.2.2	Alkine	106
11.2.3	Aromaten	107
11.2.4	Unterscheidung von Polyenen, Polyinen und Aromaten	109

11.3	Chromophore aus π - und n-Elektronen	109
11.3.1	Gesättigte Carbonylverbindungen	110
11.3.2	Ungesättigte Carbonylverbindungen	110
11.3.3	Heterocyclische Verbindungen	114
11.3.4	Substanzen mit mehreren voneinander unabhängigen Chromophoren	115
11.4	Anwendungen der UV-Vis-Spektroskopie in der Pharmazie	116
11.4.1	Durchführung von Messungen im UV-Vis-Bereich ...	116
11.4.2	Anwendung der UV-Vis-Spektroskopie zur Strukturaufklärung	125
11.4.3	Anwendung der UV-Vis-Spektroskopie zur Analyse von Arzneimitteln	127
11.4.4	Photometrische Bestimmung von Arzneistoffen in Gemischen; Mehrkomponentenanalysen	139
11.4.5	Charge-Transfer-Spektren	141
11.4.6	Photometrische Bestimmungen in biologischem Material	142
11.4.7	Stabilitätsuntersuchungen an Arzneistoffen	148
11.4.8	Derivativspektroskopie, Ableitungsspektroskopie, Differentialspektren	148
11.4.9	Untersuchung von Reaktionsabläufen, Isosbestische Punkte	151
12	Fluorimetrie	160
12.1	Grundlagen der Fluorimetrie	160
12.1.1	Anregungsspektrum und Fluoreszenzspektrum	160
12.1.2	Fluoreszenzintensität	162
12.1.3	Fluoreszenz und Struktur	163
12.2	Messung der Fluoreszenz	164
12.2.1	Messgeräte	164
12.2.2	Lösungsmittel	165
12.2.3	Lumineszenzminderung zur Detektion von Substanzen auf der Dünnschichtplatte	166
12.3	Anwendungen der Fluorimetrie in der Pharmazie	166
12.3.1	Identitätsprüfung von Arzneistoffen	167
12.3.2	Reinheitsprüfung von Arzneistoffen	167
12.3.3	Gehaltsbestimmung von Arzneistoffen	168
12.3.4	Analyse von biologischem Material	169
12.3.5	Kopplungen der Fluorimetrie mit chromato- graphischen Verfahren	169
12.4	Lumineszenzmethoden durch andere Anregungsarten	170
12.4.1	Chemilumineszenz	170
12.4.2	Röntgenfluoreszenzspektroskopie	170

13	IR-Spektroskopie, Raman-Spektroskopie	172
13.1	Prinzip der IR-Spektroskopie	172
13.2	Grundlagen der IR-Spektroskopie	172
13.2.1	Infraroter Bereich des Spektrums der elektro- magnetischen Wellen	172
13.2.2	Molekülschwingungen	173
13.3	Praktische IR-Spektroskopie	179
13.3.1	IR-Spektrum	179
13.3.2	IR-Spektrometer	180
13.3.3	Messung von IR-Spektren	181
13.3.4	Charakterisierung der Molekülschwingungen	187
13.4	Anwendungen der IR-Spektroskopie in der Pharmazie	189
13.4.1	Kontrolle und Optimierung von IR-Spektrometern nach dem Arzneibuch	189
13.4.2	Strukturaufklärung	190
13.4.3	Analyse von Arzneimitteln	205
13.4.4	IR-Spektroskopie in der toxikologischen und biochemischen Analyse	209
13.4.5	Untersuchung der Stabilität von Arzneistoffen	209
13.5	Nicht-dispersive IR-Spektroskopie	210
13.6	Spektroskopie im Nahen IR-Bereich, NIR-Spektroskopie	211
13.7	Raman-Spektroskopie	215
13.7.1	Prinzip der Raman-Spektroskopie	215
13.7.2	Raman-Effekt	215
13.7.3	Anwendung der Raman-Spektroskopie	216
14	¹H-NMR-Spektroskopie	219
14.1	Prinzip der Kernresonanzspektroskopie	219
14.1.1	Kernspin und magnetisches Moment von Atomkernen	220
14.2	Grundlagen der ¹ H-NMR-Spektroskopie	222
14.2.1	Verhalten der Wasserstoffkerne im Magnetfeld Kreiselmodell	222
14.2.2	Energieniveaus der Wasserstoffkerne im Magnetfeld	223
14.2.3	Larmor-Gleichung	225
14.2.4	Besetzungsunterschied und Magnetisierung	225
14.2.5	Kernresonanz, Quermagnetisierung und Kerninduktion	226
14.2.6	Relaxation und Relaxationszeit	228
14.2.7	Messung der Kernresonanz	229
14.3	¹ H-NMR-Spektrum	234
14.3.1	Chemische Verschiebung	234
14.3.2	Integrationskurve	243

