Inhaltsverzeichnis

Vorwort ... V

Abkürzungsverzeichnis ... XVI

1 Stoffe und ihre Zusammensetzung ... 1

1.1 Organische Chemie und organische Stoffe 1

1.2 Zusammensetzung und Reinheit organischer Stoffe ... 3

1.2.1 Reinsubstanzen und Stoffgemische ... 3

1.2.2 Charakterisierung organischer Verbindungen 3

1.3 Trennung von homogenen Stoffgemischen ... 4

1.3.1 Extraktion ... 5

1.3.2 Kristallisation ... 6

1.3.3 Destillation ... 6

1.3.4 Sublimation – Resublimation ... 7

1.3.5 Chromatographie ... 7

2 Atombau, chemische Bindung, funktionelle Gruppen und deren Analytik ... 11

2.1 Atombau ... 11

2.2 Chemische Bindung ... 14

2.2.1 Ionenbindung ... 14

2.2.2 Atombindung ... 15

2.2.3 C—H-, C—C-, C=C- und C≡C-Bindungen ... 16

2.3 Funktionelle Gruppen ... 20

2.3.1 Hard and Soft Acids and Bases (HSAB), *Lewis*-Säuren und -Basen ... 21

2.3.2 Induktive und mesomere Effekte funktioneller Gruppen ... 25

2.4 Nasschemische Analytik funktioneller Gruppen ... 27

2.4.1 Einführung und allgemeine Prinzipien ... 27

2.4.2 Nachweis von primären aromatischen Aminen, elektronenreichen Aromaten und Nitrit 29

2.4.3 Nachweis von Nitrat, nitrierbaren Aromaten und CH-aciden Verbindungen ... 29

2.4.4 Nachweis von elektronenreichen Aromaten und Aldehyden unter Zugabe von Säure ... 30

2.5 Spektroskopische Methoden ... 33

2.5.1 Elektromagnetische Strahlung, Energie und ihre Auswirkungen auf organische Moleküle 33

2.5.2 Massenspektrometrie ... 35

2.5.3 IR-Spektroskopie ... 39

2.5.4 UV/Vis-Spektroskopie ... 41

2.5.5 NMR-Spektroskopie ... 44

2.5.6 Kristallstrukturanalyse, Röntgenstrukturanalyse ... 52

3 Struktur organischer Verbindungen und Stereochemie ... 53

3.1 Konstitution und Struktur ... 53

3.1.1 Historische Aspekte ... 53

3.1.2 Konstitution, Konnektivität und Darstellungsweisen organischer Verbindungen (Formeln) 53

3.2 Isomerie ... 54

3.2.1 Konstitutions- und Stereoisomere ... 54

3.2.2 Konfigurations- und Konformationsisomere 56

3.2.3 Tautomerie ... 56

3.3 Konformation ... 58

3.3.1 Torsionswinkel ... 58

3.3.2 Ethan-Konformationen ... 59

3.3.3 *n*-Butan-Konformationen ... 60

3.3.4 *n*-Pentan-Konformationen ... 61

3.4 Optische Isomerie und Chiralität ... 63

3.4.1 Chiralitäts- und Symmetrieelemente ... 63

3.4.2 Spezifische Drehung und Polarimetrie ... 66

3.4.3 Enantiomere: *Fischer*-Projektion und D/L-Nomenklatur ... 68

3.4.4 Enantiomere: absolute Konfiguration nach CIP ... 71

3.4.5 Axiale und planare Chiralität ... 72

3.4.6 Trennung von Enantiomeren, stereoselektive Synthese ... 75

3.5 Diastereoisomerie ... 79

3.5.1 Verbindungen mit mehreren Chiralitätselementen ... 79

3.5.2 (*E*/*Z*)-Isomerie ... 81

3.6 Prochiralität und Topizität ... 84

3.6.1 Prochiralität ... 84

3.6.2 Topizität ... 84

3.7 Pseudochiralität ... 87

3.8 Stereochemie von Cycloalkanen ... 88

3.8.1 Ringspannung ... 88

3.8.2 Einfache Cycloalkane ... 90

3.8.3 Stereoisomerie der Decaline ... 94

3.9 Konformation von Peptiden ... 98

Bibliografische Informationen
http://d-nb.info/1074207467

digitalisiert durch DEUTSCHE NATIONAL BIBLIOTHEK

4 Gesättigte Kohlenwasserstoffe 99

4.1 Alkane 99
4.1.1 Struktur und Eigenschaften 99
4.1.2 Gewinnung und Synthese 104
4.1.3 Reaktionen und Anwendungen 105

4.2 Monocyclische Alkane (Cycloalkane) 106
4.2.1 Struktur und Eigenschaften 106
4.2.2 Gewinnung und Synthese 110
4.2.3 Reaktionen und Anwendungen 116

