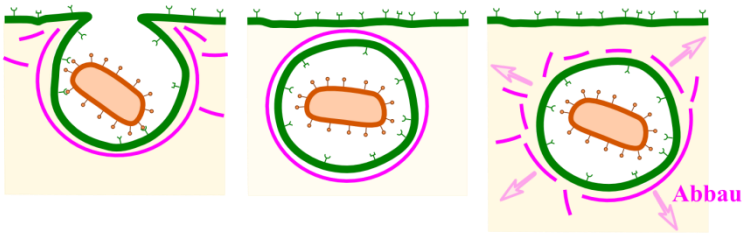
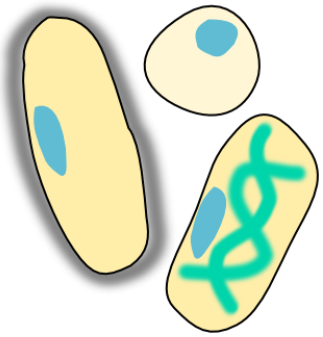
Biologie

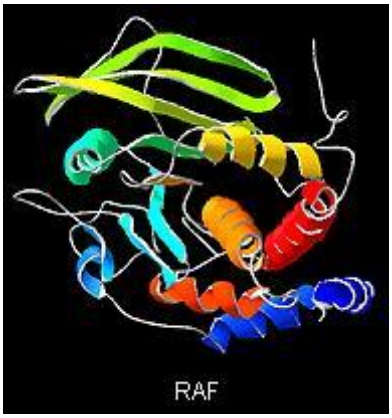
für die Sekundarstufe II

- Cytologie -

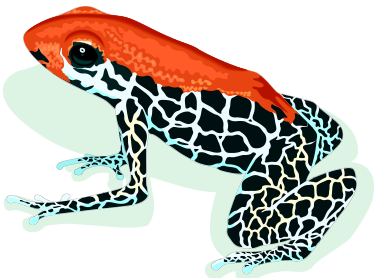
Autor: L. Drews

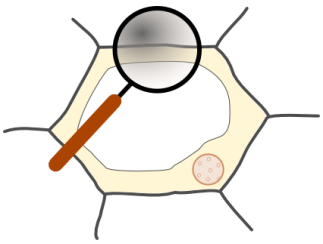


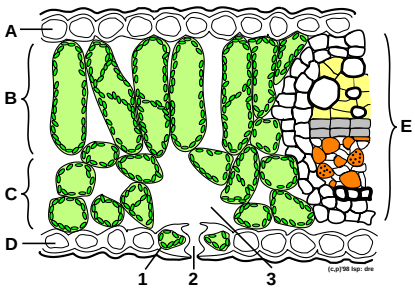


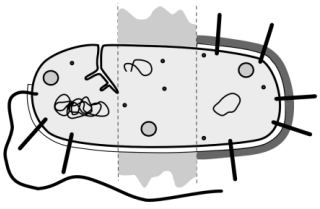


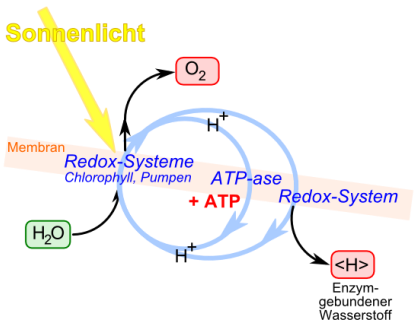








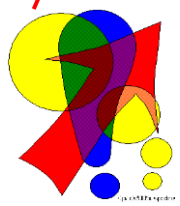




V. 7.0i (2025)

(c,p) 2008 – 2025 lern-soft-projekt: drews

Legende:
mit diesem Symbol werden zusätzliche Hinweise, Tips und weiterführende Ideen gekennzeichnet



Nutzungsbestimmungen / Bemerkungen zur Verwendung durch Dritte:

(1) Dieses Skript (Werk) ist zur freien Nutzung in der angebotenen Form durch den Anbieter (lern-soft-projekt) bereitgestellt. Es kann unter Angabe der Quelle und / oder des Verfassers gedruckt, vervielfältigt oder in elektronischer Form (z.B. in Computernetzen) veröffentlicht werden.

(2) Das Weglassen von Abschnitten oder Teilen (z.B. Aufgaben und Lösungen) in Teildrucken ist möglich und sinnvoll (Konzentration auf die eigenen Unterrichtsziele, -inhalte und -methoden). Bei angemessen großen Auszügen gehören das vollständige Inhaltsverzeichnis und die Angabe einer Bezugsquelle für das Originalwerk zum Pflichtteil.

