



Auf einen Blick

Über den Autor	7
Einführung	19
Teil I: Kräfte und Substanzen	27
Kapitel 1: Gase unter Druck: Die Gasgesetze	29
Kapitel 2: Zerreißprobe für Feststoffe – Verformung	39
Kapitel 3: Die Sache kommt in Fluss – Viskosität	45
Kapitel 4: Übungen	65
Teil II: Reinstoffe und Mischungen	73
Kapitel 5: Zustandsdiagramme (Phasendiagramme)	75
Kapitel 6: Lösungen und Mischungen	87
Kapitel 7: Oberflächlich betrachtet: Grenzflächenphänomene	113
Kapitel 8: Übungen	133
Teil III: Reaktionskinetik	139
Kapitel 9: Lassen Sie es krachen: Die chemische Reaktion	141
Kapitel 10: Wer mit wem – die Reaktionsordnung	147
Kapitel 11: Mit Spannung erwartet – Die Elektrochemie	165
Kapitel 12: Übungen	177
Teil IV: Thermodynamik	183
Kapitel 13: Zustands- und Prozessgrößen – die Bausteine der Thermodynamik	185
Kapitel 14: Robert von Mayer und der erste Hauptsatz der Thermodynamik – Ein Arzt und die Energieerhaltung	195
Kapitel 15: Alles in Unordnung – Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik	201
Kapitel 16: Zustände und Zustandsänderungen	223
Kapitel 17: Links oder rechts – die Kreisprozesse	235
Kapitel 18: Gas-Dampf-Gemische – Alles feuchte Luft?	251
Kapitel 19: Jetzt wird es brenzlich – Verbrennung	263
Kapitel 20: Übungen	275
Teil V: Wechselwirkungen	279
Kapitel 21: Spektroskopie	281
Kapitel 22: Molecular Modeling	299
Teil VI: Der Top-Ten-Teil	311
Kapitel 23: Zehn (Groß-)Väter der Physikalischen Chemie	313
Kapitel 24: Zehn Tipps für Studierende	321





10 Auf einen Blick

Teil VII: Anhänge	331
Anhang A: Lösungen der Übungsaufgaben aus Kapitel 4	333
Anhang B: Lösungen der Übungsaufgaben aus Kapitel 8	337
Anhang C: Lösungen der Übungsaufgaben aus Kapitel 12	345
Anhang D: Lösungen der Übungsaufgaben aus Kapitel 20	351
Abbildungsverzeichnis	355
Stichwortverzeichnis	359





Inhaltsverzeichnis

Über den Autor	7
Einführung	19
Über dieses Buch	20
Konventionen in diesem Buch	20
Törichte Annahmen über den Leser	21
Wie dieses Buch aufgebaut ist	21
Teil I: Kräfte und Substanzen	22
Teil II: Reinstoffe und Mischungen	22
Teil III: Reaktionskinetik	22
Teil IV: Thermodynamik	23
Teil V: Wechselwirkungen	23
Teil VI: Der Top-Ten-Teil	23
Teil VII Anhänge	24
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden	24
Wie es weitergeht	24
TEIL I	
KRÄFTE UND SUBSTANZEN	27
Kapitel 1	
Gase unter Druck: Die Gasgesetze	29
Physik plus Chemie gleich Physikalische Chemie?	29
Das ideale Gas	30
Druck	30
Temperatur	31
Das Boyle-Mariotte'sche Gesetz	31
Das Gay-Lussac'sche Gesetz	33
Die allgemeine Gasgleichung	35
Das reale Gas	36
Kapitel 2	
Zerreißprobe für Feststoffe – Verformung	39
Dehnung und Stauchung	39
Das Hooke'sche Gesetz	41
Elastisch, plastisch, bis es zerreißt	43
Kapitel 3	
Die Sache kommt in Fluss – Viskosität	45
Zähe Sache, die idealviskosen Flüssigkeiten	45
Moleküle im laminaren Gleichschritt	46
Das Newton'sche Gesetz	47





12 Inhaltsverzeichnis

Nicht alles ist ideal: strukturviskos bis thixotrop.....	50
Pseudoplastisch und dilatant durch dick und dünn	50
Plastische Strukturverluste mit Thixotropie.....	54
Messmethoden und praktische Anwendungen	56
Das Stokes'sche Gesetz.....	56
Das Kugelfallviskosimeter nach Höppler.....	59
Das Hagen-Poiseuille'sche Gesetz.....	60
Das Kapillarviskosimeter nach Ostwald.....	61
Das Rotationsviskosimeter.....	63