4.3 Bi- und polycyclische Kohlenwasserstoffe 118
4.3.1 Struktur und Eigenschaften 118
4.3.2 Gewinnung und Synthese 122
4.3.3 Reaktionen und Anwendungen 125

5 Ungesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe 129

5.1 Alkene (Olefine) und Cycloalkene 129
5.1.1 Struktur und Eigenschaften 129
5.1.2 Gewinnung und Synthese 130
5.1.3 Reaktionen und Anwendungen 131
5.1.4 Ausgewählte Verbindungen 146

5.2 Konjugierte Polyene 150
5.2.1 Struktur und Eigenschaften 150
5.2.2 Reaktionen und Anwendungen 151
5.2.3 Ausgewählte Verbindungen 157

5.3 Kumulene 163
5.3.1 Struktur und Eigenschaften 163
5.3.2 Gewinnung und Synthese 164
5.3.3 Ausgewählte Verbindungen 166

5.4 Alkine 168
5.4.1 Struktur und Eigenschaften 168
5.4.2 Gewinnung und Synthese 169
5.4.3 Reaktionen und Anwendungen 169
5.4.4 Ausgewählte Verbindungen 174

6 Alkohole und Thiole 175

6.1 Einwertige Alkohole 175
6.1.1 Struktur und Eigenschaften 175
6.1.2 Gewinnung und Synthese 178
6.1.3 Reaktionen und Anwendungen 181
6.1.4 Ausgewählte Verbindungen 183

6.2 Mehrwertige Alkohole 184
6.2.1 Struktur und Eigenschaften 184
6.2.2 Gewinnung und Synthese 185
6.2.3 Reaktionen und Anwendungen 185
6.2.4 Ausgewählte Verbindungen 191

6.3 Thiole 198
6.3.1 Struktur und Eigenschaften 198
6.3.2 Gewinnung und Synthese 198
6.3.3 Reaktionen und Anwendungen 200
6.3.4 Ausgewählte Verbindungen 200

7 Halogenalkane 203

7.1 Monohalogenalkane (Alkylhalogenide) 203
7.1.1 Struktur und Eigenschaften 204
7.1.2 Gewinnung und Synthese 205
7.1.3 Reaktionen und Anwendungen 208
7.1.4 Ausgewählte Verbindungen 212

7.2 Mehrfach halogenierte Alkane 212
7.2.1 Struktur und Eigenschaften 212
7.2.2 Gewinnung und Synthese 213
7.2.3 Reaktionen und Anwendungen 215
7.2.4 Ausgewählte Verbindungen 216

7.3 Fluorierte Kohlenwasserstoffe 216
7.3.1 Struktur und Eigenschaften 216
7.3.2 Gewinnung und Synthese 217
7.3.3 Reaktionen und Anwendungen 218
7.3.4 Ausgewählte Verbindungen 218

8 Aliphatische Stickstoffverbindungen . 221

8.1 Amine 221
8.1.1 Struktur und Eigenschaften 222
8.1.2 Gewinnung und Synthese 223
8.1.3 Reaktionen und Anwendungen 226
8.1.4 Ausgewählte Verbindungen 231

8.2 Diazoverbindungen, Diazirine, Diaziridine 233
8.2.1 Struktur und Eigenschaften 233
8.2.2 Gewinnung und Synthese 234
8.2.3 Reaktionen und Anwendungen 236
8.2.4 Ausgewählte Verbindungen 237

8.3 Aliphatische Hydrazine und Azide 238
8.3.1 Struktur und Eigenschaften 238
8.3.2 Gewinnung und Synthese 239
8.3.3 Reaktionen und Anwendungen 242
8.3.4 Ausgewählte Verbindungen 243

