

1	Qualität und Qualitätssysteme (Lernfelder 6a, 7, 8, 11)	11
1.1	Qualität	11
1.2	Qualitätsmerkmale	15
1.3	Fehler	16
1.4	Qualitätssysteme	19
1.4.1	Qualitätskontrolle QK und Qualitätssicherung QS	19
1.4.2	Qualitätsmanagement QM	20
1.4.3	Totales Qualitätsmanagement TQM	26
1.4.4	Gute Laborpraxis GLP	28
1.4.5	Good Manufacturing Practice GMP	30
1.4.6	CE-Kennzeichnung	30
1.5	Mathematisch-statistische Methoden zur Kontrolle und Überwachung von Qualität. 32	
1.5.1	Median m	32
1.5.2	Arithmetisches Mittel $\bar{x}$	33
1.5.3	Varianz s^2 und Standardabweichung s	34
1.5.4	Variationskoeffizient v	38
1.5.5	Spannweite R	39
1.6	Q7 – Werkzeuge der Qualität	39
1.6.1	Fehlersammelliste	40
1.6.2	Qualitätsregelkarte	41
1.6.3	Histogramm	44
1.6.4	Korrelationsdiagramm	45
1.6.5	Pareto-Diagramm	46
1.6.6	Brainstorming	47
1.6.7	Ursache-Wirkungs-Diagramm	49
1.7	Fehlermöglichkeits- und Fehlereinfluss-Analyse	50
1.8	Validierung	52
	Aufgaben zu Kapitel 1	56
2	Probenahme, Probenbehandlung und Probenvorbereitung (Lernfelder 7, 9, 10)	57
2.1	Analyse von Proben	58
2.2	Probenahme	59
2.2.1	Ort und Zeit der Probenahme, Festlegung der Grundgesamtheit	60
2.2.2	Probenahmeverfahren bei Ortsabhängigkeit der Parameter	61
2.2.3	Probenahmeverfahren bei Zeitabhängigkeit der Parameter	62
2.2.4	Probenahmegeräte für Feststoffe	63
2.2.5	Probenahmegeräte für Flüssigkeiten	64
2.2.6	Probenahmegeräte für Gase	65
2.2.7	Probenmenge	67
2.2.8	Probengefäße	69
2.3	Messungen vor Ort	70
2.4	Probenkonservierung und -transport	71
2.5	Probenahmeprotokoll	72
2.6	Probenvorbereitung	73
2.6.1	Homogenisierung, Probenverjüngung und Probenteilung	74
2.6.2	Lösen der festen Analysenprobe	77
2.6.3	Abtrennen von Analyt und Störsubstanzen	79

2.6.4	Einstellen einer geeigneten Analytkonzentration	80
2.7	Externe Kalibrierung und Messung	81
2.8	Auswertung, Dokumentation und Qualitätssicherung	82
	Aufgaben zu Kapitel 2	82

3 Reaktionen organischer Präparate (Lernfelder 6a, 6b, 11) 83

3.1	Additionsreaktionen an C-C-Mehrfachbindungen	83
3.1.1	Struktur der Alkene	83
3.1.2	Reaktionen der Alkene	84
3.1.3	Reaktionen der Alkine	92
3.2	Reaktionen aromatischer Verbindungen	94
3.2.1	Struktur des Benzols und Aromatizität	94
3.2.2	Elektrophile aromatische Substitution und Folgereaktionen	96
3.2.3	Zweit- und Mehrfachsubstitution	103
3.2.4	Reaktionen von Diazoniumverbindungen	109
3.2.5	Nucleophile aromatische Substitution	112
3.3	Substitution und Eliminierung	113
3.3.1	Substitutionsreaktionen der Halogenalkane	114
3.3.2	Eliminierungsreaktionen der Halogenalkane	121
3.3.3	Substitutionsreaktionen der Alkohole	123
3.3.4	Eliminierungsreaktionen von Alkoholen	124
3.3.5	Oxidation von Alkoholen	125
3.3.6	Reaktionen der Amine	126
3.3.7	Reaktionen der Ether und Oxirane (Epoxide)	127
3.4	Carbonylverbindungen	129
3.4.1	Reaktionen der Carbonsäuren und deren Derivate	129
3.4.2	Reaktionen der Aldehyde und Ketone	137
3.5	Stereochemie organischer Stoffe	144
3.5.1	Asymmetrisch substituierte Kohlenstoffatome	145
3.5.2	Optische Aktivität	146
3.5.3	Verbindungen mit mehreren chiralen Zentren	147
3.6	Makromoleküle	149
3.6.1	Natürliche Makromoleküle	150
3.6.2	Synthetische Makromoleküle	151
3.6.3	Synthetisch veränderte Naturstoffe	156
	Aufgaben zu Kapitel 3	158