Kapitel 4

Übungen	65
Berechnung des Sprühdruks einer Sprayflasche.....	65
Bestimmung der Molmasse eines löslichen Polymers	66
Vorsicht! Logarithmus! Bestimmung des Fließverhaltens einer strukturviskosen Flüssigkeit.....	69

TEIL II

REINSTOFFE UND MISCHUNGEN	73
--	-----------

Kapitel 5

Zustandsdiagramme (Phasendiagramme)	75
Die Zustände fest, flüssig und gasförmig.....	75
Zustandsdiagramme.....	76
Verwirrende Zustände – Tripelpunkt und überkritisches Gas	77
Anomalie des Wassers	79
Gibbs'sche Phasenregel.....	80
Modifikation und Allotropie	81
Eiskalt weggedampft und lyophil nach der Gefriertrocknung.....	83
Ohne Energie läuft nichts!.....	85

Kapitel 6

Lösungen und Mischungen	87
Das ist die ideale Lösung.....	88
Dampfdruck einer reinen Flüssigkeit	88
Dampfdruckdiagramm einer idealen Mischung.....	90
Einfaches Rechnen mit Molen	91
Kolligative Eigenschaften.....	92
Dampfdruck.....	93
Siedepunkt.....	93
Gefrierpunkt	94
Osmotischer Druck.....	97
Nichts wie weg! Diffusion, Auflösung und Verteilung.....	102
Die Fick'schen Diffusionsgesetze.....	103
Die Noyes-Whitney-Gleichung.....	103
Der Nernst'sche Verteilungskoeffizient.....	104
Zwei Stoffe schmelzen dahin bis zum eutektischen Tiefpunkt	105
Darf es etwas mehr sein? – Dreikomponentendiagramme	109



Inhaltsverzeichnis 13

Kapitel 7	
Oberflächlich betrachtet: Grenzflächenphänomene.....	113
Moleküle im Spannungsfeld an der Grenze.....	113
Die »schwimmende« Büroklammer	113
Die Oberflächenspannung als Kraft pro Länge	114
Die Oberflächenspannung als Energie pro Fläche.....	114
Ringmethode, Tropfmethode und Blasendruckmethode.....	116
Ringmethode	116
Tropfmethode	117
Blasendruckmethode.....	118
Tenside: Und die Spannung ist weg.....	119
Hydrophilie und Lipophilie.....	119
Gespartene Persönlichkeit: das Tensidmolekül	119
Gemeinsam sind wir stark: die Mizelle	121
Tenside als Emulgatoren	122
Tenside als Reinigungsmittel	123
Saugen ohne Unterdruck: Die Kapillarität.....	123
Flach bis kugelrund: Der Benetzungswinkel.....	123
Es wird eng: Depression und Aszension in Kapillaren.....	125
Es geht aufwärts: Die Steighöhenmethode	126
Adsorptionsisotherme: Die freundliche Art zu klammern.....	127
Hin und weg bis zum Adsorptionsgleichgewicht.....	128
Die Adsorptionsisotherme nach Freundlich	128
Bei Langmuir wird der Platz knapp	130
Es geht doch was nach BET.....	131
Kapitel 8	
Übungen	133
Isotonisierung einer Arzneistofflösung	133
Noch mal Vorsicht! Logarithmische Auswertung eines Adsorptionsversuchs	134
Experimentelle Erstellung eines Dreiecksdiagramms.....	136
Nicht so einfach, wie es scheint! Ausschütteln mit Ether	138
TEIL III	
REAKTIONSKINETIK.....	139
Kapitel 9	
Lassen Sie es krachen: Die chemische Reaktion.....	141
Wer mit wem und wohin: Edukte und Produkte.....	141
Die zwei Akteure prallen aufeinander	142
Trefferquote.....	143
Zurück mit Zins: Aktivierungsenergie und Energiebilanz.....	143
In der Kürze liegt die Würze.....	145



14 Inhaltsverzeichnis

Kapitel 10

Wer mit wem – die Reaktionsordnung	147
Einer für alle.....	148
Reaktionen erster und pseudoerster Ordnung.....	148
Von der Reaktionsgleichung zur Halbwertszeit.....	150
Strahlend: Der radioaktive Zerfall.....	151
Zersetzende Flüssigkeit: Die Hydrolyse.....	153
Der Logarithmus hilft beim Geradebiegen.....	154
Reaktionen nullter Ordnung.....	156
Ab durch das Nadelöhr.....	156
Reaktionen zweiter Ordnung.....	158
Etwas durcheinander: Die Michaelis-Menten-Kinetik.....	160
Es geht auch noch schneller: Die Arrhenius-Gleichung.....	163