(3) Ein Verkauf in jedweder Form ist ausgeschlossen. Der Aufwand für Kopierleistungen, Datenträger oder den (einfachen) Download usw. ist davon unberührt.

(4) Änderungswünsche werden gerne entgegengenommen. Ergänzungen, Arbeitsblätter, Aufgaben und Lösungen mit eigener Autorenschaft sind möglich und werden bei konzeptioneller Passung eingearbeitet. Die Teile sind entsprechend der Autorenschaft zu kennzeichnen. Jedes Teil behält die Urheberrechte seiner Autorenschaft bei.

(5) Zusammenstellungen, die von diesem Skript - über Zitate hinausgehende - Bestandteile enthalten, müssen verpflichtend wieder gleichwertigen Nutzungsbestimmungen unterliegen.

(6) Diese Nutzungsbestimmungen gehören zu diesem Werk.

(7) Der Autor behält sich das Recht vor, diese Bestimmungen zu ändern.

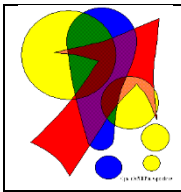
(8) Andere Urheberrechte bleiben von diesen Bestimmungen unberührt.

Rechte Anderer:

Viele der verwendeten Bilder unterliegen verschiedensten freien Lizenzen. Nach meinen Recherchen sollten alle genutzten Bilder zu einer der nachfolgenden freien Lizenzen gehören. Unabhängig von den Vorgaben der einzelnen Lizenzen sind zu jedem extern entstandenen Objekt die Quelle, und wenn bekannt, der Autor / Rechteinhaber angegeben.

public domain (pd)	Zum Gemeingut erklärte Graphiken oder Fotos (u.a.). Viele der verwendeten Bilder entstammen Webseiten / Quellen US-amerikanischer Einrichtungen, die im Regierungsauftrag mit öffentlichen Mitteln finanziert wurden und darüber rechtlich (USA) zum Gemeingut wurden. Andere kreative Leistungen wurden ohne Einschränkungen von den Urhebern freigegeben.
gnu free document licence (GFDL; gnu fdl)	
creative commens (cc) creative commons	BY: od. neu … Namensnennung … nichtkommerziell … in der gleichen Form … unter gleichen Bedingungen

Die meisten verwendeten Lizenzen schließen eine kommerzielle (Weiter-)Nutzung aus!



Bemerkungen zur Rechtschreibung:

Dieses Skript folgt nicht zwangsläufig der neuen **ODER** alten deutschen Rechtschreibung. Vielmehr wird vom Recht auf künstlerische Freiheit, der Freiheit der Sprache und von der Autokorrektur des Textverarbeitungsprogramms microsoft ® WORD ® Gebrauch gemacht.
Für Hinweise auf echte Fehler ist der Autor immer dankbar.

Hauptthemen-Übersicht

Seite

Inhaltsverzeichnis 4

0. Vorbemerkungen 8
- **0.1. die Wissenschaft "Biologie" und ihre Abgrenzung 14**
- **0.2. Grenzfälle des Lebens 83**
- **0.3. Einteilung der Organismen 104**
- **0.4. Evolution 108**

1. Bau der Zelle 109
- **1.1. Makroskopischer und lichtmikroskopischer Bau der Zellen 114**
- **1.2. elektronenmikroskopischer Bau der Zellen 132**

2. Bau und Funktion der Zellbestandteile 150
- **2.0. Arbeitstechniken der Cytologie (Probenaufbereitung) 152**
- **2.1. Zellmembran, Plasmalemma 163**
- **2.2. Mittel-Lamelle und Zellwand 242**
- **2.3. Cytoplasma 247**
- **2.4. Kernäquivalent / Zellkern 250**
- **2.5. Endoplasmatisches Retikulum, GOLGI-Apparat und Visikel 254**
- **2.6. fibrilläre und tubuläre Strukturen 262**
- **2.7. Zellorganellen 285**
- **2.8. Vakuole 307**
- **2.9. paraplasmatische (ergastische) Strukturen 315**
- **2.10. Ribosomen 320**
- **2.11. kristalline und abiotische Zellbestandteile 322**

3. Zusammenwirken der Zellbestandteile und Zellen 324
- **3.1. Zell-Teilung 325**
- **3.2. Leistungen spezieller Zellen (Meister-Leistungen der Evolution) 342**
- **3.2. komplexere Strukturen aus Zellen 343**