9 Ether und Thioether 245

9.1 Ether 245
9.1.1 Struktur und Eigenschaften 245
9.1.2 Gewinnung und Synthese 248
9.1.3 Reaktionen und Anwendungen 249

9.2 Thioether ... 251
9.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 251
9.2.2 Gewinnung und Synthese ... 251
9.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 251
9.2.4 Ausgewählte Verbindungen ... 253

10 Organische Derivate anorganischer Säuren, organische Derivate der Elemente P, B, Si und As ... 255

10.1 Ester anorganischer Säuren ... 255
10.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 255
10.1.2 Gewinnung und Synthese ... 257
10.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 258
10.1.4 Ausgewählte Verbindungen ... 260

10.2 Sulfon-, Sulfin- und Sulfensäuren ... 263
10.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 263
10.2.2 Gewinnung und Synthese ... 264
10.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 265
10.2.4 Ausgewählte Verbindungen ... 266

10.3 Nitroalkane ... 266
10.3.1 Struktur und Eigenschaften ... 266
10.3.2 Gewinnung und Synthese ... 269
10.3.3 Reaktionen und Anwendungen ... 271

10.4 Organische Phosphor- und Arsenverbindungen ... 272
10.4.1 Struktur und Eigenschaften ... 272
10.4.2 Gewinnung und Synthese ... 272
10.4.3 Reaktionen und Anwendungen ... 273
10.4.4 Ausgewählte Verbindungen ... 276

10.5 Organische Silicium- und Borverbindungen ... 277
10.5.1 Struktur und Eigenschaften ... 277
10.5.2 Gewinnung und Synthese ... 277
10.5.3 Reaktionen und Anwendungen ... 278
10.5.4 Ausgewählte Verbindungen ... 282

11 Metallorganische Verbindungen ... 283

11.1 Alkalimetallorganische Verbindungen (Alkalimetallorganyle) ... 283
11.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 283
11.1.2 Gewinnung und Synthese ... 284
11.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 285

11.2 Organische Magnesiumverbindungen ... 286
11.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 286
11.2.2 Gewinnung und Synthese ... 286
11.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 287

11.3 Organische Zinkverbindungen ... 290
11.3.1 Struktur und Eigenschaften ... 290
11.3.2 Gewinnung und Synthese ... 290
11.3.3 Reaktionen und Anwendungen ... 290

11.4 Organische Quecksilberverbindungen ... 292
11.4.1 Struktur und Eigenschaften ... 292
11.4.2 Gewinnung und Synthese ... 292
11.4.3 Reaktionen und Anwendungen ... 293

11.5 Organische Aluminiumverbindungen ... 293
11.5.1 Struktur und Eigenschaften ... 293
11.5.2 Gewinnung und Synthese ... 293
11.5.3 Reaktionen und Anwendungen ... 295

11.6 Organische Zinnverbindungen ... 295
11.6.1 Struktur und Eigenschaften ... 295
11.6.2 Gewinnung und Synthese ... 295
11.6.3 Reaktionen und Anwendungen ... 295

11.7 Organische Bleiverbindungen ... 296
11.7.1 Struktur und Eigenschaften ... 296
11.7.2 Gewinnung und Synthese ... 296
11.7.3 Reaktionen und Anwendungen ... 297

11.8 Organische Übergangsmetallkomplexe ... 297
11.8.1 Struktur und Eigenschaften ... 297
11.8.2 Reaktionen und Anwendungen ... 299

12 Aliphatische Carbonylverbindungen ... 305

12.1 Alkanale (aliphatische Aldehyde) ... 305
12.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 305
12.1.2 Gewinnung und Synthese ... 306
12.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 307
12.1.4 Ausgewählte Verbindungen ... 317

12.2 Alkanone (aliphatische Ketone) ... 323
12.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 323
12.2.2 Gewinnung und Synthese ... 323
12.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 325
12.2.4 Ausgewählte Verbindungen ... 331

13 Aliphatische Mono- und Dicarbonsäuren ... 339

13.1 Gesättigte Mono- und Dicarbonsäuren ... 339
13.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 339
13.1.2 Gewinnung und Synthese ... 344
13.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 351
13.1.4 Ausgewählte Verbindungen ... 357

13.2 Ungesättigte aliphatische Mono- und Dicarbonsäuren ... 358
13.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 358
13.2.2 Gewinnung und Synthese ... 359
13.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 366
13.2.4 Ausgewählte Verbindungen ... 372