4 Volumetrische und gravimetrische Analyse (Lernfeld 7) 161

4.1	Volumetrische Analyse	161
4.1.1	Äquivalenzpunkterkennung	162
4.1.2	Maßlösungen	165
4.1.3	Titrationstechniken	172
4.1.4	Säure-Base-Titration	173
4.1.5	Redoxtitration	180
4.1.6	Komplexometrische Titration	187
4.1.7	Fällungstitration	191
4.1.8	Spezielle Titrationsen	195

4.2	Gravimetrische Analyse	203
4.2.1	Gravimetrische Fällungsanalyse	203
4.2.2	Feuchtigkeits- und Trockengehalt, Glührückstand	206
4.2.3	Thermogravimetrie	207
4.2.4	Elektrogravimetrie	208
	Aufgaben zu Kapitel 4	209

5 Chromatografische Trenntechniken (Lernfeld 8)211

5.1	Gaschromatografie GC	211
5.1.1	Tränergase	211
5.1.2	Probenaufgabe	214
5.1.3	Injektionssysteme	216
5.1.4	Säulenofen und Säulen	218
5.1.5	Detektoren	224
5.1.6	Fehlersuche und Optimierung	229
5.2	Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatografie HPLC	231
5.2.1	Eluentenförderung	231
5.2.2	Injektionssystem	233
5.2.3	Säulen und Trennung	234
5.2.4	Detektion	238
5.2.5	Fehlersuche	240
5.3	Spezielle chromatografische Methoden	241
5.3.1	Ionenchromatografie	241
5.3.2	Elektrophorese	244
	Aufgaben zu Kapitel 5	246

6 Spektroskopie (Lernfeld 9)249

6.1	Grundgrößen der Wellenlehre	249
6.2	Quantenprinzip und Energie	251
6.3	Spektrenarten	253
6.4	Aufbau von Spektralapparaten	254
6.4.1	Signalauftrennung	254
6.4.2	Detektion und Auswertung	256
6.5	Bouguer-Lambert-Beer-Gesetz	257
6.6	Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)	260
6.6.1	Aufbau eines Atomabsorptionsspektrometers	262
6.6.2	Strahlungsquellen	263
6.6.3	Atomisierung	264
6.6.4	Störungen der Atomabsorptionsmessung	266
6.6.5	AAS-Quantifizierung mittels Standardadditionsverfahren	267
6.7	Plasma-Emissionsspektrometrie	268
6.7.1	Plasmafackel	268
6.7.2	Polychromatoren in der Plasma-Emissionsspektroskopie	269
6.7.3	Vergleich von AAS und ICP-OES	270
6.8	Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)	270
	Aufgaben zu Kapitel 6	273