4. kurze Geschichte der Zell-Lehre / Cytologie 358

5. Schlusswort 359

Literatur und Quellen: 363

Sachwort-/Stichwort-Verzeichnis / Register 367

Inhaltsverzeichnis

Seite

Inhaltsverzeichnis 4

0. Vorbemerkungen 8
Kapitel-Quellen und weiterführende Links: 13
0.1. die Wissenschaft "Biologie" und ihre Abgrenzung 14
Definition(en): Biologie 14
0.1.1. Was ist Wissenschaftliches Arbeiten? 15
0.1.1.1. Hypothesen als Kerngeschäft der Wissenschaften 18
Kausal-Hypothesen 19
0.1.1.2. Experimente planen 20
0.1.1.3. Erklärungen 21
0.1.2. Was ist Leben? 23
0.1.2.1. historische Erkenntnisse zum Thema Leben 26
0.1.2.2. weitere / moderne Aspekte des Phänomen's Leben 28
aktuelle(re) Diskussionen und Forschungs-Standpunkte: 37
Exkurs: lebende Systeme nach MATURANA und VARELA 39
0.1.3. Die Entstehung des Lebens (Biogenese) 40
0.1.3.1. natürliche Evolution konta Schöpfung 40
0.1.3.2. Schöpfungs-Ansätze bei der Lebens-Entstehung 42
0.1.3.3. Evolutions-Theorien bzw. nicht-schöpferische Ansätze 44
0.1.3.4. Diskussion der verschiedenen Ansätze zur Entstehung des Lebens 49
0.1.3.5. Betrachtungs-Ebenen in der Biologie 51
0.1.3.6. chemisches Basiswissen / chemische Grundlagen der Biologie 51
Atome, Elemente, Isotope, Moleküle 51
Ionen 52
organische Stoffe 52
allgemeine Reaktions-Typen 52
Säure-Base-Reaktionen 52
Redox-Reaktionen 53
Reaktions-Typen der organischen Chemie 54
Substitutionen 54
Additionen 54
Eleminierungen 55
Exkurs: Kurzvorstellung wichtiger Grundstoffe der Zellen 56
Exkurs: Größen-Verhältnisse von zellulären Stoffen 61
Exkurs: Struktur-Ebenen von Proteinen 68
0.1.3.7. chemische Nachweise für ausgewählte Grundstoffe von Zellen 71
Größen-Verhältnisse rund um biotische Systeme und ihre Bestandteile und Bildungen 77
Exkurs: Arsen-fressende Bakterien GFAJ-1 80
Methode: Erstellen einer MindMap 81
Methode: Erstellen einer ConceptMap 81
0.2. Grenzfälle des Lebens 83
0.2.1. Viren – Leben oder nicht? 84
0.2.1.1. Funktionsweise von Viren 86
Exkurs: schwanger wegen Retro-Viren? 90
Exkurs: gefährliche Viren in der Schwangerschaft 90
0.2.1.2. weitere Viren-ähnliche Strukturen 91
Exkurs: Egoismus und Kooperation 96
0.2.2. weitere und besondere biotische Strukturen 99
0.2.2.1. Mykoplasmen 100
0.2.2.2. Rickettsien 101
0.2.2.3. Chlamydien 102
0.3. Einteilung der Organismen 104

 (c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Taxonomische Ebenen: ... 105
0.4. Evolution ... 108

1. Bau der Zelle ... 109
1.1. Makroskopischer und lichtmikroskopischer Bau der Zellen ... 114
Exkurs: Virtuelles Mikroskop – ZEISS Labscope ... 116
Exkurs: Virtuelles Mikroskop – Virtual Microscope ... 116
1.1.0. Einteilungs-Prinzip ... 117
1.1.1. Prokaryonten-Zelle, Prokaryoten-Zelle, Procyte ... 117
Exkurs: GRAM-Färbung ... 120
1.1.2. Eukaryonten-Zelle, Eukaryoten-Zelle, Eucyte ... 121
1.1.3. mikroskopische Arbeitstechniken ... 124
1.1.3.1. Bereitstellung von Untersuchungs- bzw. Mikroskopier-Material ... 124
1.1.3.2. Licht-Effekte am normalen Licht-Mikroskop ... 125
1.1.3.3. Färben von Präparaten ... 126
Exkurs: Licht-Mikroskopie auf neuen Pfaden ... 127
1.1.3.2. Vorbereitung des Untersuchungs- bzw. Mikroskopier-Material ... 130
1.2. elektronenmikroskopischer Bau der Zellen ... 132
1.2.1. Bakterien- bzw. Blaualgen-Zelle (Procyte) ... 135
Exkurs: Bakterien als Krankheits-Erreger ... 137
1.2.1.1. archaeische Procyte ... 138
1.2.2. echte Zelle (Eucyte) ... 139
1.2.2.1. Tier-Zelle (tierische Eucyte) ... 140
1.2.2.2. Pflanzen-Zelle (pflanzliche Eucyte) ... 142
1.2.2.3. Pilz-Zelle (pilzliche Eucyte) ... 144
Exkurs: erweiterte Gegenüberstellung von Procyte und Eucyte ... 147