14 Carbonsäurederivate ... 375

14.1 Carbonsäurehalogenide ... 375
14.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 375
14.1.2 Gewinnung und Synthese ... 375
14.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 376

14.2 Carbonsäureanhydride ... 378
14.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 378
14.2.2 Gewinnung und Synthese ... 379
14.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 381

14.3 Ketene ... 382
14.3.1 Struktur und Eigenschaften ... 382
14.3.2 Gewinnung und Synthese ... 382
14.3.3 Reaktionen und Anwendungen ... 383

14.4 Ester und Orthoester ... 383
14.4.1 Struktur und Eigenschaften ... 383
14.4.2 Gewinnung und Synthese ... 383
14.4.3 Reaktionen und Anwendungen ... 386

14.5 Carbonsäureamide ... 389
14.5.1 Struktur und Eigenschaften ... 389
14.5.2 Gewinnung und Synthese ... 390
14.5.3 Reaktionen und Anwendungen ... 391

14.6 Sonstige N-Derivate der Carbonsäuren ... 392

15 Carbonsäuren mit zusätzlichen funktionellen Gruppen ... 399

15.1 Halogencarbonsäuren ... 399
15.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 399
15.1.2 Gewinnung und Synthese ... 400
15.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 403
15.1.4 Ausgewählte Verbindungen ... 403

15.2 Hydroxycarbonsäuren und Lactone ... 403
15.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 403
15.2.2 Gewinnung und Synthese ... 407
15.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 410
15.2.4 Ausgewählte Verbindungen ... 412

15.3 Aminocarbonsäuren ... 414
15.3.1 Struktur und Eigenschaften ... 414
15.3.2 Gewinnung und Synthese ... 416
15.3.3 Reaktionen und Anwendungen ... 417
15.3.4 Ausgewählte Verbindungen ... 420

15.4 Aldehyd- und Ketocarbonsäuren ... 422
15.4.1 Struktur und Eigenschaften ... 422
15.4.2 Gewinnung und Synthese ... 424
15.4.3 Reaktionen und Anwendungen ... 427
15.4.4 Ausgewählte Verbindungen ... 430

16 Derivate von Kohlensäure, Cyansäure und Kohlenstoffmonoxid sowie Carbene und Nitrene ... 433

16.1 Kohlensäure und ihre Derivate ... 433
16.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 433
16.1.2 Gewinnung und Synthese ... 436
16.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 438
16.1.4 Ausgewählte Verbindungen ... 443

16.2 (Iso-)Cyansäure und ihre Derivate ... 444
16.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 445
16.2.2 Gewinnung und Synthese ... 450
16.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 453

16.3 Kohlenstoffmonoxid und seine Derivate ... 455
16.3.1 Struktur und Eigenschaften ... 455
16.3.2 Gewinnung und Synthese ... 456
16.3.3 Reaktionen und Anwendungen ... 457
16.3.4 Ausgewählte Verbindungen ... 459

16.4 Carbene, Carbine und Nitrene als instabile Zwischenprodukte ... 459
16.4.1 Struktur und Eigenschaften ... 459
16.4.2 Gewinnung und Synthese ... 461
16.4.3 Reaktionen und Anwendungen ... 461
16.4.4 Ausgewählte Verbindungen ... 463

17 Kohlenhydrate ... 465

17.1 Monosaccharide ... 466
17.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 466
17.1.2 Gewinnung und Synthese ... 474
17.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 476
17.1.4 Ausgewählte Verbindungen ... 488

17.2 Oligosaccharide ... 493
17.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 493
17.2.2 Gewinnung und Synthese ... 493
17.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 494
17.2.4 Ausgewählte Verbindungen ... 496

17.3 Polysaccharide (Glycane) ... 500

18 Aromatische Kohlenwasserstoffe (Arene) ... 511

18.1 Benzen ... 511
18.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 511
18.1.2 Gewinnung und Synthese ... 515
18.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 516

18.2 Alkylderivate des Benzens (Alkylbenzene) 516
18.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 516
18.2.2 Gewinnung und Synthese ... 517
18.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 518
18.2.4 Ausgewählte Verbindungen ... 518

18.3 Benzenderivate mit heteroatomhaltigen Seitenketten ... 519

18.4 Benzenderivate mit ungesättigten Substituenten ... 522

19 Aromaten mit Halogen-, Nitro- und Sulfonsäuregruppen ... 527

19.1 Halogenierte Aromaten (Arylhalogenide) ... 527
19.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 527
19.1.2 Gewinnung und Synthese ... 527
19.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 535

