

## O Grundlagen aus der Sekundarstufe I 12

I	Stoffe, ihre Eigenschaften und ihr Aufbau .....	14
II	Chemische Reaktionen .....	16
III	Elemente und Periodensystem .....	18
IV	Ionische Verbindungen .....	20
V	Molekulare Verbindungen .....	22
VI	Zwischenmolekulare Wechselwirkungen .....	25
	<b>FACHMETHODE:</b> Die molare Masse bestimmen .....	26
VII	Chemisches Rechnen .....	26
	<b>FACHMETHODE:</b> Rechenbeispiel .....	26
	<b>FACHMETHODE:</b> Den Stoffumsatz einer Reaktion berechnen .....	27
VIII	Saure und alkalische Lösungen .....	28
	<b>FACHMETHODE:</b> Eine Säure-Base-Titration auswerten .....	29
IX	Kohlenwasserstoffe .....	30
X	Sauerstoffhaltige Verbindungen .....	32
XI	Übersicht – Stoffklassen der organischen Chemie .....	34
XII	Nachweise organischer Stoffklassen .....	36
XIII	Nachweise anorganischer Stoffe und Ionen .....	37
XIV	Übersicht – chemische Bindungstypen .....	38
XV	Ausgewählte Modelle im Überblick .....	39

## 1 Reaktionsgeschwindigkeit und chemische Gleichgewichte 40

■	Startklar? .....	42
1.1	<b>Reaktionsgeschwindigkeit</b> .....	44
1.1.1	Versuche und Material .....	44
1.1.2	Reaktionsgeschwindigkeit und Stoßtheorie .....	46
1.1.3	Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit .....	48
1.2	<b>Chemisches Gleichgewicht</b> .....	50
1.2.1	Versuche und Material .....	50
1.2.2	Hin- und Rückreaktion im Gleichgewicht .....	52
1.2.3	Einstellung des chemischen Gleichgewichts .....	54
1.2.4	<b>MEDIENKOMPETENZ:</b> Das chemische Gleichgewicht simulieren .....	56
1.2.5	Massenwirkungsgesetz .....	57
1.2.6	<b>FACHMETHODE:</b> Berechnungen mit dem Massenwirkungsgesetz durchführen .....	58
1.3	<b>Beeinflussung des Gleichgewichts</b> .....	60
1.3.1	Versuche und Material .....	60
1.3.2	Einfluss der Konzentration .....	62
1.3.3	Einfluss der Temperatur und des Drucks .....	64
1.3.4	Das Prinzip von LE CHATELIER .....	66
1.3.5	<b>BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG:</b> Ozon und Systemisches Denken .....	67
1.4	<b>HABER-BOSCH-Verfahren</b> .....	68
1.4.1	Versuche und Material .....	68
1.4.2	Die technische Ammoniaksynthese .....	70
1.4.3	Reaktionsbedingungen .....	72

1.4.4	FRITZ HABER .....	74
1.4.5	<b>EXKURS:</b> Großtechnische Synthese von Schwefelsäure .....	76
1.5	<b>Löslichkeitsgleichgewichte</b> .....	78
1.5.1	Versuche und Material .....	78
1.5.2	Lösen und Fällung von Salzen .....	80
■	Alles im Blick .....	82
■	Zum Üben und Weiterdenken .....	84
■	Ziel erreicht? .....	86
■	Klausuraufgaben .....	88