2. Bau und Funktion der Zellbestandteile ... 150
2.0. Arbeitstechniken der Cytologie (Probenaufbereitung) ... 152
2.0.1. Zentrifugations-Verfahren ... 155
Exkurs: Zentrifugation – die Kräfte und die S-Einheiten ... 157
2.0.2. Markierungs-Methoden ... 159
2.0.3. OMICS-Technologien ... 161
2.1. Zellmembran, Plasmalemma ... 163
2.1.1. Modelle zum Bau der Zell-Membran ... 166
2.1.1.1. das Flüssig-Mosaik-Modell ... 167
2.1.1.2. neuere Membran-Modelle ... 170
2.1.1.3. besondere Eigenschaften der Bio-Membranen ... 173
2.1.2. besondere Arten der Zellmembran ... 174
2.1.3. Rezeptions-Vorgänge an Biomembranen ... 176
2.1.3.1. mögliche Wirkung des sekundären Messenger / des Signalstoffes im Stoffwechsel der Zelle ... 178
2.1.3.2. Wirkprinzipien von Hormonen ... 181
2.1.4. Transportvorgänge an Biomembranen ... 183
2.1.4.1. grundlegende physikalische Transport-Vorgänge ... 184
2.1.4.1.1. Diffusion und Permeation ... 184
Exkurs: Diffusions-Gesetz von FICK ... 187
2.1.4.1.2. Osmose ... 188
Exkurs: Osmose (Prinzip) ... 193
Modell-Experiment / Spiel: Erbsen (Erbsen-Einzel) ... 196
Simulations-Spiel zur Diffusion ... 198
2.1.4.2. Protein-gebundene Transport-Vorgänge / Transmembran-Transporte ... 199
2.1.4.2.3. Transport an Tunnel-Proteinen ... 204
Exkurs: Fluß-Diagramme (Darstellung von Zusammenhängen) ... 212
2.1.4.2.4. aktiver Transport an Carrier-Proteinen / Substanz-Pumpen ... 216
2.1.4.2.4.1. Funktionsweise der Natrium-Kalium-Pumpe ... 217
2.1.4.2.5. Transporte an tubulären Strukturen ... 222
Exkurs: Mukoviszidose – Krank durch defekte Ionen-Kanäle?! ... 223

2.1.4.2.6. Zusammenspiel verschiedener Proteine der Zellmembranen ... 225
2.1.4.3. Membran-verlagernde Transport-Vorgänge / Membran-basierte Transporte ... 231
2.1.4.3.1. Endocytose ... 231
2.1.4.3.2. Exocytose ... 235
2.1.5. interzelläre Kommunikation ... 240
2.1.6. chemische Kommunikation ... 241
2.2. Mittel-Lamelle und Zellwand ... 242
2.2.1. Mittel-Lamelle ... 242
2.2.2. Zellwand ... 242
Herstellung der Cellulose-Fasern ... 246
2.3. Cytoplasma ... 247
Definition(en): Kompartimentierung ... 248
Exkurs: Sol- und Gel-Zustand ... 249
2.4. Kernäquivalent / Zellkern ... 250
2.5. Endoplasmatisches Retikulum, GOLGI-Apparat und Visikel ... 254
2.5.0. Theorie zur Entstehung von Endoplasmatischen Retikulum, GOLGI-Apparat und der Kernhülle ... 255
2.5.1. Endoplasmatisches Retikulum ... 256
2.5.2. GOLGI-Apparat ... 257
Wandel der Membranen ... 258
2.5.3. weitere vesikuläre Strukturen ... 259
2.5.3.1. Lysosomen ... 259
2.5.3.2. Microbodies ... 259
Exkurs: Katalase als Komponente einer biologischen Waffe ... 261
2.6. fibrilläre und tubuläre Strukturen ... 262
2.6.1. Zell-Skelett ... 265
2.6.2. Mikrotubulli ... 266
2.6.2.1. Centriolen und Spindelapparat ... 269
2.6.2.2. Cilien ... 271
2.6.2.3. Geißeln / Flagellen ... 272
Exkurs: molekulare Gift-Spritzen ... 275
Exkurs: Kreationismus ... 276
2.6.5. Aktin-Filamente / Aktin-Myosin-Filamente ... 278
2.6.5.1. Actin-Myosin-Filamente ... 280
2.6.6. Intermediär-Filamente / 10-nm-Filamente ... 282
2.6.7. Kollagene ... 283
2.7. Zellorganellen ... 285
2.7.0.1. besondere Merkmale der Plastiden ... 286
2.7.0.2. Endosymbionten-Theorie ... 287
2.7.0.3. PRO-KONTRA-Diskussion um die (serielle) Endosymbionten-Theorie ... 289
2.7.1. Mitochondrien ... 294
2.7.2. Chloroplasten ... 298
2.7.2.1. Stoffwechsel der Chloroplasten ... 300
2.7.4. Leukoplasten ... 302
2.7.3. Chromoplasten ... 303
2.7.4. Proplastiden ... 304
2.8. Vakuole ... 307
2.9. paraplasmatische (ergastische) Strukturen ... 315
2.9.1. Lipid-Tröpfchen / Liposomen ... 316
2.9.2. Stärkekörner / Glycogen-Partikel ... 316
2.9.3. Sekretgranula ... 318
2.9.4. Pigmentgranula ... 318
2.10. Ribosomen ... 320
2.11. kristalline und abiotische Zellbestandteile ... 322
2.11.1. Fett-Tropfen / Fett-Tröpfchen ... 322
2.11.2. Kristalle ... 322