19.2 Nitroaromaten ... 537
19.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 537
19.2.2 Gewinnung und Synthese ... 537
19.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 541
19.2.4 Ausgewählte Verbindungen ... 542

19.3 Aromatische Sulfonsäuren ... 543
19.3.1 Struktur und Eigenschaften ... 543
19.3.2 Gewinnung und Synthese ... 544
19.3.3 Reaktionen und Anwendungen ... 544
19.3.4 Ausgewählte Verbindungen ... 548

20 Phenole und Derivate ... 553

20.1 Einwertige Phenole ... 553
20.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 553
20.1.2 Gewinnung und Synthese ... 553
20.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 554
20.1.4 Ausgewählte Verbindungen ... 556

20.2 Mehrwertige Phenole ... 563
20.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 563
20.2.2 Ausgewählte Verbindungen ... 563

20.3 Phenylether ... 571
20.3.1 Struktur und Eigenschaften ... 571
20.3.2 Gewinnung und Synthese ... 571
20.3.3 Ausgewählte Verbindungen ... 572

20.4 Benzochinone ... 572
20.4.1 Struktur und Eigenschaften ... 572
20.4.2 Reaktionen und Anwendungen ... 574

21 Aromatische Carbonyl- und Carboxyverbindungen ... 579

21.1 Aromatische Aldehyde ... 579
21.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 579
21.1.2 Gewinnung und Synthese ... 580
21.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 584
21.1.4 Ausgewählte Verbindungen ... 590

21.2 Aromatische Ketone ... 592
21.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 592
21.2.2 Gewinnung und Synthese ... 592
21.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 594
21.2.4 Ausgewählte Verbindungen ... 597

21.3 Aromatische Monocarbonsäuren – Benzoesäure und ihre Derivate ... 599
21.3.1 Struktur und Eigenschaften ... 599
21.3.2 Gewinnung und Synthese ... 602
21.3.3 Reaktionen und Anwendungen ... 602

21.4 Gesättigte arylsubstituierte aliphatische Monocarbonsäuren ... 608
21.4.1 Struktur und Eigenschaften ... 608
21.4.2 Gewinnung und Synthese ... 608
21.4.3 Reaktionen und Anwendungen ... 610
21.4.4 Ausgewählte Verbindungen ... 610

21.5 Ungesättigte arylsubstituierte aliphatische Monocarbonsäuren ... 611
21.5.1 Struktur und Eigenschaften ... 611
21.5.2 Gewinnung und Synthese ... 612
21.5.3 Ausgewählte Verbindungen ... 613

21.6 Aromatische Dicarbonsäuren ... 614
21.6.1 Struktur und Eigenschaften ... 614
21.6.2 Gewinnung und Synthese ... 614
21.6.3 Reaktionen und Anwendungen ... 615

22 Aromatische Stickstoffverbindungen ... 619

22.1 Aromatische Amine ... 619
22.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 619
22.1.2 Gewinnung und Synthese ... 621
22.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 623
22.1.4 Ausgewählte Verbindungen ... 626

22.2 Aromatische Azo- und Diazoniumverbindungen ... 627
22.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 627
22.2.2 Gewinnung und Synthese ... 628
22.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 630
22.2.4 Ausgewählte Verbindungen ... 637

23 Oligo- und Polyphenyle, Arylalkane ... 639

23.1 Biphenyle ... 639
23.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 639
23.1.2 Gewinnung und Synthese ... 640
23.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 640

23.2 Terphenyle und Polyphenyle ... 641
23.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 641
23.2.2 Gewinnung und Synthese ... 642
23.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 642

23.3 Arylmethane ... 644
23.3.1 Struktur und Eigenschaften ... 644
23.3.2 Gewinnung und Synthese ... 646
23.3.3 Reaktionen und Anwendungen ... 647
23.3.4 Ausgewählte Verbindungen ... 649

23.4 Arylethane und freie Radikale ... 653
23.4.1 Struktur und Eigenschaften ... 653
23.4.2 Gewinnung und Synthese ... 653
23.4.3 Reaktionen und Anwendungen ... 657

