

## Inhaltsverzeichnis

### Teil 1: Allgemeine Grundlagen zur pharmazeutischen Technologie

<b>Kapitel 1: Biopharmazeutische Grundlagen</b>	<b>5</b>
1.1 LADME-Konzept	5
1.2 Grundzüge der Pharmakokinetik	6
1.2.1 Kompartimentmodelle	9
1.2.1.1 Das Ein-Kompartiment-Modell für die i.v.-Applikation	9
1.2.1.2 Das Ein-Kompartiment-Modell für die perorale Applikation	11
1.2.1.3 Das Zwei-Kompartiment-Modell	12
1.2.2 Der Dostsche Flächensatz	15
1.2.3 Wirkdauer und therapeutische Breite	13
1.2.4 Mehrfachapplikation und Kumulation	17
1.2.5 First-pass-Effekt	18
1.3 Orte zur Applikation von Arzneistoffen – Gesichtspunkte zu ihrer Auswahl	19
1.3.1 Mundhöhle	19
1.3.2 Gastrointestinaltrakt	20
1.3.2.1 Dünndarm	20
1.3.3.2 Rektum	21
1.3.3 Haut	21
1.3.4 Atemwege	22
1.3.5 Vagina	22
1.3.6 Parenterale Applikation	23
<b>Kapitel 2: Planung der Qualität einer Arzneiform</b>	<b>24</b>
2.1 Pharmazeutisch-technologische Aspekte bei der Wirkstoffauswahl	25
2.2 Qualität eines Arzneimittels – Pflichtenheft	26
2.2.1 Qualitätsmerkmale eines Arzneimittels	27
2.2.1.1 Allgemeine Qualitätsmerkmale	27
2.2.1.2 Spezifische Qualitätsmerkmale	27

<b>Kapitel 3: Versuchsplanung und Auswertung</b>	<b>30</b>
3.1 Allgemeine Vorgehensweise bei wissenschaftlichem Arbeiten	30
3.2 Versuchsplanung	33
3.2.1 Grundprinzipien der Versuchsplanung	34
3.2.2 Datenanalyse	35
3.3 Statistische Grundlagen	36
3.3.1 Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung	37
3.3.1.1 Relative Häufigkeit/Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses	37
3.3.1.2 Zufallsvariable/diskrete Zufallsvariable	38
3.3.1.3 Unabhängige Ereignisse/Wahrscheinlichkeit für deren gleichzeitiges Eintreten	41
3.3.1.4 Verteilungsfunktion einer diskreten Zufallsvariablen	41
3.3.1.5 Erwartungswert einer diskreten Zufallsvariablen	42
3.3.1.6 Eigenschaften des Erwartungswertes bei diskreten Zufallsvariablen	44
3.3.1.7 Varianz einer diskreten Zufallsvariablen	45
3.3.1.8 Eigenschaften der Varianz bei diskreten Zufallsvariablen	47
3.3.1.9 Standardisierte Zufallsvariable	48
3.3.1.10 Paare diskreter Zufallsvariabler/Randverteilungen	49
3.3.1.11 Gemeinsame Verteilung des Zufallsvektors (X, Y)	51
3.3.1.12 Verteilungsfunktion des Zufallsvektors (X, Y)	52
3.3.1.13 Summen und Produkte diskreter Zufallsvariabler	53
3.3.1.14 Stetige Zufallsvariable	55
3.3.1.15 Erwartungswert und Varianz einer stetigen Zufallsvariablen	57
3.3.1.16 Die Normalverteilung	58
3.3.1.17 Eigenschaften der standardisierten Normalverteilung	59
3.3.2 Angewandte mathematische Statistik	63
3.3.2.1 Stichprobenfunktion/Schätzfunktion	63
3.3.2.2 Varianz des Mittelwertes $\bar{X}$ einer Stichprobe	64
3.3.2.3 Schätzwert für die Varianz $\sigma^2$ der Grundgesamtheit	65
3.3.2.4 Vertrauensgrenzen und Testen von Hypothesen	66
3.3.2.4.1 Fall 1: Mittelwert und Standardabweichung der Grundgesamtheit sind bekannt	67
3.3.2.4.2 Fall 2: Die Streuung der Grundgesamtheit ist unbekannt	72
3.3.2.5 Test zweier Mittelwerte aus normalverteilten Grundgesamtheiten	74

