

- 1 Der lange Weg der Zellenlehre zur modernen Zellbiologie ... 1**
- 2 Größenordnungen in der Zellbiologie ... 13**
- 3 Zelluläre Strukturen – Sichtbarmachung mithilfe mikroskopischer Techniken ... 19**
  - 3.1 Das Lichtmikroskop ... 19
    - 3.1.1 Unterschiedliche Mikroskope für verschiedene Fragestellungen ... 22
  - 3.2 Das Transmissions-Elektronenmikroskop ... 27
    - 3.2.1 Erzeugung freier Elektronen als „Lichtquelle“ ... 27
    - 3.2.2 Elektromagnetische Linsen zur Abbildung ... 29
    - 3.2.3 Verbesserung der Auflösung durch Verkleinerung der Wellenlänge ... 29
    - 3.2.4 Kontrastbildung ... 31
  - 3.3 Das Raster-Elektronenmikroskop ... 34
- 4 Grundbaupläne – ein Überblick über zelluläre Organisationsformen ... 37**
  - 4.1 Kennzeichen einer lebenden Zelle ... 37
    - 4.1.1 Zellen entstehen immer aus Zellen ... 37
    - 4.1.2 Jede Zelle hat einen kompletten Satz an Erbanlagen ... 38

- 4.1.3 Das zentrale Dogma der Molekularbiologie ... 38
- 4.1.4 Identische Replikation des Genoms ... 39
- 4.1.5 Zellen sind differenzierungsfähig ... 39
- 4.1.6 Abgrenzung durch eine Zellmembran ... 40
- 4.1.7 Zellen sind komplexer organisiert als ihre Umgebung ... 41
- 4.1.8 Zellen sind „offene Systeme“ im Fließgleichgewicht ... 42
- 4.1.9 Energiespeicherung als ATP (Adenosintriphosphat) ... 44
- 4.1.10 Konsequenzen: Stoffwechsel, Wachstum, Reaktionsfähigkeit (Reizbarkeit), Bewegungsfähigkeit ... 46
- 4.2 Die zwei Kategorien von Zellen ... 47
  - 4.2.1 Die Prokaryotenzelle im Vergleich zur Eukaryotenzelle ... 47
  - 4.2.2 Die Bakterienzelle ... 49
  - 4.2.3 Die Eukaryotenzelle ... 54
- 5 Der „Stoff“, aus dem die Zellen sind – molekulare Bausteine ... 65**
  - 5.1 Pauschale Zusammensetzung von Zellen ... 65
  - 5.2 Phospholipide ... 66
  - 5.3 Aminosäuren und Proteine ... 73
  - 5.4 Zucker ... 81
  - 5.5 Pyrimidin- und Purin-Basen der Nukleinsäuren ... 84

- 6 Biomembranen und das „innere Milieu“ der Zelle ... 89**
- 6.1 Biomembranen als selektive Barrieren ... 90
  - 6.1.1 Semipermeabilität der Zellmembran ... 90
  - 6.1.2 Grundsätzliche Beobachtungen zum Aufbau der Zellmembran ... 92
  - 6.1.3 Das „innere Milieu“ der Zelle ... 94
- 6.2 Transportphänomene an Biomembranen ... 96
- 6.3 Struktur von Biomembranen ... 102
  - 6.3.1 Die Proteine von Biomembranen ... 104
- 6.4 Die Glykokalyx und Übersicht über die Membrankomponenten ... 112
  - 6.4.1 Übersicht über die Funktion der Zelloberfläche ... 115
- 6.5 Intrazelluläre Signaltransduktion ... 119
  
- 7 Der Zellkern – „Kommandozentrale“ der Zelle ... 127**
- 7.1 Funktionelle Aspekte ... 127
- 7.2 Bau des Zellkerns ... 135
- 7.3 Die Struktur des Chromatins ... 138
- 7.4 Der Chromosomensatz der Zelle ... 145
- 7.5 Nukleolus und Biogenese der Ribosomen ... 148
- 7.6 Kernporen ... 151