## 2 Säure-Base-Reaktionen

90

■	Startklar? .....	92
2.1	<b>Säure-Base-Reaktionen im Alltag und im Labor</b> .....	94
2.1.1	Versuche und Material .....	94
2.1.2	Säure-Base-Reaktionen .....	96
2.1.3	Protolysegleichgewichte .....	98
2.2	<b>Der pH-Wert</b> .....	100
2.2.1	Versuche und Material .....	100
2.2.2	Die Autoprotolyse des Wassers und der pH-Wert .....	102
2.3	<b>Starke und schwache Säuren und Basen</b> .....	104
2.3.1	Versuche und Material .....	104
2.3.2	Säure- und Basenstärke .....	106
2.3.3	Säure-Base-Gleichgewichte .....	108
2.3.4	Berechnung von pH-Werten .....	110
	<b>FACHMETHODE:</b> Den pH-Wert von Lösungen starker Säuren und Basen berechnen ..	110
	<b>FACHMETHODE:</b> Den pH-Wert von Lösungen schwacher Säuren berechnen .....	111
2.4	<b>Puffersysteme</b> .....	112
2.4.1	Versuche und Material .....	112
2.4.2	Wirkungsweise eines Puffersystems .....	114
2.4.3	<b>EXKURS:</b> Lebensnotwendige Puffersysteme im Blut .....	116
2.4.4	<b>EXKURS:</b> Puffersysteme in Natur und Technik .....	117
2.5	<b>Indikatoren</b> .....	118
2.5.1	Versuche und Material .....	118
2.5.2	Indikatoren und ihre Auftrennung .....	120
2.6	<b>Titrationen</b> .....	122
2.6.1	Versuche und Material .....	122
2.6.2	Säure-Base-Titration .....	124
	<b>FACHMETHODE:</b> Titrationskurven auswerten .....	125
2.6.3	pH-metrische Titration und Konduktometrie .....	126
2.6.4	<b>FACHMETHODE:</b> Titrationskurven beschreiben .....	128
2.6.5	<b>MEDIENKOMPETENZ:</b> Messwerte einer Titration digital erfassen .....	130
■	Alles im Blick .....	132
■	Zum Üben und Weiterdenken .....	134
■	Ziel erreicht? .....	136
■	Klausuraufgaben .....	138

### 3 Aminosäuren und Proteine

140

■ Startklar? .....	142
<b>3.1 Spiegelbildisomerie und optische Aktivität</b> .....	144
3.1.1 Versuche und Material .....	144
3.1.2 Spiegelbildisomerie .....	146
3.1.3 <b>FACHMETHODE:</b> FISCHER-Projektionsformeln zeichnen .....	148
3.1.4 Optische Aktivität .....	150
3.1.5 <b>MEDIENKOMPETENZ:</b> Molekülstrukturen digital zeichnen und darstellen .....	152
<b>3.2 Aminosäuren und Peptidbindung</b> .....	154
3.2.1 Versuche und Material .....	154
3.2.2 Strukturen der Aminosäuren .....	156
3.2.3 Nachweis und Eigenschaften der Aminosäuren .....	158
<b>FACHMETHODE:</b> Aminosäuren und Proteine nachweisen .....	158
3.2.4 Von der Aminosäure zum Peptid .....	160
3.2.5 <b>EXKURS:</b> Biologische Bedeutung der Aminosäuren .....	161
<b>3.3 Struktur und Denaturierung der Proteine</b> .....	162
3.3.1 Versuche und Material .....	162
3.3.2 Strukturen der Proteine .....	164
3.3.3 Denaturierung von Proteinen .....	166
3.3.4 <b>BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG:</b> Sind High-Protein-Produkte sinnvoll? .....	168
■ Alles im Blick .....	170
■ Zum Üben und Weiterdenken .....	172
■ Ziel erreicht? .....	174
■ Klausuraufgaben .....	176

### 4 Kohlenhydrate

178

■ Startklar? .....	180
<b>4.1 Glucose und Fructose</b> .....	182
4.1.1 Versuche und Material .....	182
4.1.2 Glucose – ein Kohlenhydrat .....	184
4.1.3 Glucose in Halbacetalдарstellung .....	186
4.1.4 Fructose .....	188
4.1.5 <b>FACHMETHODE:</b> Die FISCHER- in die HAWORTH-Projektion überführen .....	190
<b>4.2 Saccharose und andere Disaccharide</b> .....	192
4.2.1 Versuche und Material .....	192
4.2.2 Acetalbildung in Disacchariden .....	194
4.2.3 Saccharose und Lactose .....	196
4.2.4 <b>EXKURS:</b> Süßen mit Zuckeralternativen .....	198
4.2.5 <b>EXKURS:</b> Zuckerersatzstoffe .....	199
<b>4.3 Cyclodextrine, Stärke und Cellulose</b> .....	200
4.3.1 Versuche und Material .....	200
<b>FACHMETHODE:</b> Stärke nachweisen .....	201

4.3.2	Oligosaccharide .....	202
4.3.3	Polysaccharide .....	204
4.3.4	<b>EXKURS:</b> Nukleinsäuren .....	206
4.4	<b>Nachwachsende Rohstoffe</b> .....	208
4.4.1	Versuche und Material .....	208
4.4.2	Stichwort: NawaRo .....	210
■	Alles im Blick .....	212
■	Zum Üben und Weiterdenken .....	214
■	Ziel erreicht? .....	216
■	Klausuraufgaben .....	218