24 Kondensierte aromatische Ringsysteme ... 661

24.1 Inden ... 662
24.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 662
24.1.2 Gewinnung und Synthese ... 662
24.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 663
24.1.4 Ausgewählte Verbindungen ... 663

24.2 Fluoren ... 664
24.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 664
24.2.2 Gewinnung und Synthese ... 664
24.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 665
24.2.4 Ausgewählte Verbindungen ... 665

24.3 Naphthalen ... 666
24.3.1 Struktur und Eigenschaften ... 666
24.3.2 Gewinnung und Synthese ... 666
24.3.3 Reaktionen und Anwendungen ... 667
24.3.4 Ausgewählte Verbindungen ... 669

24.4 Anthracen ... 674
24.4.1 Struktur und Eigenschaften ... 674
24.4.2 Gewinnung und Synthese ... 674
24.4.3 Reaktionen und Anwendungen ... 674
24.4.4 Ausgewählte Verbindungen ... 676

24.5 Phenanthren ... 680
24.5.1 Struktur und Eigenschaften ... 680
24.5.2 Gewinnung und Synthese ... 681
24.5.3 Reaktionen und Anwendungen ... 681

24.6 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe mit vier und mehr Ringen ... 682

25 Nichtbenzoide Aromaten und Annulene ... 687

25.1 Annulene ... 687
25.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 687
25.1.2 Gewinnung und Synthese ... 689
25.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 690

25.2 Azulene ... 690
25.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 690
25.2.2 Gewinnung und Synthese ... 691
25.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 692
25.2.4 Ausgewählte Verbindungen ... 692

25.3 Kationische, nichtbenzoide Aromaten ... 694
25.3.1 Struktur und Eigenschaften ... 694
25.3.2 Gewinnung und Synthese ... 695
25.3.3 Reaktionen und Anwendungen ... 695
25.3.4 Ausgewählte Verbindungen ... 695

25.4 Anionische, nichtbenzoide Aromaten ... 696
25.4.1 Struktur und Eigenschaften ... 696
25.4.2 Gewinnung und Synthese ... 697
25.4.3 Reaktionen und Anwendungen ... 698
25.4.4 Ausgewählte Verbindungen ... 699

26 Terpene ... 703

26.1 Monoterpene ... 703
26.1.1 Struktur, Eigenschaften und Anwendungen ... 704
26.1.2 Gewinnung und Synthese ... 709

26.2 Terpene aus drei bis acht Isopreneinheiten ... 715
26.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 715
26.2.2 Gewinnung und Synthese ... 723

26.3 Polyterpene ... 726
26.3.1 Struktur und Eigenschaften ... 726

27 Steroide ... 731

27.1 Natürliche und synthetische Steroide ... 731
27.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 731
27.1.2 Gewinnung und Synthese ... 734
27.1.3 Ausgewählte Verbindungen ... 736

28 Fünfringe mit einem Heteroatom ... 753

28.1 Pyrrolgruppe ... 753
28.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 753
28.1.2 Gewinnung und Synthese ... 754
28.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 755
28.1.4 Ausgewählte Verbindungen ... 758

28.2 Furangruppe ... 766
28.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 766
28.2.2 Gewinnung und Synthese ... 767
28.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 767
28.2.4 Ausgewählte Verbindungen ... 768

28.3 Thiophengruppe ... 771
28.3.1 Struktur und Eigenschaften ... 771
28.3.2 Gewinnung und Synthese ... 771
28.3.3 Reaktionen und Anwendungen ... 771

29 Benzanellierte Ringsysteme der Pyrrol-, Furan- und Thiophengruppe 775

29.1 Indolverbindungen 775
29.1.1 Struktur und Eigenschaften 775
29.1.2 Gewinnung und Synthese 776
29.1.3 Reaktionen und Anwendungen 777
29.1.4 Ausgewählte Verbindungen 777

29.2 Indolizinverbindungen 782
29.2.1 Struktur und Eigenschaften 782
29.2.2 Gewinnung und Synthese 783
29.2.3 Reaktionen und Anwendungen 783
29.2.4 Ausgewählte Verbindungen 783

29.3 Isoindole und Isobenzofurane 784
29.3.1 Struktur und Eigenschaften 784
29.3.2 Gewinnung und Synthese 784
29.3.3 Reaktionen und Anwendungen 785
29.3.4 Ausgewählte Verbindungen 786