- 8 Molekularbiologische Methoden – wichtiges Werkzeug der Zellbiologie ... 155**
- 8.1 Neues Werkzeug für alte Probleme ... 155
- 8.2 Isolierung von Proteinen ... 157
- 8.3 Identifikation, Isolierung und Nachbau von Nukleotidsequenzen ... 160
- 8.4 Gentechnische Methoden in der Zellbiologie ... 167
- 8.5 Ausblick auf weitere Anwendungen ... 173
- 9 Proteinsynthese – Umsetzung von Botschaften aus dem Zellkern ... 179**
- 9.1 Zusammensetzung und Bau von Ribosomen ... 179
- 9.2 Das Prinzip der Synthese von Proteinen und ihrer Verteilung in der Zelle ... 181
- 9.3 Ablauf der Synthese von Proteinen ... 184
- 9.4 Freie und membranständige Ribosomen ... 186
- 10 Der Golgi-Apparat – „Verschiebebahnhof“ der Zelle ... 191**
- 11 Struktur- und Funktionsanalyse – wie sie einander ergänzen ... 201**
- 11.1 Zerlegung der Zellen in ihre Bestandteile – die Technik der Zellfraktionierung ... 201
- 11.2 Die Ultrazentrifuge ... 204

- 11.3 Lokalisierung und Messung von Enzymen ... 206
- 11.3.1 Elektronenmikroskopische Darstellung eines Leitenzyms am Beispiel der sauren Phosphatase in Lysosomen ... 206
- 11.3.2 Spektralphotometrischer Nachweis eines Leitenzyms am Beispiel der sauren Phosphatase von Lysosomen ... 206
- 11.4 Radioaktive Markierung und ihre Lokalisierung ... 210
- 11.4.1 Pulsmarkierung ... 210
- 11.4.2 Radioaktivitätsmessung ... 211
- 11.4.3 Autoradiographie ... 211
- 11.5 Antikörper im Dienste der zellbiologischen Forschung ... 212
- 11.5.1 Markierung zellulärer Strukturen ... 212
- 11.5.2 Struktur von Antikörpermolekülen ... 214
- 11.5.3 Immunhistochemie und Immuncytochemie ... 215
- 11.5.4 Monoklonale Antikörper ... 219
- 11.6 Analogmarkierung und Affinitätsmarkierung ... 222
- 11.7 Die FRAP-Methode ... 223
- 12 Transport von Molekülen an die Zelloberfläche und Export aus der Zelle ... 225**
- 12.1 Das Prinzip des vesikulären Transportes ... 225
- 12.2 Allgemeines über die Abgabe von Stoffen (Sekretion) ... 228
- 12.3 Exocytose ... 231
- 12.3.1 Ungetriggerte Exocytose ... 232

- 12.3.2 Getriggerte Exocytose ... 233
- 13 Das „Importgeschäft“ – Aufnahme von Stoffen ... 243**
- 13.1 Endocytose und Phagocytose ... 243
- 13.2 Endocytose im engeren Sinn ... 245
- 13.3 Phagocytose ... 251
- 13.4 Transcytose ... 251
- 14 Lysosomen – Abfall-Recycling als altbewährtes Prinzip ... 255**
- 14.1 Was charakterisiert Lysosomen? ... 255
- 14.2 Adressat mehrerer Transportrouten – Biogenese von Lysosomen ... 260
- 14.3 Die Vakuole der Pflanzen – ein Lysosom besonderer Art ... 267
- 15 Sehr variable Zellorganellen: Glattes Endoplasmatisches Retikulum, Lipidtropfen und Glykogen ... 271**
- 15.1 Glattes ER und Lipidtropfen ... 271
- 15.2 Glykogen ... 274
- 16 Peroxisomen – Relikte aus grauer Vorzeit? ... 277**
- 17 Das Cytoskelett – Stütze und Bewegungsgrundlage ... 281**
- 17.1 Die Komponenten des Cytoskeletts ... 281
- 17.2 Mikrotubuli ... 283