14.3.3	Spin-Spin-Kopplung	244
14.4	Anwendungen der ^1H -NMR-Spektroskopie in der Pharmazie	258
14.4.1	Kontrolle und Optimierung des ^1H -NMR-Spektrometers nach dem Arzneibuch	259
14.4.2	Durchführung von ^1H -NMR-Messungen nach dem Arzneibuch	260
14.4.3	Strukturaufklärung	260
14.4.4	Konformationsanalyse von Arzneistoffen	266
14.4.5	Untersuchungen des Zustandes von Arzneistoffen in Lösung	267
14.4.6	Identifizierung und Reinheitsprüfung von Arzneistoffen	272
14.4.7	Untersuchungen über Struktur und Wirkung von Arzneistoffen	272
15	^{13}C-NMR-Spektroskopie	274
15.1	Prinzip der ^{13}C -NMR-Spektroskopie	274
15.1.1	Resonanzfrequenz der ^{13}C -Atome	274
15.2	Chemische Verschiebung der ^{13}C -Atome	274
15.2.1	Einfluss des Hybridisierungsgrades	275
15.2.2	Substituenteneinflüsse und γ -Effekt	276
15.2.3	Einfluss der Elektronendichte	278
15.2.4	Inkrement-Regeln zur Abschätzung von ^{13}C -Verschiebungen	279
15.3	Spin-Kopplungen	288
15.3.1	$^1\text{H}/^{13}\text{C}$ -Kopplungen	289
15.3.2	Andere heteronukleare Kopplungen	290
15.4	Entkopplungsverfahren in der ^{13}C -NMR-Spektroskopie	291
15.4.1	Protonen-Breitband-Entkopplung	291
15.4.2	Protonen-Off-Resonance-Entkopplung	292
15.4.3	Selektive ^1H -Entkopplungen	292
15.4.4	Gepulste Protonen-Entkopplung	292
15.5	Integration von ^{13}C -Signalen	294
15.6	^{13}C -NMR-Spektroskopie durch Pulsfolgen	294
15.6.1	Eindimensionale (1D)- ^{13}C -NMR-Spektroskopie	295
15.6.2	Zweidimensionale (2D)- ^{13}C -NMR-Spektroskopie	296
15.7	Anwendungen der ^{13}C -NMR-Spektroskopie in der Pharmazie	298
15.8	NMR-Spektroskopie zur Untersuchung lebender Gewebe	299
15.8.1	Klinische NMR-Spektroskopie, In-vivo-Spektroskopie	299
15.8.2	^1H -NMR-Tomographie, Kernspin-Tomographie, Protonen-Imaging	301