29.4 Cumarone und Thionaphthene 788
29.4.1 Struktur und Eigenschaften 788
29.4.2 Gewinnung und Synthese 788
29.4.3 Reaktionen und Anwendungen 789
29.4.4 Ausgewählte Verbindungen 789

29.5 Kondensierte tricyclische Systeme 790
29.5.1 Struktur und Eigenschaften 790
29.5.2 Gewinnung und Synthese 791
29.5.3 Reaktionen und Anwendungen 791
29.5.4 Ausgewählte Verbindungen 791

30 Fünfringe mit zwei Heteroatomen 793

30.1 Pyrazolgruppe 793
30.1.1 Struktur und Eigenschaften 793
30.1.2 Gewinnung und Synthese 794
30.1.3 Reaktionen und Anwendungen 794
30.1.4 Ausgewählte Verbindungen 798

30.2 Imidazolgruppe 802
30.2.1 Struktur und Eigenschaften 802
30.2.2 Gewinnung und Synthese 804
30.2.3 Reaktionen und Anwendungen 805
30.2.4 Ausgewählte Verbindungen 806

30.3 Oxazol, Isoxazol 810
30.3.1 Struktur und Eigenschaften 810
30.3.2 Gewinnung und Synthese 812
30.3.3 Reaktionen und Anwendungen 812
30.3.4 Ausgewählte Verbindungen 814

30.4 Thiazol, Isothiazol 815
30.4.1 Struktur und Eigenschaften 815
30.4.2 Gewinnung und Synthese 815
30.4.3 Reaktionen und Anwendungen 816
30.4.4 Ausgewählte Verbindungen 818

31 Fünfringe mit drei oder mehr Heteroatomen 823

31.1 Triazole 823
31.1.1 Struktur und Eigenschaften 823
31.1.2 Gewinnung und Synthese 824
31.1.3 Reaktionen und Anwendungen 824
31.1.4 Ausgewählte Verbindungen 825

31.2 Tetrazol 828
31.2.1 Struktur und Eigenschaften 828
31.2.2 Gewinnung und Synthese 828
31.2.3 Reaktionen und Anwendungen 828
31.2.4 Ausgewählte Verbindungen 829

31.3 Pentazol 830
31.3.1 Struktur und Eigenschaften 830
31.3.2 Gewinnung und Synthese 831

31.4 Thiadiazol 831
31.4.1 Struktur und Eigenschaften 831
31.4.2 Gewinnung und Synthese 831
31.4.3 Reaktionen und Anwendungen 831
31.4.4 Ausgewählte Verbindungen 832

32 Sechsringe mit einem Heteroatom 835

32.1 Pyridingruppe 835
32.1.1 Struktur und Eigenschaften 835
32.1.2 Gewinnung und Synthese 836
32.1.3 Reaktionen und Anwendungen 836
32.1.4 Ausgewählte Verbindungen 838

32.2 Pyrangruppe 843
32.2.1 Struktur und Eigenschaften 843
32.2.2 Gewinnung und Synthese 843
32.2.3 Reaktionen und Anwendungen 845
32.2.4 Ausgewählte Verbindungen 845

33 Benzanellierte Sechs- und Siebenringe 847

33.1 Benzopyridine, Dibenzopyridine und Benzopyrane 847
33.1.1 Struktur und Eigenschaften 847
33.1.2 Gewinnung und Synthese 848
33.1.3 Reaktionen und Anwendungen 852
33.1.4 Ausgewählte Verbindungen 855

33.2 Benzazepine, Dibenzazepine und Benzodiazepine 866
33.2.1 Struktur und Eigenschaften 866
33.2.2 Gewinnung und Synthese 866
33.2.3 Reaktionen und Anwendungen 868
33.2.4 Ausgewählte Verbindungen 870

34 Sechsringe mit zwei und drei Heteroatomen ... 873

34.1 Diazine ... 873
34.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 873
34.1.2 Gewinnung und Synthese ... 876
34.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 877
34.1.4 Ausgewählte Verbindungen ... 879

34.2 Benzodiazine ... 883
34.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 883
34.2.2 Gewinnung und Synthese ... 883
34.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 884
34.2.4 Ausgewählte Verbindungen ... 884

34.3 Piperazine, Thiazine, Oxazine, Dioxine ... 885
34.3.1 Struktur und Eigenschaften ... 885
34.3.2 Gewinnung und Synthese ... 885
34.3.3 Reaktionen und Anwendungen ... 885
34.3.4 Ausgewählte Verbindungen ... 886