3.3.3	Varianzanalyse	76
3.3.3.1	Modell mit festen Effekten (Modell 1); einfache Klassifikation	77
3.3.3.2	Parameterschätzung für Modell 1 aus Stichprobenwerten	79
3.3.3.3	Erwartungstreue Schätzfunktion für das Gesamtmittel	80
3.3.3.4	Tests zur Prüfung der Nullhypothese	83
3.3.3.5	Signifikanzprüfung von Unterschieden zwischen Gruppen- mitteln	85
3.3.4	Response-Surface-Technik zur Optimierung	88
3.3.4.1	Die Response-Surface	89
3.3.4.2	Approximation der Response-Surface	89
3.3.4.3	Die lineare Regression	90
3.3.4.4	Genauigkeit der Regression	95
3.3.4.5	Vertrauensbereich für die Steigung	97
3.3.4.6	Vertrauensbereich für den Ordinatenabschnitt	100
3.3.4.7	Vertrauensbereich für die Regressionsgerade	102
3.3.4.8	Mehrere Einflußgrößen/Verallgemeinerung der Methode	104
3.3.4.9	Größe der Standardabweichung in Abhängigkeit von den Wer- ten der Einflußgrößen	106
3.3.4.10	Verfahren zur Ermittlung geeigneter Modellfunktionen	106
3.3.4.11	Hinweise zur Konstruktion von Modellfunktionen	107
3.3.5	Fehlerrechnung	108
3.3.5.1	Fehlerarten	108
3.3.5.2	Charakterisierung von Meßwerten und ihren Fehlern	109
3.3.5.3	Fehlerfortpflanzung	111
3.3.5.3.1	Fortpflanzung des Fehlers einer Einzelmessung	111
3.3.5.3.2	Fortpflanzung des mittleren Fehlers	112
<b>Kapitel 3</b>	<b>Thermodynamische Grundlagen</b>	<b>118</b>
4.1	Extensive und intensive Eigenschaften	118
4.2	Grundbegriffe der Thermodynamik	120
4.2.1	Temperatur, nullter Hauptsatz der Thermodynamik	120
4.2.2	Temperaturmessung, absoluter Nullpunkt	120
4.2.3	Wärme, Wärmekapazität	122
4.2.4	Wärmeeinheit	123
4.3	Ideale und reale Gase	124

4.3.1	Das ideale Gasgesetz	125
4.3.2	Charakteristika idealer Gase	126
4.3.3	Korrektur für reale Gase	127
4.3.3.1	Bedeutung des Kovolumens	128
4.3.4	Molekulare Deutung von Druck und Temperatur	129
4.4	Der erste Hauptsatz der Thermodynamik	132
4.4.1	Innere Energie und Wärme	132
4.4.2	Wärmeaustausch bei konstantem Druck, Enthalpie	135
4.4.3	Klassifizierung von Systemen	137
4.4.4	Formulierung des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik	137
4.5	Innere Energie und Enthalpie als Zustandsgrößen	138
4.6	Differentiation von Funktionen mehrerer Variabler	140
4.6.1	Eigenschaften von Zustandsfunktionen	141
4.6.2	Integration von Funktionen mehrerer Variabler	143
4.6.3	Bedeutung und Anwendung von innerer Energie und Enthalpie	146
4.6.3.1	Bedeutung der partiellen Ableitungen von U und H	146
4.6.3.2	Reaktionswärme bei konstantem Volumen	149
4.6.3.3	Reaktionswärme bei konstantem Druck	150
4.6.3.4	Bildungsenthalpie	151
4.6.3.5	Der Hess'sche Satz	152
4.6.4	Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik	154
4.6.4.1	Die Triebkraft einer chemischen Reaktion und ihre Messung	154
4.6.4.2	Spontane Prozesse und reversible Ersatzprozesse	158
4.6.4.3	Formulierung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik	159
4.6.5	Die Helmholtz-Energie (freie Energie)	160
4.6.6	Die Gibbs-Energie (freie Enthalpie)	162
4.6.7	Triebkräfte bei Phasenübergängen	164
4.6.7.1	Triebkraft der Verdampfung einer Flüssigkeit	164
4.6.7.2	Triebkraft eines beliebigen Phasenüberganges	166
4.6.7.3	Verallgemeinerungen	166
4.6.7.3.1	Verdampfung einer Flüssigkeit bei beliebigen Drücken	166
4.6.7.3.2	Phase I ist eine kondensierte Phase	167
4.6.7.3.3	Phasenübergang zwischen zwei kondensierten Phasen	167
4.6.8	Das chemische Potential eines Stoffes	168