16	Massenspektrometrie	303
16.1	Prinzip der Massenspektrometrie	303
16.1.1	Grundvorgänge der Massenspektrometrie	303
16.1.2	Masseneinheiten	304
16.2	Grundlagen der Massenspektrometrie durch Elektronenstoß-Ionisation EI-Massenspektrometrie	305
16.2.1	Ionisierung durch Elektronenstoß – Bildung von Molekülionen	306
16.2.2	Zerfall der Molekülionen; Fragmentierung	307
16.2.3	Massenspektrum	311
16.2.4	Aufbau des EI-Massenspektrometers	312
16.2.5	Fragmentierungsreaktionen in der EI-Massenspektrometrie	318
16.3	Anwendung der EI-Massenspektrometrie zur Strukturaufklärung	328
16.3.1	Interpretation von EI-Massenspektren	328
16.3.2	Formulierung massenspektrometrischer Zerfallsreaktionen	335
16.3.3	Verlauf der Auswertung von EI-Massenspektren	339
16.4	Massenspektrometrie mit anderen Ionisationsmethoden	342
16.4.1	Weiche Ionisationsmethoden	342
16.4.2	Ionisation schwer verdampfbarer Verbindungen	344
16.5	Massenspektrometrie mit anderen Methoden der Ionentrennung	349
16.5.1	Elektrostatische Analysatoren	349
16.5.2	Quadrupol-Analysatoren	350
16.5.3	Flugzeit-Analysatoren	350
16.5.4	Ion-Trap-Massenspektrometrie	351
16.6	Spezielle Methoden der Massenspektrometrie	353
16.6.1	Doppelt fokussierende Massenspektrometrie	353
16.6.2	Kombination mehrerer Analysatoren	354
16.7	Anwendungen der Massenspektrometrie in der Pharmazie	356
16.7.1	Identifizierung von Arzneistoffen; Kopplung der Massenspektrometrie mit chromatographischen Trennverfahren	356
16.7.2	Nachweis stabiler Isotope zur Untersuchung biologischer Reaktionen	363
17	Radiochemische Analysenmethoden	365
17.1	Grundlagen radiochemischer Messmethoden	365
17.1.1	Zerfallsgesetz und Halbwertszeit	365
17.2	Messgrößen für radioaktive Strahlung	367
17.3	Messgeräte zur Messung radioaktiver Strahlung	368
17.3.1	Ionisationsdetektoren	368

17.3.2	Szintillationsdetektoren	372
17.3.3	Halbleiterzähler	373
17.4	Gammaspektrometrie	374
17.5	Anwendung radiochemischer Analysenmethoden in der Pharmazie	375
17.5.1	Analytik von Radiopharmaka	375
17.5.2	Isotopenverdünnungsanalyse	377
17.5.3	Radioimmunoassay	378
17.5.4	Markierung von Verbindungen durch Radionuklide	379
17.5.5	Neutronenaktivierungsanalyse	380
17.5.6	Medizinische Anwendungen	380



M. Neugebauer

Chromatographische Analysenmethoden

	Verzeichnis der Symbole	386
18	Einführung in die chromatographischen Methoden	385
18.1	Chromatographische Trennmechanismen	387
18.2	Chromatographische Symbole und Kenngrößen	391
18.2.1	Retentionsdaten	392
18.2.2	Kenngrößen zur Beschreibung von Peakform und Trennqualität	395
18.2.3	Quantitative Kenngrößen	405
18.2.4	Zusammenfassung: Parameter zur Beschreibung von Chromatogrammen	407
18.3	Häufig verwendete Abkürzungen	409
19	Gaschromatographie	410
19.1	Prinzip der Gaschromatographie	410
19.2	Aufbau des Gaschromatographen	411
19.2.1	Probenaufgabesysteme	412
19.2.2	Trennsäulen	415
19.2.3	Detektoren	422
19.2.4	Signalregistrierung, Integratoren	426
19.3	Durchführung gaschromatographischer Analysen	427
19.3.1	Auswahl der Trennbedingungen	427
19.3.2	Praktische Durchführung	430
19.3.3	Derivatisierungen	430
19.4	Auswertung des Gaschromatogramms	432
19.4.1	Retentionsindizes	432
19.4.2	Quantitative Bestimmungen	434

