

## 0 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

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

## **2 Säure-Base-Reaktionen** **90**

■ Startklar? .....	92
<b>2.1 SÄURE-BASE-REAKTIONEN IM ALLTAG UND IM LABOR</b> .....	<b>94</b>
<b>2.1.1</b> Versuche und Material .....	<b>94</b>
<b>2.1.2</b> Säure-Base-Reaktionen .....	<b>96</b>
<b>2.1.3</b> Protolysegleichgewichte .....	<b>98</b>
<b>2.2 DER pH-WERT</b> .....	<b>100</b>
<b>2.2.1</b> Versuche und Material .....	<b>100</b>
<b>2.2.2</b> Die Autoprotolyse des Wassers und der pH-Wert .....	<b>102</b>
<b>2.3 STARKE UND SCHWACHE SÄUREN UND BASEN</b> .....	<b>104</b>
<b>2.3.1</b> Versuche und Material .....	<b>104</b>
<b>2.3.2</b> Säure- und Basenstärke .....	<b>106</b>
<b>2.3.3</b> Säure-Base-Gleichgewichte .....	<b>108</b>
<b>2.3.4</b> Berechnung von pH-Werten .....	<b>110</b>
<b>FACHMETHODE:</b> Den pH-Wert von Lösungen starker Säuren und Basen berechnen .....	<b>110</b>
<b>FACHMETHODE:</b> Den pH-Wert von Lösungen schwacher Säuren berechnen .....	<b>111</b>
<b>2.4 PUFFERSYSTEME</b> .....	<b>112</b>
<b>2.4.1</b> Versuche und Material .....	<b>112</b>
<b>2.4.2</b> Wirkungsweise eines Puffersystems .....	<b>114</b>
<b>2.4.3</b> <b>EXKURS:</b> Lebensnotwendige Puffersysteme im Blut .....	<b>116</b>
<b>2.4.4</b> <b>EXKURS:</b> Puffersysteme in Natur und Technik .....	<b>117</b>
<b>2.5 INDIKATOREN</b> .....	<b>118</b>
<b>2.5.1</b> Versuche und Material .....	<b>118</b>
<b>2.5.2</b> Indikatoren und ihre Auftrennung .....	<b>120</b>
<b>2.6 TITRATIONEN</b> .....	<b>122</b>
<b>2.6.1</b> Versuche und Material .....	<b>122</b>
<b>2.6.2</b> Säure-Base-Titration .....	<b>124</b>
<b>FACHMETHODE:</b> Titrationen auswerten .....	<b>125</b>
<b>2.6.3</b> pH-metrische Titration und Konduktometrie .....	<b>126</b>
<b>2.6.4</b> <b>FACHMETHODE:</b> Titrationskurven beschreiben .....	<b>128</b>
<b>2.6.5</b> <b>MEDIENKOMPETENZ:</b> Messwerte einer Titration digital erfassen .....	<b>130</b>
■ 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
<b>3.1.1 Versuche und Material</b> .....	144
<b>3.1.2 Spiegelbildisomerie</b> .....	146
<b>3.1.3 FACHMETHODE: FISCHER-Projektionsformeln zeichnen</b> .....	148
<b>3.1.4 Optische Aktivität</b> .....	150
<b>3.1.5 MEDIENKOMPETENZ: Molekülstrukturen digital zeichnen und darstellen</b> .....	152
<b>3.2 Aminosäuren und Peptidbindung</b>	154
<b>3.2.1 Versuche und Material</b> .....	154
<b>3.2.2 Strukturen der Aminosäuren</b> .....	156
<b>3.2.3 Nachweis und Eigenschaften der Aminosäuren</b> .....	158
<b>FACHMETHODE: Aminosäuren und Proteine nachweisen</b> .....	158
<b>3.2.4 Von der Aminosäure zum Peptid</b> .....	160
<b>3.2.5 EXKURS: Biologische Bedeutung der Aminosäuren</b> .....	161
<b>3.3 Struktur und Denaturierung der Proteine</b>	162
<b>3.3.1 Versuche und Material</b> .....	162
<b>3.3.2 Strukturen der Proteine</b> .....	164
<b>3.3.3 Denaturierung von Proteinen</b> .....	166
<b>3.3.4 BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG: Sind High-Protein-Produkte sinnvoll?</b> .....	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
<b>4.1.1 Versuche und Material</b> .....	182
<b>4.1.2 Glucose – ein Kohlenhydrat</b> .....	184
<b>4.1.3 Glucose in Halbacetaldarstellung</b> .....	186
<b>4.1.4 Fructose</b> .....	188
<b>4.1.5 FACHMETHODE: Die FISCHER- in die HAWORTH-Projektion überführen</b> .....	190
<b>4.2 Saccharose und andere Disaccharide</b>	192
<b>4.2.1 Versuche und Material</b> .....	192
<b>4.2.2 Acetalbildung in Disacchariden</b> .....	194
<b>4.2.3 Saccharose und Lactose</b> .....	196
<b>4.2.4 EXKURS: Süßen mit Zuckeralternativen</b> .....	198
<b>4.2.5 EXKURS: Zuckerersatzstoffe</b> .....	199
<b>4.3 Cyclodextrine, Stärke und Cellulose</b>	200
<b>4.3.1 Versuche und Material</b> .....	200
<b>FACHMETHODE: Stärke nachweisen</b> .....	201