4.7	Das Massenwirkungsgesetz	170
4.7.1	Abhängigkeit des Lösungsmitteldampfdruckes von der Zusammensetzung der Lösung	173
4.7.2	Osmose	176
4.7.2.1	Berechnung des osmotischen Druckes	177
4.7.3	Das chemische Potential eines gelösten Stoffes	179
4.7.4	Das Massenwirkungsgesetz für heterogene Systeme	181
4.8	Entropie	182
4.8.1	Molekulare Ursachen der Triebkraft	182
4.8.1.1	Verdampfung und Kondensation	183
4.8.1.2	Die „reversible“ Wärme	184
4.8.1.3	Temperaturabhängigkeit der „reversiblen“ Wärme	184
4.8.2	Entropie als Zustandsfunktion	185
4.8.3	Experimentelle Bestimmung der Entropie	186
4.8.4	Entropieänderung bei einer Phasenumwandlung	187
4.8.5	Entropie und der zweite Hauptsatz der Thermodynamik	187
4.8.6	Zusammenfassung der Entropieberechnung	190
4.8.7	Entropie und der dritte Hauptsatz der Thermodynamik	191
4.8.7.1	Expansion eines idealen Gases	191
4.8.8	Festlegung des Entropienullpunktes	193
4.8.8.1	Bestimmung der molaren Standardentropie	194
4.9	Die Gibbs-Fundamentalgleichungen	195
4.10	Phasengleichgewicht gasförmig/flüssig	196
<b>Kapitel 5:</b>	<b>Dimensionsanalyse und Maßstabsvergrößerung</b>	<b>199</b>
5.1	Einheitensysteme – Basiseinheiten	199
5.1.1	Abgeleitete Einheiten, kohärentes Einheitensystem	199
5.1.2	Übergang auf andere Maßsysteme	200
5.1.3	Dimensionslose Darstellung von Gleichungen	200
5.2	Barometrische Höhenformel	202
5.3	Druckabfall in einem senkrecht stehenden, gleichmäßig durchströmten Rohr	204
5.4	Dimensionsanalyse	207
5.5	Formale Durchführung der Dimensionsanalyse	208
5.5.1	Durchführung anhand eines bekannten Sachverhaltes	208

5.5.2	Verallgemeinete Durchführung	209
5.5.3	Aussage des $\pi$ -Theorems	212
5.6	Anwendung der Dimensionsanalyse auf das Beispiel „Druckabfall im senkrecht stehenden Rohr“	213
5.7	Diskussion der Dimensionsanalyse	217
5.7.1	Gründe für die Herleitung dimensionsloser Gruppen	218
5.8	Maßstabsvergrößerung – Scale up	219
5.8.1	Ähnlichkeit und Modelltheorie	220
5.8.1.1	Ähnlichkeiten und Ähnlichkeitskriterien	220
5.8.2	Modelle und Kriterien für die Ähnlichkeit zweier Systeme	221
5.8.3	Anwendungsbeispiele	222
5.8.3.1	Pulvermischer	222
5.8.3.2	Ermittlung der Umdrehungszahl eines Rührers	224

## **Teil 2: Feste Arzneiformen - Allgemeine Qualitätsmerkmale, Grundoperationen**

### **Kapitel 6: Allgemeine Qualitätsmerkmale fester Arzneiformen**

6.1	Gängige Arten fester Arzneiformen	229
6.1.1	Pulver	229
6.1.1.1	Pulver zur Inhalation	230
6.1.1.2	Pulver zur Herstellung von Parenteralia	231
6.1.1.3	Pulver zur lokalen Anwendung (Puder)	231
6.1.2	Granulate	232
6.1.2.1	Granulate als eigenständige Arzneiform	233
6.1.2.2	Brausegranulate	233
6.1.3	Tabletten	233
6.1.3.1	Einfache, nicht weiterbehandelte Tabletten	235
6.1.3.2	Filmtabletten	235
6.1.3.3	Mehrschichttabletten	235
6.1.3.4	Mantletabletten	236
6.1.3.5	Lutsch-, Kau- und Sublingual- bzw. Bukkaltabletten	236
6.1.3.6	Vaginaltabletten	236
6.1.3.7	Brausetabletten	236