19.5	Anwendung der Gaschromatographie in der Pharmazie	437
19.5.1	Anwendungen der Gaschromatographie im Arzneibuch	437
20	Hochleistungs-Flüssigchromatographie	440
20.1	Prinzip der Hochleistungs-Flüssigchromatographie	440
20.2	Aufbau von Geräten zur Hochleistungs-Flüssigchromatographie	442
20.2.1	Elutionsmittel	444
20.2.2	Pumpen	445
20.2.3	Gradientenmischer	445
20.2.4	Probeneinlasssystem	446
20.2.5	Trennsäulen	447
20.2.6	Säulenfüllung und Trennmaterialien	448
20.2.7	Detektoren	451
20.3	Durchführung flüssigchromatographischer Analysen	454
20.3.1	Die Trennverfahren der Hochleistungs-Flüssigchromatographie	454
20.3.2	Auswahl der Trennbedingungen	461
20.3.3	Elutionsgeschwindigkeit	462
20.3.4	Temperatureinflüsse	463
20.3.5	Elutionsmittelgradienten	463
20.4	Anwendungen der Hochleistungs-Flüssigchromatographie in der Pharmazie	464
20.4.1	Anwendungen der Hochleistungs-Flüssigchromatographie im Arzneibuch	465
21	Dünnschichtchromatographie	468
21.1	Prinzip der Dünnschichtchromatographie	468
21.1.1	Geräte und Materialien zur Durchführung der Dünnschichtchromatographie	469
21.1.2	Durchführung der Dünnschichtchromatographie	472
21.1.3	Anwendung der Dünnschichtchromatographie in der Pharmazie	476
21.2	Prinzip der quantitativen Dünnschichtchromatographie	478
21.2.1	Messgeräte und Messprinzip der quantitativen Dünnschichtchromatographie	478
21.2.2	Durchführung quantitativer, dünn-schichtchromatographischer Messungen	480
21.2.3	Fehlermöglichkeiten	484
21.2.4	Anwendung der quantitativen Dünnschichtchromatographie in der Pharmazie	484

IV**Elektrochemische Analysenmethoden**

G. G. Willems

	Verzeichnis der Symbole	488
22	Allgemeine Einführung in die Elektrochemie	492
22.1	Elektrodenvorgänge	492
22.2	Elektrodenpotentiale; Nernst'sche Gleichung	494
22.3	Arten von Elektroden	496
22.3.1	Metall(ionen)elektroden	496
22.3.2	Gaselektroden	499
22.3.3	Redoxelektroden	500
22.4	Elektrochemische Zellen	501
22.4.1	Aufbau der galvanischen Zelle	502
22.4.2	Spannung der galvanischen Zelle; Elektrochemische Spannungsreihe	503
22.4.3	Elektrolytische Umsetzungen	506
22.4.4	Elektrolytische Leitfähigkeit	514
22.4.5	Anhang: Ein Ersatzschaltbild der elektro- chemischen Zelle	518
23	Potentiometrie	521
23.1	Grundlagen der Direktpotentiometrie	521
23.1.1	Messung von pH-Werten	522
23.1.2	Konzentrationsbestimmungen mit ionenspezifischen Elektroden	526
23.2	Durchführung direktpotentiometrischer Messungen	531
23.3	Grundlagen potentiometrischer Titrationsen	533
23.3.1	Säure-Base-Titrationsen	534
23.3.2	Fällungstitrationsen	536
23.3.3	Komplexometrische Titrationsen	539
23.3.4	Redoxstitrationsen	539
23.4	Durchführung potentiometrischer Titrationsen	542
23.5	Pharmazeutische Anwendungen potentio- metrischer Titrationsen	546
24	Elektrogravimetrie	553
24.1	Grundlagen der Elektrogravimetrie	553
24.2	Instrumentelle Anordnung und Durchführung elektrogravimetrischer Bestimmungen	557
24.3	Anwendungsbereich der Elektrogravimetrie	559
25	Coulometrie	562
25.1	Grundlagen der Coulometrie	563
25.2	Durchführung coulometrischer Bestimmungen	566