## 5 Fettsäuren und Fette 220

■	Startklar? .....	222
5.1	<b>Fette und Fettsäuren</b> .....	224
5.1.1	Versuche und Material .....	224
5.1.2	Fette und Öle – natürliche Ester .....	226
5.1.3	Molekülstruktur und Eigenschaften von Triglyceriden .....	228
5.1.4	<b>FACHMETHODE:</b> Strukturformeln in Skelettformeln überführen .....	230
5.1.5	<b>BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG:</b> Biodiesel .....	231
5.1.6	Die elektrophile Addition .....	232
5.1.7	<b>MEDIENKOMPETENZ:</b> Ein Erklärvideo erstellen .....	234
5.2	<b>Tenside</b> .....	236
5.2.1	Versuche und Material .....	236
5.2.2	Seifen und ihre Waschwirkung .....	238
5.2.3	Moderne waschaktive Substanzen .....	240
■	Alles im Blick .....	242
■	Zum Üben und Weiterdenken .....	244
■	Ziel erreicht? .....	246
■	Klausuraufgaben .....	248

## 6 Chemische Energetik 250

■	Startklar? .....	252
6.1	<b>Energie und Reaktionswärme</b> .....	254
6.1.1	Versuche und Material .....	254
6.1.2	Systeme und Energieformen .....	256
6.1.3	Chemische Reaktionen und Reaktionswärme .....	258
6.1.4	<b>FACHMETHODE:</b> Kalorimetrische Messungen durchführen und auswerten .....	260
6.1.5	<b>BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG:</b> Lichtenergie nachhaltig nutzen .....	262
6.2	<b>Reaktionsenthalpie und Bildungsenthalpie</b> .....	264
6.2.1	Versuche und Material .....	264
6.2.2	Reaktionsenergie und Reaktionsenthalpie .....	266
6.2.3	Verbrennungsenthalpie, Heiz- und Brennwert .....	268

6.2.4	Standardisierung und Berechnung von Reaktionsenthalpien .....	270
	<b>FACHMETHODE:</b> Standardreaktionsenthalpien berechnen .....	271
6.2.5	<b>EXKURS:</b> Energieumwandlungen bei Photosynthese und Atmung .....	272
6.2.6	<b>EXKURS:</b> Physikalische und physiologische Brennwerte .....	273
6.3	<b>Entropie und freie Enthalpie</b> .....	274
6.3.1	Versuche und Material .....	274
6.3.2	Spontaneität und Unordnung .....	276
6.3.3	Entropie als Maß für Unordnung .....	278
6.3.4	Spontane Prozesse und freie Reaktionsenthalpie .....	280
6.3.5	<b>BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG:</b> Energieträger Erdgas .....	282
6.3.6	<b>MEDIENKOMPETENZ:</b> Quellen beurteilen und Sachverhalte bewerten .....	284
■	Alles im Blick .....	286
■	Zum Üben und Weiterdenken .....	288
■	Ziel erreicht? .....	290
■	Klausuraufgaben .....	292

## 7 Aromatische Verbindungen 294

■	Startklar? .....	296
7.1	<b>Benzol</b> .....	298
7.1.1	Versuche und Material .....	298
7.1.2	Benzol – ein Alltagsstoff? .....	300
7.1.3	Strukturaufklärung von Benzol .....	302
7.1.4	Mesomerie und Aromatizität .....	304
7.1.5	Das Orbitalmodell .....	306
7.2	<b>Aromaten in Natur und Alltag</b> .....	308
7.2.1	Versuche und Material .....	308
7.2.2	Aromaten im menschlichen Körper .....	310
7.2.3	Aromatische Verbindungen in Natur, Alltag und Technik .....	312
7.3	<b>Farbstoffe aus Aromaten</b> .....	314
7.3.1	Versuche und Material .....	314
7.3.2	Farbigkeit durch Absorption .....	316
7.3.3	Farbigkeit durch Emission .....	318
7.3.4	Strukturmerkmale von Farbstoff-Molekülen .....	320
7.3.5	Aromatische Farbstoffe als Indikatoren .....	322
7.3.6	<b>MEDIENKOMPETENZ:</b> Darstellung von Molekülgeometrien und Elektronendichten mit digitalen Modellen .....	324
7.3.7	<b>EXKURS:</b> Verwendung von Luminol in der Kriminalistik .....	325
7.3.8	<b>BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG:</b> Azofarbstoffe .....	326
7.4	<b>Reaktionen von Aromaten</b> .....	328
7.4.1	Versuche und Material .....	328
7.4.2	Die elektrophile Substitution .....	330
■	Alles im Blick .....	332
■	Zum Üben und Weiterdenken .....	334
■	Ziel erreicht? .....	336
■	Klausuraufgaben .....	338