6.1.4	Hart- und Weichgelatine kapseln	237
6.1.4.1	Hartgelatine kapseln	237
6.1.4.1.1	Herstellung von Hartgelatine kapseln	237
6.1.4.2	Weichgelatine kapseln	240
6.1.5	Grundoperationen zur Herstellung fester Arzneiformen	242
6.2	Allgemeine Qualitätsmerkmale fester Arzneiformen – Anforderungen der Arzneibücher	242
6.2.1	Generelle Anmerkungen zur Prüfung von Arzneiformen	243
6.2.1.1	Prüfungen an festen Arzneiformen	244

## **Kapitel 7: Teilchengrößenanalyse**

7.1	Charakterisierung von Einzelpartikeln	245
7.1.1	Länge	245
7.1.1.1	Siebanalyse	246
7.1.1.2	Direkt abbildende optische Meßverfahren	246
7.1.2	Äquivalentdurchmesser	249
7.1.2.1	Geometrische Äquivalentdurchmesser	249
7.1.2.2	Physikalische Äquivalentdurchmesser	251
7.1.3	Spezifische Oberflächen	253
7.1.4	Formfaktoren	253
7.1.4.1	Häufig gebrauchte Formfaktoren	254
7.1.4.2	Sauter-Durchmesser	255
7.1.4.3	Sphärizitätsdiagramme	256
7.2	Charakterisierung von Schüttgütern	257
7.2.1	Packungsstruktur, Porosität und Schüttdichte	258
7.2.1.1	Flächenporosität	259
7.2.1.2	Schüttdichte	260
7.2.2	Ermittlung von Partikelgrößenverteilungen	261
7.2.2.1	Siebanalyse	262
7.2.2.1.1	Auswertung einer Siebanalyse	263
7.2.2.1.2	Faktoren, die das Ergebnis einer Siebanalyse beeinflussen	266
7.2.2.2	Siebdauer	268
7.2.2.3	Gewinnung weiterer Informationen aus der Siebanalyse	269
7.2.2.4	Abschätzung der Teilchenanzahl auf einem Siebboden	271
7.2.3	Beschreibung von Teilchengrößenverteilungen	272

7.2.3.1	Allgemeine Maßzahlen	273
7.2.3.1.1	Angaben laut Arzneibuch	273
7.2.3.1.2	Statistische Maßzahlen	273
7.2.3.2	Parameter mathematischer Funktionen	275
7.2.4	Das Meßprinzip des Coulter-Counter	278
7.2.5	Mischen von Partikeln, die durch unterschiedliche Verteilungen beschrieben werden	279
7.2.6	Umrechnen auf ein anderes Feinheitsmerkmal innerhalb der gleichen Mengenart	281
7.2.6.1	Umrechnung einer Teilchengröße auf eine andere Mengenart	282
7.2.6.2	Verallgemeinerung der Umrechnung einer Teilchengrößenverteilung auf eine andere Mengenart	285
7.2.7	Oberflächenbestimmung bei feinkörnigen Schüttgütern	289
7.2.7.1	Gasadsorptionsverfahren	290
7.2.7.1.1	Die Adsorptionsisotherme	291
7.2.7.1.2	Die BET-Methode	291
7.2.7.1.3	Die BET-Einpunkt-Methode	297
7.2.7.2	Gaspermeation: Blaine-Methode	299

## **Kapitel 8: Charakteristische Eigenschaften von Schüttgütern**

8.1	Kräfte und Spannungen	301
8.2	Sonderstellung der Schüttgüter	306
8.2.1	Die Janssen-Gleichung	307
8.2.2	Fließfähigkeit von Schüttgütern	311
8.2.3	Mohrsche Spannungskreise	317
8.2.3.1	Auswertung von Fließorten mit Hilfe der Mohrschen Spannungskreise	320
8.3	Haftkräfte in (trockenen) Schüttgütern	321
8.4	Festigkeit bei Kornverteilungen	324