25.3	Instrumentelle Anordnung	567
25.4	Anwendungen der Coulometrie	569
26	Voltammetrische Verfahren; Polarographie	572
26.1	Einführung in die Voltammetrie und Polarographie ..	572
26.2	Grundlagen der Voltammetrie	576
26.2.1	Grundlagen der Gleichspannungspolarographie	576
26.2.2	Grundlagen der Voltammetrie an stationären Elektroden	580
26.2.3	Der voltammetrische Grundstrom	581
26.2.4	Auswertung voltammetrischer Strom-Spannungs- Kurven; Simultanbestimmungen	584
26.2.5	Voltammogramme bei nichtreversiblen Elektrodenvorgängen	585
26.2.6	Cyclische Voltammetrie	587
26.3	Durchführung voltammetrischer Bestimmungen	588
26.3.1	Voltammetrische Zellen	588
26.3.2	Instrumentelle Anordnung	590
26.3.3	Experimentelle Durchführung	591
26.4	Anwendungen der Voltammetrie	591
26.4.1	Voltammetrie anorganischer Substanzen	592
26.4.2	Voltammetrie organischer Verbindungen	595
26.4.3	Voltammetrie in der pharmazeutischen Analytik	603
26.5	Anhang: Spezielle voltammetrische Verfahren	604
26.5.1	Inverse Voltammetrie	604
26.5.2	Pulsverfahren	605
26.5.3	Wechselspannungsvoltammetrie	607
27	Amperometrie und Voltammetrie	611
27.1	Einführung in die amperometrischen und voltammetrischen Indizierungsverfahren	611
27.2	Grundlagen und Anwendungsbereiche der amperometrischen und voltammetrischen Verfahren	613
27.2.1	Amperometrie mit einer Indikatorelektrode	613
27.2.2	Amperometrie mit zwei Indikatorelektroden	618
27.2.3	Voltammetrie mit einer Indikatorelektrode	622
27.2.4	Voltammetrie mit zwei Indikatorelektroden	623
27.3	Durchführung amperometrischer und voltammetrischer Titrationsen mit einer und mit zwei Indikatorelektroden	625
27.3.1	Messanordnungen und experimentelle Durchführung .	625
27.3.2	Elektroden und Zellen	626
27.3.3	Durchführung amperometrischer Methoden des Arzneibuches	627
27.4	Pharmazeutische Anwendungen amperometrischer und voltammetrischer Indizierungsmethoden	629

28	Konduktometrie	632
28.1	Grundlagen der Konduktometrie	632
28.2	Durchführung konduktometrischer Messungen	633
28.2.1	Instrumentelle Anordnung	634
28.2.2	Messzellen	635
28.3	Anwendungen der Konduktometrie	636
28.3.1	Absolute Leitfähigkeitsmessungen	636
28.3.2	Konduktometrische Titrationsen	636
29	Elektrophoretische Verfahren	642
29.1	Grundlagen elektrophoretischer Verfahren	651
29.2	Durchführung elektrophoretischer Verfahren	653
29.3	Anwendungen elektrophoretischer Verfahren	657

V

G. G. Willems

Thermische Analysenmethoden

	Verzeichnis der Symbole	662
30	Grundlagen der thermischen Analysenmethoden	663
30.1	Einführung in die Methoden	663
30.2	Grundprinzipien	665
30.3	Modifikationsübergänge und Thermodynamik	667
31	Thermogravimetrie	670
31.1	Grundlagen der Thermogravimetrie	670
31.2	Durchführung der Thermogravimetrie	670
31.3	Anwendungen der Thermogravimetrie	673
32	Thermoanalyse, Differenzthermoanalyse	676
32.1	Grundlagen der Thermoanalyse	676
32.2	Durchführung der Differenzthermoanalyse	676
32.3	Anwendungen der Differenzthermoanalyse	678
33	Kalorimetrische Verfahren	679
33.1	Grundlagen der Dynamischen Differenz-Kalorimetrie	679
33.2	Durchführung der Dynamischen Differenz-Kalorimetrie	680
33.3	Anwendungen der Dynamischen Differenz-Kalorimetrie	682
33.4	Kopplungssysteme	686
	Sachregister	689