34.4 Phenazine, Phenoxazine, Dibenzo-*p*-dioxine und Phenothiazine ... 888
34.4.1 Struktur und Eigenschaften ... 888
34.4.2 Gewinnung und Synthese ... 889
34.4.3 Reaktionen und Anwendungen ... 889
34.4.4 Ausgewählte Verbindungen ... 889

34.5 Triazine ... 894
34.5.1 Struktur und Eigenschaften ... 894
34.5.2 Gewinnung und Synthese ... 894
34.5.3 Reaktionen und Anwendungen ... 894
34.5.4 Ausgewählte Verbindungen ... 896

35 Stickstoffhaltige bicyclische Heterosysteme (Heterobicyclen) ... 899

35.1 Purine ... 899
35.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 899
35.1.2 Gewinnung und Synthese ... 900
35.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 901
35.1.4 Ausgewählte Verbindungen ... 902

35.2 Pteridine und Pterine ... 908
35.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 908
35.2.2 Gewinnung und Synthese ... 908
35.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 909
35.2.4 Ausgewählte Verbindungen ... 909

35.3 Weitere Heterobicyclen ... 913

36 Alkaloide ... 917

36.1 Alkaloide vom Tetrahydropyrrol-, Pyridin- und Piperidin-Typ ... 918
36.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 918
36.1.2 Gewinnung und Synthese ... 920
36.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 920
36.1.4 Ausgewählte Verbindungen ... 922

36.2 Alkaloide vom Tropan-Typ ... 923
36.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 923
36.2.2 Gewinnung und Synthese ... 925
36.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 926

36.3 Alkaloide vom Chinolizidin-Typ ... 928
36.3.1 Struktur und Eigenschaften ... 928
36.3.2 Gewinnung und Synthese ... 928
36.3.3 Reaktionen und Anwendungen ... 928

36.4 Alkaloide vom Chinolin-Typ ... 929
36.4.1 Struktur und Eigenschaften ... 929
36.4.2 Gewinnung und Synthese ... 929
36.4.3 Reaktionen und Anwendungen ... 930

36.5 Alkaloide vom Isochinolin-Typ ... 931
36.5.1 Struktur und Eigenschaften ... 931
36.5.2 Gewinnung und Synthese ... 933
36.5.3 Reaktionen und Anwendungen ... 934
36.5.4 Ausgewählte Verbindungen ... 935

36.6 Alkaloide vom Indol-Typ ... 937
36.6.1 Struktur und Eigenschaften ... 937
36.6.2 Gewinnung und Synthese ... 939
36.6.3 Reaktionen und Anwendungen ... 939

37 Aminosäuren, Peptide und Proteine ... 943

37.1 Aminosäuren ... 943
37.1.1 Struktur und Eigenschaften ... 943
37.1.2 Gewinnung und Synthese ... 944
37.1.3 Reaktionen und Anwendungen ... 946
37.1.4 Ausgewählte Verbindungen ... 948

37.2 Peptide ... 954
37.2.1 Struktur und Eigenschaften ... 954
37.2.2 Gewinnung und Synthese ... 954
37.2.3 Reaktionen und Anwendungen ... 957
37.2.4 Ausgewählte Verbindungen ... 960

37.3 Proteine ... 968
37.3.1 Struktur und Eigenschaften ... 968
37.3.2 Gewinnung und Synthese ... 971
37.3.3 Reaktionen und Anwendungen ... 972
37.3.4 Ausgewählte Verbindungen ... 973

38 Nucleinsäuren **979**

38.1 Nucleobasen, Nucleoside und Nucleotide **979**
38.1.1 Struktur und Eigenschaften 979
38.1.2 Gewinnung und Synthese 980
38.1.3 Reaktionen und Anwendungen 983
38.1.4 Ausgewählte Verbindungen 984

38.2 RNA und DNA **985**
38.2.1 Struktur und Eigenschaften 985
38.2.2 Gewinnung und Synthese 986
38.2.3 Reaktionen und Anwendungen 988
38.2.4 Ausgewählte Verbindungen 996

Wichtige Reaktionen und Begriffe in der Organischen Chemie 999

Bildnachweis 1013

Sachregister 1017

Die Autoren 1175