Kapitel 11

Mit Spannung erwartet – Die Elektrochemie	165
Der Handel mit Elektronen.....	165
Das Recht des Stärkeren.....	166
Batterien, Akkus und Brennstoffzellen.....	170
Wer es genau wissen will – die Nernst-Gleichung.....	171
Es geht auch umgekehrt – die Galvanisierung.....	172

Kapitel 12

Übungen	177
Hydrolyse eines Esters in wässriger Lösung.....	178
Stresstest und Arrhenius-Plot.....	180

TEIL IV

THERMODYNAMIK	183
----------------------------	------------

Kapitel 13

Zustands- und Prozessgrößen – die Bausteine der Thermodynamik	185
Der Ort des Geschehens – das thermodynamische System.....	185
Zustand oder Prozess?.....	188
Zustands- und Prozessgrößen.....	188
Zustandsgleichungen.....	190
Thermodynamische Prozesse.....	191
Ein klein wenig Mathematik.....	192
Es kommt auf Änderungen an: Differenzen und Differenziale.....	192
Sie beschreiben Änderungen: Ableitungen.....	192



Inhaltsverzeichnis 15

Kapitel 14	
Robert von Mayer und der erste Hauptsatz der Thermodynamik – Ein Arzt und die Energieerhaltung.....	195
Der erste Hauptsatz der Thermodynamik.....	196
Energetische Zustandsgrößen: Die innere Energie U und die Enthalpie H.....	197
Der Energieinhalt eines Systems.....	197
Der Wärmeinhalt eines Systems.....	198
Wärmekapazität.....	198
Kapitel 15	
Alles in Unordnung – Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik.....	201
Der zweite Hauptsatz und seine Bedeutung.....	201
Jedes System besitzt Entropie.....	202
Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik.....	204
Grafische Darstellung von Bilanzen.....	206
Etwas Mathematik ist erforderlich: Entropieänderungen.....	207
Entropieänderung bei Zustandsänderungen ohne Phasenänderung.....	208
Entropieänderung bei Zustandsänderungen mit Phasenumwandlung.....	211
Entropie am Beispiel eines Druckbehälters.....	212
Prozesse verständlicher machen: Das T-s-Diagramm.....	215
Energieumwandlungen.....	216
Über die Qualität von Energieformen.....	216
Der Idealfall: Der Carnot-Prozess.....	218
Kapitel 16	
Zustände und Zustandsänderungen.....	223
Grundlagen.....	223
Zustandsänderungen idealer Gase.....	224
Isochore Zustandsänderung.....	225
Isobare Zustandsänderung.....	225
Isotherme Zustandsänderung.....	226
Adiabate Zustandsänderung.....	227
Isentrope Zustandsänderung.....	228
Polytrope Zustandsänderung.....	229
Zustandsgrößen und Zustandsänderungen grafisch darstellen.....	230
Das T-s-Diagramm von Wasser als Beispiel.....	230
Kapitel 17	
Links oder rechts – die Kreisprozesse.....	235
Wärme teilweise in Arbeit umwandeln: Rechtskreisprozesse.....	236
Grundprinzip.....	236
Der Clausius-Rankine-Prozess.....	238
Der Joule-Prozess.....	240
Der Otto-Prozess.....	244
Der Diesel-Prozess.....	246



16 Inhaltsverzeichnis

Der Linkskreisprozess oder: Wie funktioniert der Kühlschrank?	247
Allgemeine Bemerkungen zu Linkskreisprozessen	247
Der Wrmepumpenprozess	249

Kapitel 18

Gas-Dampf-Gemische – Alles feuchte Luft? **251**

Absolute und relative Feuchte	251
Relativ oder absolut: Maße für die Luftfeuchtigkeit	251
Umrechnungen	253
Wichtige Hilfsmittel: Mollier-Diagramme	254
Aufbau eines Mollier-T-y-Diagramms	254
Arbeiten mit dem Diagramm: Zustandsänderungen feuchter Luft	257
Erwärmung	257
Abkühlung	257
Mischung	258
Beispiel: Mischung zweier Luftströme	258
Befeuchtung und Trocknung	258