7	Strukturaufklärung organischer Verbindungen (Lernfeld 10)	275
7.1	Organisch-analytische Vorproben	275
7.2	Elementaranalyse und Molmassenbestimmung	278
7.3	UV/Vis-Spektroskopie	280
7.3.1	Anregung von Elektronen in Molekülen	280
7.3.2	UV/Vis-Spektrometer	282
7.3.3	Absorptionsspektroskopie an Molekülen	284
7.3.4	Anwendungen der UV/Vis-Spektroskopie	286
7.4	Infrarot-Spektroskopie (IR)	290
7.4.1	Molekülschwingungen und Rotationen	290
7.4.2	Angewandte IR-Spektroskopie	291
7.4.3	Auswertung von IR-Spektren	293
7.4.4	Nahinfrarot-Spektroskopie (NIR) in der Anwendungspraxis	299
7.4.5	Raman-Spektroskopie	300
7.5	Massenspektrometrie (MS)	301
7.5.1	Molekülpeaks und Fragmente	301
7.5.2	Auswertung von Massenspektren	304
7.6	Kernspinresonanz-Spektroskopie (NMR)	309
7.6.1	Kernspin und NMR-Signale	309
7.6.2	Auswertung von ^1H -NMR-Spektren	310
7.6.3	Auswertung von ^{13}C -NMR-Spektren	314
7.6.4	Spezielle NMR-Techniken in der Anwendungspraxis	316
7.7	Strukturaufklärung mit kombinierten Methoden	318
7.7.1	Aromastoff	318
7.7.2	Weckamin	320
7.7.3	Explosivstoff	321
	Aufgaben zu Kapitel 7	322
8	Produktionsprozesse überwachen (Lernfeld 12)	323
8.1	Vom Labormaßstab zum chemischen Produktionsprozess	323
8.2	Darstellung eines chemischen Produktionsprozesses	323
8.2.1	Grundfließbild	324
8.2.2	RI-Fließbild	324
8.2.3	RI-Fließbild einer Umkristallisation	326
8.3	Komponenten einer chemischen Produktionsanlage	328
8.4	Rohrleitungen	329
8.4.1	Nennweite DN	329
8.4.2	Nenndruck PN	329
8.4.3	Kennzeichnung von Rohrleitungen	330
8.5	Armaturen	330
8.5.1	Absperrarmaturen	331
8.5.2	Sicherheitsarmaturen	332
8.5.3	Armaturen mit anderen Aufgaben	333
8.6	Fördereinrichtungen	334
8.6.1	Fördern von Flüssigkeiten	334
8.6.2	Zentrifugalpumpen	334

8.6.3	Verdrängerpumpen.....	336
8.6.4	Strahlpumpen	338
8.6.5	Fördern und Verdichten von Gasen, Erzeugung von Unterdruck.....	338
8.6.6	Fördern von Feststoffen	340
8.7	Zerkleinern von Feststoffen.....	341
8.7.1	Brecher.....	341
8.7.2	Mühlen.....	342
8.8	Behälter und Reaktoren	344
8.8.1	Rührbehälter.....	344
8.8.2	Reaktoren.....	345
8.9	Heiz- und Kühltechnik	347
8.9.1	Energieträger.....	347
8.9.2	Heizen und Kühlen von Rührbehältern	349
8.9.3	Wärmeaustauscher und Kondensatoren	350
8.10	Thermisches Trennen	352
8.10.1	Trocknen	352
8.10.2	Verdampfen	354
8.10.3	Kristallisieren.....	354
8.11	Mechanisches Trennen.....	355
8.11.1	Trennen von Feststoffgemischen	355
8.11.2	Trennen von Suspensionen	357
8.11.3	Trennen von Emulsionen	361
8.12	Prozessleittechnik.....	362
8.12.1	Aufbau eines Prozessleitsystems (PLS)	362
8.12.2	Messtechnik.....	364
8.12.3	Steuerungstechnik.....	374
8.12.4	Regelungstechnik.....	378
	Aufgaben zu Kapitel 8	381

9	Werkstofftechnik (Lernfeld 13)	383
----------	---	------------

9.1	Einteilung, Aufbau und Eigenschaften der Werkstoffe.....	383
9.1.1	Allgemeine Werkstoffeigenschaften	383
9.1.2	Polymerwerkstoffe.....	384
9.1.3	Gläser.....	385
9.1.4	Keramiken.....	385
9.1.5	Verformung der Metalle	386
9.1.6	Gitterdefekte und Gefüge.....	386
9.1.7	Legierungen	387
9.2	Zustandsschaubilder	387
9.2.1	<i>Gibbssche</i> Phasenregel	387
9.2.2	Binäre Systeme	388
9.2.3	Eisen-Kohlenstoff-Legierungen	391
9.2.4	Legierte Stähle	394
9.3	Werkstoffprüfung	395
9.3.1	Mechanische Werkstoffprüfung.....	396

9.3.2	Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung.....	400
9.3.3	Metallografie und Ätzverfahren.....	403
9.3.4	Chemisch-physikalische Analyseverfahren.....	406
9.4	Korrosion und Korrosionsschutz.....	407
9.4.1	Ursachen der Korrosion.....	407
9.4.2	Erscheinungsformen der Korrosion.....	407
9.4.3	Korrosionsschutz.....	408
9.4.4	Korrosionsbeständige Werkstoffe.....	409
9.5	Rheologische Bestimmungen in der Praxis.....	411
	Aufgaben zu Kapitel 9.....	412