## **Kapitel 9: Zerkleinern**

9.1	Bruchmechanik/Materialeigenschaften	329
9.1.1	Bruchverhalten	333
9.1.1.1	Rißausbreitung	335
9.1.1.2	Bruchverläufe bei verschiedenen Materialien in Abhängigkeit von der Beanspruchungsart	337

9.1.1.3	Beanspruchungsarten im Hinblick auf die Zahl der gleichzeitig beanspruchten Partikel	339
9.1.2	Zerkleinerungstechnische Kennwerte	341
9.1.3	Pharmazeutisch übliche Mühlen	343
9.1.3.1	Mühlen für die Beanspruchungsart I (Beanspruchung zwischen zwei Werkzeugflächen)	344
9.1.3.2	Mühlen für die Beanspruchungsart II (Prallmühlen)	348

## **Kapitel 10: Trennverfahren**

10.1	Reale Trennung	356
10.1.1	Fehlausträge, Normalaustrag	358
10.1.2	Trennschärfe	359
10.1.3	Praktische Ermittlung von Trennfunktionen	360
10.2	Klassiergeräte	362
10.2.1	Siebtürme	362
10.2.1.1	Trenngradkurve bei Reihenschaltung von Klassierern	363
10.2.2	Luftstrahlsiebe	365
10.2.3	Windsichter	366

## **Kapitel 11: Mischen**

11.1	Elementarvorgänge beim Mischen; Grundbegriffe	367
11.2	Statistische Beschreibung von Mischungen	368
11.2.1	Zusammenhang zwischen Teilchenhäufigkeit und Wahrscheinlichkeiten in einer idealen Mischung	369
11.2.2	Wahrscheinlichkeiten bei kleinen Stichproben	369
11.2.3	Wahrscheinlichkeiten bei sehr großem Stichprobenumfang	375
11.3	Wahrscheinlichkeiten bei realen Mischungen	376
11.3.1	Die Partikel der Mischungskomponenten haben gleiches Volumen	378
11.3.2	Die Partikel der Mischungskomponenten haben verschiedene Volumina	379
11.4	Bestimmung und Beurteilung der Mischgüte	381
11.4.1	Mischgüte	381
11.4.2	Vertrauensbereich für die theoretische Mischgüte	383
11.4.3	Mindestprobenzahl zur Ermittlung der Mischgüte	384
11.4.4	Erforderliche Stichprobengröße	385

11.4.5	Zeitlicher Verlauf der Mischgüte; Bestimmung der Mischzeit	386
11.4.5.1	Kritische Anmerkung zur Mischzeit	387
11.5	Pharmazeutisch gebräuchliche Mischer	388

## **Kapitel 12: Verfahrenstechnische Grundlagen des Granulierens**

12.1	Eigenschaften von Granulaten	390
12.1.1	Porosität	390
12.1.2	Festigkeit	392
12.2	Interpartikuläre Kräfte	392
12.2.1	Im trockenen Zustand wirksame Kräfte – Feststoffbrücken	392
12.2.1.1	Sinterung	393
12.2.1.2	Schmelzhaftung	393
12.2.1.3	Erhärtende Bindemittel	394
12.2.1.4	Kristallisation gelöster Stoffe	394
12.2.2	Im feuchten Zustand wirksame Kräfte – Flüssigkeitsbindung	395
12.2.2.1	Oberflächenspannung von Flüssigkeiten	395
12.2.2.1.1	Benetzung/Kapillardruck	399
12.2.2.2	Anwendung auf Pulverbetten	402
12.2.2.3	Flüssigkeitsbindungen in Granulaten	405
12.2.2.3.1	Bereiche unterschiedlicher Flüssigkeitsbindungen in Schüttgütern	405
12.2.2.3.2	Flüssigkeitsbrücken/Brückenbereich	406
12.2.2.3.3	Kapillardruckbereich	407
12.2.2.4	Energieverbrauch beim Granulieren als Maß für die auftretenden Bindungskräfte	408
12.2.2.5	Zusammenfassender Überblick über die interpartikulären Kräfte	409
12.3	Geräte zur aufbauenden Granulation	409
12.3.1	Funktionsprinzip des Granuliertellers	410
12.3.2	Funktionsprinzip einer Granuliertrommel	412
12.3.3	Funktionsprinzip eines Wirbelschichtgranulierverfahrens	413