Kapitel 19

Jetzt wird es brenzlig – Verbrennung **263**

Ablauf der Verbrennung	263
Ihre Reihe ist ziemlich lang: Brennstoffe	263
Voraussetzungen für eine Verbrennung	266
Arten der Verbrennung	266
Stöchiometrische Verbrennungsrechnung	266
Berechnung des Luftbedarfs für Brennstoffe	267
Berechnung der Rauchgasmenge	270
Verbrennungsrechnung mit Brennstoffkenngren	272
Verbrennungstemperatur und Taupunkt des Rauchgases	273

Kapitel 20

Übungen **275**

Zustände können sich ändern	275
Sie können nicht funktionieren: Perpetua mobilia	276
Besser geht es nicht: Der Carnot-Prozess	277
Sie funktionieren sehr wohl: Otto- und Dieselmotor	277
Alles nur feuchte Luft	277

TEIL V

WECHSELWIRKUNGEN **279**

Kapitel 21

Spektroskopie **281**

Das elektromagnetische Spektrum	281
Kleine Energie, große Wirkung – Radiowellen	284
Feinstrukturen durch Verschiebung und Kopplung erkennen	286



Inhaltsverzeichnis 17

Hier wird es heiß – Mikrowellen	288
Bindungen im Tanzfieber – Infrarotspektroskopie	289
Schauen wir mal – UV/Vis-Spektroskopie	291
Jetzt wird es kristallklar – Röntgenstrukturanalyse	294
Röntgendiagnose	295
Röntgenstrukturanalyse	296

Kapitel 22 **Molecular Modeling 299**

Vom Aussehen eines Moleküls	299
Molekülmechanik: Kraftfeldmethoden	302
Die Energiegleichungen eines Kraftfelds	302
Zusammenfassen und Zeit sparen	304
Vom Berg ins Tal mit geschlossenen Augen	305
Mit Dynamik die Moleküle bewegen	306
Quantenchemie mit der unlösbaren Schrödinger-Gleichung	307
Semi-empirisch mit MNDO und Co.	308
Von Anfang an: Ab-initio-Berechnungen	309

TEIL VI **DER TOP-TEN-TEIL 311**

Kapitel 23 **Zehn (Groß-)Väter der Physikalischen Chemie 313**

Wilhelm Ostwald	313
Svante Arrhenius	314
Jacobus Henricus van 't Hoff	315
Walther Nernst	315
Josiah Willard Gibbs	316
Johannes Diderik van der Waals	316
Jean Louis Marie Poiseuille	317
Irving Langmuir	317
Julius Robert von Mayer	318
Nicolas Léonard Sadi Carnot	319

Kapitel 24 **Zehn Tipps für Studierende 321**

Nur scheinbar kompliziert – keine Angst vor mathematischen Formeln	321
Diagramme verstehen – nicht auswendig lernen	322
Was du heute kannst besorgen	323
Vorlesungen sind besser als Bücher	324
Übungen und Seminare sind noch besser als Vorlesungen	324
Praktika: Sauber arbeiten, denken und dokumentieren	325
Wie Fehler entstehen und wie Sie diese vermeiden	326
Kommilitonen sind Mitstreiter, keine Konkurrenten	327
Alte Klausuren sind die halbe Miete	328
Das Internet ist nicht nur zum Chatten zu gebrauchen	328





18 Inhaltsverzeichnis

TEIL VII	
ANHÄNGE	331
Anhang A	
Lösungen der Übungsaufgaben aus Kapitel 4	333
So berechnen Sie den Druck in der Sprayflasche.....	333
Das ist die Molmasse des Polymers.....	334
Logarithmische Auswertung eines Rheogramms	335
Anhang B	
Lösungen der Übungsaufgaben aus Kapitel 8	337
Berechnung eines Isotonisierungszusatzes	338
Auswertung einer Adsorptionsisotherme nach Freundlich.....	339
Die Binodallinie im Dreiecksdiagramm	340
Den Extraktgehalt nach dem Ausschütteln berechnen.....	341
Anhang C	
Lösungen der Übungsaufgaben aus Kapitel 12	345
Die Hydrolysekinetik grafisch darstellen und auswerten.....	346
Mit Arrhenius im Schnellgang die Haltbarkeit vorhersagen	347
Anhang D	
Lösungen der Übungsaufgaben aus Kapitel 20	351
Zustandsänderungen in einer Luftpumpe	351
Und sie laufen und laufen und laufen ... überhaupt nicht	352
Ideal, aber nicht perfekt: Der Carnot-Prozess	352
Sie laufen zuverlässig: Otto- und Dieselmotor	353
Mit feuchter Luft kann man auch rechnen	354
Abbildungsverzeichnis	355
Stichwortverzeichnis	359