10	Elektrochemie und Elektrotechnik (Lernfelder 15, 20).....	413
-----------	--	------------

10.1	Grundbegriffe.....	413
10.1.1	Elektrische Ladung Q	413
10.1.2	Elektrische Spannung U	415
10.1.3	Elektrischer Strom I	416
10.1.4	Elektrischer Widerstand R	420
10.2	Stromkreis.....	423
10.2.1	Schaltzeichen.....	423
10.2.2	Messung von Spannung U und Strom I	423
10.2.3	Reihenschaltung.....	425
10.2.4	Parallelschaltung.....	427
10.2.5	Brückenschaltung.....	429
10.2.6	Gleichrichtung.....	431
10.2.7	Bauelemente.....	432
10.3	Elektrochemische Vorgänge.....	437
10.3.1	<i>Daniell</i> -Element.....	439
10.3.2	Elektrodenvorgänge.....	441
10.3.3	Standardpotentiale und Elektrochemische Spannungsreihe.....	442
10.3.4	Bezugselektroden.....	446
10.3.5	<i>Nernst</i> -Gleichung.....	448
10.4	Galvanische Elemente.....	451
10.4.1	Primärelemente.....	452
10.4.2	Sekundärelemente.....	453
10.4.3	Brennstoffzellen.....	454
10.5	Elektrolyse.....	455
10.5.1	Prinzipieller Ablauf.....	455
10.5.2	Abscheidungspotentiale und Zersetzungsspannung.....	456
10.5.3	<i>Faraday</i> -Gesetze.....	458
10.6	Großtechnische Anwendungen.....	461
10.6.1	Chlor-Alkali-Elektrolyse.....	461
10.6.2	Kupfer-Raffination.....	463
10.6.3	Aluminium-Darstellung.....	464
10.7	Korrosion.....	464

10.8 Elektrochemische Analyseverfahren	466
10.8.1 Konduktometrie	466
10.8.2 Potentiometrie.....	467
10.8.3 Amperometrie	470
10.8.4 Voltammetrie.....	472
10.8.5 Polarografie	474
10.8.6 Coulometrie.....	474
10.8.7 Elektrogravimetrie	475
Aufgaben zu Kapitel 10	476

11 Biotechnologie (Lernfelder 14, 17 ,18)	477
--	------------

11.1 Biologische Grundlagen.....	479
11.1.1 Lebewesen und Eigenschaften lebender Systeme	480
11.1.2 Biologische Stoffklassen	483
11.1.3 Biologische Grundstrukturen und -funktionen.....	490
11.1.4 Zellen der Prokaryonten.....	491
11.1.5 Zellen der Eukaryonten	492
11.1.6 Biologische Membranen	495
11.1.7 Viren.....	496
11.1.8 Gene als Träger der Erbinformationen.....	497
11.1.9 Proteinbiosynthese	501
11.1.10 Stoffwechsel und Energieumwandlung.....	504
11.2 Mikrobiologie.....	508
11.2.1 Einordnung und Eigenschaften von Mikroorganismen.....	509
11.2.2 Bedeutung der Mikroorganismen für den Menschen.....	512
11.2.3 Wachstum und Vermehrung von Mikroorganismen	514
11.2.4 Wachstumsvoraussetzungen für Mikroorganismen	516
11.3 Mikrobiologische und biotechnische Methoden	520
11.3.1 Steriles Arbeiten und Sicherheitsvorkehrungen	520
11.3.2 Sterilisationstechniken	522
11.3.3 Kultivierung von Mikroorganismen	525
11.3.4 Keimzahlbestimmungen und Wachstumsmessungen	530
11.3.5 Mikroskopische Methoden.....	532
Aufgaben zu Kapitel 11	537

Anhang.....	539
--------------------	------------

A Liste ausgewählter Gefahrstoffe	539
B RI-Fließbildsymbole nach DIN EN ISO 10628-2:2013-5 und Kennbuchstaben nach DIN 28000-3:2009-12	542
Sachwortverzeichnis.....	544
Bildquellenverzeichnis.....	552
Das Periodensystem der Elemente	Umschlaginnenseiten