## **Kapitel 14: Trocknen** **415**

13.1	Grundbegriffe	418
13.1.1	Phasendiagramm eines Luft/Wasser-Gemisches	420

13.1.2	Bestimmung des Wassergehaltes von Luft	422
13.1.2.1	Bestimmung der relativen Feuchte mit Hilfe eines Psychrometers	423
13.1.3	Energetik des Trocknungsvorganges	423
13.1.4	Aufbau und Anwendung des Mollier-Diagramms	425
13.1.5	Wärme- und Stoffübergänge bei Konvektionstrocknung	429
13.2	Verlauf der Trocknung	431
13.2.1	Der erste Trocknungsabschnitt	431
13.2.2	Der zweite Trocknungsabschnitt	432
13.2.3	Der dritte Trocknungsabschnitt	433
13.3	Trocknungsarten	433
13.3.1	Strahlungstrocknung	433
13.3.2	Dielektrische Trocknung (Mikrowellen)	434
13.3.3	Zerstäubungstrocknung (Sprühtrocknung)	434
13.3.4	Wirbelschichttrockner	435
13.3.4.1	Bedingungen für die Bildung einer Wirbelschicht	435
13.3.4.2	Energie- und Stoffbilanz bei der Wirbelschichttrocknung	438
13.3.5	Gefriertrockner	439
13.3.5.1	Wärme- und Stoffübergänge bei der Gefriertrocknung	441
13.3.5.2	Trocknungszeit beim Gefriertrocknen	443
<b>Kapitel 14:</b>	<b>Tablettieren</b>	<b>445</b>
14.1	Preßmassen	445
14.2	Tablettenpressen	446
14.2.1	Exzenterpressen	446
14.2.2	Rundläuferpressen	447
14.3	Preßkraft/Wegdiagramme	448
14.4	Theorie der Pulverkompression	450
14.4.1	Kompressionsverhalten/Kompressibilität von Preßmassen	450
14.4.2	Komprimierbarkeit – Ansatz nach Leuenberger	452
14.4.2.1	Komprimierbarkeit reiner Stoffe	452
14.4.2.2	Komprimierbarkeit bei binären Mischungen	456
14.4.3	Hinweise zur Auswahl von Hilfsstoffen	456

### Teil 3: Flüssige Arzneiformen – Allgemeine Qualitätsmerkmale, Grundoperationen

<b>Kapitel 15: Flüssige Arzneiformen</b>	<b>460</b>
15.1 Allgemeine Qualitätsanforderungen an flüssige Arzneiformen	460
15.2 Grundoperationen bei der Herstellung flüssiger Arzneiformen	460
15.3 Eigenschaften von Flüssigkeiten	460
15.3.1 Einwirken von Zugspannungen/Oberflächenspannung	461
15.3.2 Einwirkung von Schubspannungen/Zähigkeit bzw. Viskosität	462
15.3.3 Grenzschichtdicke	464
15.3.4 Strömungsprofile, laminar und turbulent	465
15.3.4.1 Laminare Strömung zwischen zwei Platten	465
15.3.4.2 Laminare Strömung durch Rohre	467
15.3.4.3 Die Hagen-Poiseuille-Gleichung	468
15.3.4.4 Übergang von laminarer zu turbulenter Strömung	468
<b>Kapitel 16: Filtrieren</b>	<b>470</b>
16.1 Filtrationsarten	470
16.1.1 Kuchenbildende Filtration	471
16.1.2 Tiefenfiltration	471
16.2 Vorgehensweisen beim Filtrieren	472
16.2.1 Filtration im Schwerefeld bei abnehmendem Flüssigkeitsüberstand	473
16.2.2 Filtration bei konstantem Volumenstrom	475
16.2.2.1 Lösung der Filtergleichung	479
16.2.3 Empirische Bestimmung der Filtrationskonstanten bei $\Delta p = \text{const.}$	481
<b>Kapitel 17: Rühren</b>	<b>484</b>
17.1 Rührertypen	485
17.2 Rührerformen und -einsatzbereiche	486
17.3 Leistungsbedarf von Rührern	488
17.4 Bestimmung der Rührerdrehzahl bzw. der Mischzeit	494
17.5 Rührerauswahl	498