## 8 Moderne Werkstoffe

340

■ Startklar?	342
<b>8.1 Struktur und Eigenschaften von Kunststoffen</b>	<b>344</b>
8.1.1 Versuche und Material	344
8.1.2 Eigenschaften der Kunststoffe	346
8.1.3 <b>EXKURS:</b> Geschichte der Kunststoffe	347
8.1.4 Klassifizierung der Kunststoffe	348
<b>8.2 Die radikalische Polymerisation</b>	<b>350</b>
8.2.1 Versuche und Material	350
8.2.2 Wichtige Polymerisate	352
8.2.3 Mechanismus der radikalischen Polymerisation	354
8.2.4 Beeinflussung der Polymerisation	356
<b>8.3 Die Polykondensation</b>	<b>360</b>
8.3.1 Versuche und Material	360
8.3.2 Wichtige Polykondensate	362
8.3.3 Synthese von Polyestern	364
8.3.4 Synthese von Polyamiden	366
<b>8.4 Die Polyaddition</b>	<b>368</b>
8.4.1 Versuche und Material	368
8.4.2 Die Polyaddition und ihre Produkte	370
<b>8.5 Kunststoffe in Alltag, Industrie und Umwelt</b>	<b>372</b>
8.5.1 Versuche und Material	372
8.5.2 Die Verarbeitung von Kunststoffen	374
8.5.3 Spezialkunststoffe	376
8.5.4 Wertstoffkreisläufe und Recycling	378
8.5.5 <b>BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG:</b> Mikroplastik und Plastikmüll in den Ozeanen	380
<b>8.6 Nanomaterialien</b>	<b>382</b>
8.6.1 Versuche und Material	382
8.6.2 Auf die Größe kommt es an – Nanopartikel	384
8.6.3 <b>EXKURS:</b> Titandioxid-Nanopartikel – Toxizität und Verwendung	386
■ Alles im Blick	388
■ Zum Üben und Weiterdenken	390
■ Ziel erreicht?	392
■ Klausuraufgaben	394

## 9 Elektrochemie

396

■ Startklar?	398
<b>9.1 Oxidation und Reduktion</b>	<b>400</b>
9.1.1 Versuche und Material	400
9.1.2 Elektronenübertragungsreaktionen	402
9.1.3 Korrespondierende Redoxpaare bei chemischen Reaktionen	404
9.1.4 <b>EXKURS:</b> Redoxreaktionen in der Kunst	405