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

---

## 5 Fettsäuren und Fette 220

---

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

---

## 6 Chemische Energetik 250

---

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

<b>6.2.4</b>	Standardisierung und Berechnung von Reaktionsenthalpien .....	270
	<b>FACHMETHODE:</b> Standardreaktionsenthalpien berechnen .....	271
<b>6.2.5</b>	<b>EXKURS:</b> Energieumwandlungen bei Fotosynthese und Atmung .....	272
<b>6.2.6</b>	<b>EXKURS:</b> Physikalische und physiologische Brennwerte .....	273
<b>6.3</b>	<b>Entropie und freie Enthalpie</b> .....	274
<b>6.3.1</b>	Versuche und Material .....	274
<b>6.3.2</b>	Spontaneität und Unordnung .....	276
<b>6.3.3</b>	Entropie als Maß für Unordnung .....	278
<b>6.3.4</b>	Spontane Prozesse und freie Reaktionsenthalpie .....	280
<b>6.3.5</b>	<b>BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG:</b> Energieträger Erdgas .....	282
<b>6.3.6</b>	<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
<b>7.1</b>	<b>Benzol</b> .....	298
<b>7.1.1</b>	Versuche und Material .....	298
<b>7.1.2</b>	Benzol – ein Alltagsstoff? .....	300
<b>7.1.3</b>	Strukturaufklärung von Benzol .....	302
<b>7.1.4</b>	Mesomerie und Aromatizität .....	304
<b>7.1.5</b>	Das Orbitalmodell .....	306
<b>7.2</b>	<b>Aromaten in Natur und Alltag</b> .....	308
<b>7.2.1</b>	Versuche und Material .....	308
<b>7.2.2</b>	Aromaten im menschlichen Körper .....	310
<b>7.2.3</b>	Aromatische Verbindungen in Natur, Alltag und Technik .....	312
<b>7.3</b>	<b>Farbstoffe aus Aromaten</b> .....	314
<b>7.3.1</b>	Versuche und Material .....	314
<b>7.3.2</b>	Farbigkeit durch Absorption .....	316
<b>7.3.3</b>	Farbigkeit durch Emission .....	318
<b>7.3.4</b>	Strukturmerkmale von Farbstoff-Molekülen .....	320
<b>7.3.5</b>	Aromatische Farbstoffe als Indikatoren .....	322
<b>7.3.6</b>	<b>MEDIENKOMPETENZ:</b> Darstellung von Molekülgeometrien und Elektronendichten mit digitalen Modellen .....	324
<b>7.3.7</b>	<b>EXKURS:</b> Verwendung von Luminol in der Kriminalistik .....	325
<b>7.3.8</b>	<b>BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG:</b> Azofarbstoffe .....	326
<b>7.4</b>	<b>Reaktionen von Aromaten</b> .....	328
<b>7.4.1</b>	Versuche und Material .....	328
<b>7.4.2</b>	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>	344
8.1.1 Versuche und Material	344
8.1.2 Eigenschaften der Kunststoffe	346
<b>8.1.3 EXKURS: Geschichte der Kunststoffe</b>	347
8.1.4 Klassifizierung der Kunststoffe	348
<b>8.2 Die radikalische Polymerisation</b>	350
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>	360
8.3.1 Versuche und Material	360
8.3.2 Wichtige Polykondensate	362
8.3.3 Synthese von Polyester	364
8.3.4 Synthese von Polyamiden	366
<b>8.4 Die Polyaddition</b>	368
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>	372
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
<b>8.5.5 BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG: Mikroplastik und Plastikmüll in den Ozeanen</b>	380
<b>8.6 Nanomaterialien</b>	382
8.6.1 Versuche und Material	382
8.6.2 Auf die Größe kommt es an – Nanopartikel	384
<b>8.6.3 EXKURS: Titandioxid-Nanopartikel – Toxizität und Verwendung</b>	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>	400
9.1.1 Versuche und Material	400
9.1.2 Elektronenübertragungsreaktionen	402
9.1.3 Korrespondierende Redoxpaare bei chemischen Reaktionen	404
<b>9.1.4 EXKURS: Redoxreaktionen in der Kunst</b>	405

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