- 17.2.1 Dynamische Instabilität von Mikrotubuli und ihre Beeinflussung durch Toxine ... 284
- 17.2.2 Funktionen von Mikrotubuli ... 286
- 17.3 Mikrofilamente ... 293
  - 17.3.1 Molekulare Komponenten und Bau von Mikrofilamenten ... 293
  - 17.3.2 Funktion von Mikrofilamenten ... 297
- 17.4 Intermediär-Filamente ... 308
- 18 Fortbewegung von Zellen ... 311**
  - 18.1 Schwimmbewegungen (Cilien, Flagellen) ... 311
  - 18.2 Kriechbewegungen (amöboide Bewegung, Chemotaxis) ... 319
  - 18.3 Geschwindigkeiten dynamischer zellulärer Prozesse ... 324
- 19 Das Cytosol – mehr als eine inerte Grundmasse ... 327**
  - 19.1 Glykolyse ... 329
- 20 Mitochondrien – die „Kraftwerke der Zelle“ ... 333**
  - 20.1 Strukturelle Aspekte ... 333
  - 20.2 Funktionelle Aspekte ... 337
  - 20.3 „Semiautonomie“: Mitochondriale DNA und Proteinsynthese ... 346
  - 20.4 Biogenese ... 347

- 21 Chloroplasten – die „Solarenergie-Kollektoren“ der Pflanzenzelle ... 351**
  - 21.1 Bau und Funktion von Chloroplasten ... 352
  - 21.2 Biogenese von Chloroplasten ... 363
  
- 22 Zusammenhalt von Zellen im Gewebeverband ... 367**
  - 22.1 Zellen im Gewebeverband ... 367
    - 22.1.1 *Tight junctions* ... 372
    - 22.1.2 Adhäsionsgürtel und Fokalkontakte ... 373
    - 22.1.3 Punktdesmosomen und Hemidesmosomen ... 375
  - 22.2 Der Verbindungskomplex ... 377
  - 22.3 Zell-Zell-Verbindungen ohne assoziierte Filamente ... 377
    - 22.3.1 Allgemeine Zell-Zell- und Zell-Matrix-Adhäsion ... 377
    - 22.3.2 Gap junctions ... 380
    - 22.3.3 Plasmodesmen ... 380
  - 22.4 Zell-Matrix-Verbindungen im Rückblick ... 384
  - 22.5 Die extrazelluläre Matrix (Interzellulärsubstanz) ... 384
  - 22.6 Chemische Synapsen ... 389
  
- 23 Zellzyklus, Kernteilung und Zellteilung ... 391**
  - 23.1 Körperzellen (somatische Zellen) ... 391
    - 23.1.1 Der Zellzyklus ... 391
    - 23.1.2 Die Teilungsspindel ... 396
    - 23.1.3 Mitose und Cytokinese (Kern- und Zellteilung) ... 398
    - 23.1.4 Die Cytokinese ... 404
    - 23.1.5 Regulation des Zellzyklus ... 405

- 23.2 Geschlechtszellen ... 409
- 24 Signale von außen an den Zellkern und das Phänomen Krebs ... 413**
  - 24.1 Verschiedene Zelloberflächenrezeptoren senden Signale in den Zellkern ... 414
  - 24.2 Ausblicke auf das Phänomen Krebs ... 418
  - 24.3 Apoptose ... 421
- 25 Besonderheiten der Pflanzenzelle im Vergleich zur tierischen Zelle ... 425**
  - 25.1 Innere Organisation der Pflanzenzelle ... 425
  - 25.2 Die besondere Rolle von Peroxisomen bei Pflanzen ... 430
    - 25.2.1 Biogenese ... 430
    - 25.2.2 Funktion ... 431
  - 25.3 Die Zellwand ... 434
    - 25.3.1 Chemische Bestandteile ... 435
    - 25.3.2 Biosynthese und Schichtaufbau ... 435

- 25.3.3 Transport von Wasser in der Zellwand ... 436
- 25.3.4 Sonderbildungen ... 437
- 25.4 Zellteilung und Differenzierung bei Pflanzen ... 438
- 25.5 Unerwartete Fähigkeiten der Pflanzenzelle ... 441
- 25.6 Tierische und pflanzliche Zelle im Rückblick  
– ein Vergleich ... 445
  
- 26 Viren ... 453**
  
- 27 Evolution der Zelle ... 463**
- 27.1 Präbiotische Evolution ... 463
- 27.2 Die ersten Zellen ... 469
- 27.3 Das Problem mit dem Sauerstoff ... 472
- 27.4 Der Weg zur höheren Zelle ... 476
- 27.5 Die Symbiose-Hypothese auf dem Prüfstand ... 481
- 27.6 Wie ging die Evolution der Zelle weiter? ... 486
  
- 28 Sachverzeichnis ... 491**