<b>9.2</b>	<b>DANIELL-Element</b>	<b>406</b>
<b>9.2.1</b>	Versuche und Material .....	406
<b>9.2.2</b>	Stromfluss durch chemische Reaktionen .....	408
<b>9.3</b>	<b>Galvanische Zellen – Stromfluss durch chemische Reaktionen</b>	<b>410</b>
<b>9.3.1</b>	Versuche und Material .....	410
<b>9.3.2</b>	Redoxpaare im Vergleich .....	412
<b>9.3.3</b>	Die Spannungsreihe und ihre Erweiterung .....	414
<b>9.4</b>	<b>Konzentrationszellen</b>	<b>416</b>
<b>9.4.1</b>	Versuche und Material .....	416
<b>9.4.2</b>	Der Einfluss der Konzentration .....	418
<b>9.4.3</b>	<b>FACHMETHODE:</b> Die Spannung galvanischer Zellen berechnen .....	420
<b>9.4.4</b>	<b>FACHMETHODE:</b> Eine Redoxtitration durchführen und auswerten .....	421
<b>9.5</b>	<b>Batterien – verpackte Energie</b>	<b>422</b>
<b>9.5.1</b>	Versuche und Material .....	422
<b>9.5.2</b>	Tragbare Energie .....	424
<b>9.5.3</b>	Die Vielfalt der modernen Batterien .....	426
<b>9.6</b>	<b>Elektrolysen wässriger Lösungen</b>	<b>428</b>
<b>9.6.1</b>	Versuche und Material .....	428
<b>9.6.2</b>	Die Elektrolyse .....	430
<b>9.6.3</b>	Die FARADAY-Gesetze und ihre Bedeutung .....	432
<b>9.6.4</b>	Technische Anwendungen der Elektrolyse .....	434
<b>9.6.5</b>	<b>MEDIENKOMPETENZ:</b> Sachtexte verstehen mithilfe von Lesestrategien (1) .....	436
<b>9.6.6</b>	<b>MEDIENKOMPETENZ:</b> Sachtexte verstehen mithilfe von Lesestrategien (2) .....	437
<b>9.6.7</b>	<b>EXKURS:</b> Gewinnung von Aluminium .....	438
<b>9.6.8</b>	<b>BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG:</b> Raffination von Kupfer .....	439
<b>9.7</b>	<b>Akkumulatoren und Brennstoffzellen</b>	<b>440</b>
<b>9.7.1</b>	Versuche und Material .....	440
<b>9.7.2</b>	Der Akkumulator .....	442
<b>9.7.3</b>	Die Brennstoffzelle .....	444
<b>9.7.4</b>	Der Wettlauf um den „Grünen Wasserstoff“ .....	446
<b>9.7.5</b>	<b>EXKURS:</b> Energieversorgung und Energiespeicherung .....	447
<b>9.8</b>	<b>Korrosion und Korrosionsschutz</b>	<b>448</b>
<b>9.8.1</b>	Versuche und Material .....	448
<b>9.8.2</b>	Die Korrosion .....	450
<b>9.8.3</b>	Schutz vor Korrosion .....	452
■	Alles im Blick .....	454
■	Zum Üben und Weiterdenken .....	456
■	Ziel erreicht? .....	458
■	Klausuraufgaben .....	460

## 10 Chemie und Umwelt

462

■ Startklar? .....	464
<b>10.1 Umweltbereich Wasser</b> .....	466
10.1.1 Versuche und Material .....	466
10.1.2 „Versauerung“ der Meere .....	468
10.1.3 Schadstoffe im Wasser .....	470
10.1.4 <b>FACHMETHODE:</b> Stoffe in der Umwelt qualitativ nachweisen .....	472
10.1.5 <b>FACHMETHODE:</b> Stoffe in der Umwelt quantitativ nachweisen .....	474
10.1.6 <b>BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG:</b> Saurer Regen .....	475
<b>10.2 Umweltbereich Boden</b> .....	476
10.2.1 Versuche und Material .....	476
10.2.2 Aufbau und Belastung des Bodens .....	478
10.2.3 <b>FACHMETHODE:</b> Entscheidungen bewusst treffen und reflektieren .....	480
10.2.4 <b>BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG:</b> Planetare Leitplanken .....	482
<b>10.3 Umweltbereich Luft</b> .....	484
10.3.1 Versuche und Material .....	484
10.3.2 Luftschadstoffe .....	486
10.3.3 Entstehung und Abbau von Kohlenstoffdioxid .....	488
10.3.4 <b>BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG:</b> Künstliche Fotosynthese und Fixierung von Kohlenstoffdioxid .....	490
■ Alles im Blick .....	492
■ Zum Üben und Weiterdenken .....	494
■ Ziel erreicht? .....	496
■ Klausuraufgaben .....	498

## Verknüpfende Klausuraufgaben

500

## Anhang

509

Lösungen zu „Startklar?“ und „Ziel erreicht?“ .....	510
Internationale Bezeichnung von Gefahrstoffen und Entsorgung von Gefahrstoff abfällen .....	554
H-Sätze, P-Sätze .....	556
Chemikalienliste zu den Versuchen .....	559
Glossar .....	567
Stichwortverzeichnis .....	577
Bildnachweis .....	581
Übersicht – Formeltypen .....	582
Übersicht – Isomerie .....	583
Übersicht – Größen, Gleichungen, Konstanten .....	584
Tabellen zur Thermodynamik .....	585
Periodensystem der Elemente (stoffbezogen) .....	590
Periodensystem der Atome und Ionen .....	592
Periodensystem der Elemente (PSE) .....	