<b>Kapitel 18: Kinetik und Sterilisationsverfahren</b>	<b>500</b>
18.1 Grundgleichungen der Kinetik	500
18.1.1 Bestimmung der Geschwindigkeitskonstanten	505
18.1.2 Temperaturabhängigkeit der Geschwindigkeitskonstanten	506
18.2 Anwendung der Grundgleichungen der Kinetik auf Sterilisationsverfahren	507
18.2.1 Dezimalreduktionszeit	508
18.2.2 z-Wert	509
18.2.3 Vergleich der Sterilisation in gespanntem Wasserdampf vs. trockener Hitzsterilisation	512
18.2.4 Strahlensterilisation	515
<b>Teil 4: Disperse Arzneiformen</b>	<b>517</b>
<b>Kapitel 19: Pharmazeutisch übliche disperse Arzneiformen</b>	<b>520</b>
19.1 Halbfeste Arzneiformen	520
19.2 Suspensionen	521
<b>Kapitel 20: Eigenschaften der Komponenten disperser Systeme</b>	<b>522</b>
20.1 Eigenschaften der flüssigen Komponenten	522
20.1.1 Oberflächenspannung	522
20.1.2 Grenzflächenspannung	524
20.1.3 Spreitung	526
20.2 Tenside	528
20.2.1 Grenzflächenspannung an Mischphasen; Adsorption	528
20.2.1.1 Bestimmung der maximalen Belegungsdichte der Grenzfläche	533
20.3 Diskussion von Emulgatoreigenschaften	536
20.3.1 Traube-Regel	536
20.3.2 Bancroft-Regel	537
20.3.3 Das HLB-System	538
20.3.4 Die Phaseninversionstemperaturmethode	543
20.3.5 Diskussion von Emulgatoreigenschaften auf thermodynamischer Grundlage	545
20.3.6 Leistungsfähigkeit verschiedener Emulgatoren	551
20.4 Assoziate von Tensidmolekülen	552
20.4.1 Dreieckskoordinaten	557

<b>Kapitel 21: Stabilisierung disperser Systeme</b>	<b>561</b>
21.1 Stabilität disperser Systeme bei verschiedenen Potentialverläufen	561
21.2 Die anziehenden Wechselwirkungen	562
21.2.1 Wechselwirkungen zwischen einem Paar isolierter Moleküle	562
21.2.2 Die Van-der-Waals-Anziehung	565
21.3 Interpartikuläre Wechselwirkung	568
21.3.1 Wechselwirkung zwischen makroskopischen Körpern	570
21.3.2 Einfluß der kontinuierlichen Phase auf die Van-der-Waals-Anziehung zwischen dispersen Teilchen	575
21.4 Abstoßende Wechselwirkungen	579
21.4.1 Die elektrische Doppelschicht	579
21.4.2 Das Coulomb-Gesetz, das elektrische Feld und sein Potential	581
21.4.3 Materie im elektrischen Feld	587
21.4.4 Die diffuse Doppelschicht	593
21.4.4.1 Die Debye-Hückel-Näherung	593
21.4.4.1.1 Eigenschaften der Debye-Länge	596
21.4.4.2 Die Gouy-Chapman-Näherung	599
21.4.5 Interpartikuläre Abstoßung durch überlappende Doppelschichten	602
21.5 Gesamtpotential bei dispersen Systemen; DLVO-Theorie	606
21.6 Sterische Stabilisierung	608
21.6.1 Sterische Stabilisierung durch adsorbierte Moleküle	608
21.6.2 Sterische Stabilisierung durch nichtadsorbierte Moleküle	609
 <b>Kapitel 22: Kinetik der Agglomeration bzw. Koagulation</b>	 <b>611</b>
22.1 Kinetik der raschen Agglomeration	611
22.2 Kinetik der langsamen Agglomeration infolge von Potentialbarrieren	614
 <b>Kapitel 23: Emulgierung</b>	 <b>619</b>
23.1 Emulgier- und Homogenisiermaschinen	620
23.2 Tropfenzerkleinerung	622
23.2.1 Tropfendeformation und -zerkleinerung in laminarer Strömung	624