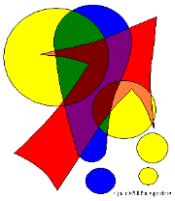
3. Zusammenwirken der Zellbestandteile und Zellen 324
3.1. Zell-Teilung 325
3.1.1. Cytokinese und Mitose (Zell-Teilung + Kern-Teilung) 326
Der Ablauf der Cytokinese: 326
3.1.2. Meiose (Reife-Teilung, Reduktions-Teilung) 331
3.1.2.1. Spermatogenese 339
3.1.2.2. Oogenese 339
3.2. Leistungen spezieller Zellen (Meister-Leistungen der Evolution) 342
Nematocysten (Nessel-Zellen, Nessel-Kapseln, Cniden) 342
3.2. komplexere Strukturen aus Zellen 343
3.2.1. vom Einzeller zum Mehrzeller 343
3.2.1.1. Einzeller 343
3.2.1.2. lockerer Zell-Zusammenschluß 344
3.2.1.3. Zell-Kolonie 345
Vorteile des Lebens in Zell-Kolonien 346
Nachteile des Lebens in Zell-Kolonien 346
3.2.1.4. (echter) Mehrzeller 347
3.2.2. Zellen in Organismen 350
3.2.2.1. einzelne Zelle 350
3.2.2.2. Gewebe 355
3.2.2.3. Organ 356
3.2.2.4. Organsystem 356
3.2.2.5. Organismus 356
4. kurze Geschichte der Zell-Lehre / Cytologie 358
5. Schlusswort 359
Literatur und Quellen: 363
Sachwort-/Stichwort-Verzeichnis / Register 367

0. Vorbemerkungen

Die Namen von Wissenschaftlern oder Autoren bzw. deren Namen in abgeleiteten Begriffen werden in diesem Skript in Großbuchstaben geschrieben. So wird dann schnell klar, ob der KOCH ein Wissenschaftler oder ein Meister der Küche (Koch) war, dem wir eine Entdeckung zu verdanken haben. Um Verwechslungen mit Abkürzungen zu vermeiden, verwende ich die modifizierte Schreibung der Namen aus normal groß gesetzten Anfangs-Buchstaben und kleiner gesetzten weiteren Großbuchstaben. Somit wäre dann KOCH eine (imaginäre) Abkürzung. Leider verarbeitet das Indizierungs-System von microsoft-WORD diese feinen Unterschiede nicht. Im Sachwort-Verzeichnis ist KOCH gleich KOCH, aber eben nicht Koch. Der Leser sollte trotzdem im Kopf behalten, dass in vielen Bezeichnungen die Wissenschaftler-Namen quasi eingedeutscht wurden. So spricht jeder von Röntgenstrahlen oder Erlenmeyerkolben, obwohl es eher RÖNTGEN-Strahlen und ERLENMEYER-Kolben heißen müsste. Ich werde versuchen die würdigenden Bezeichnungen zu benutzen, aber auch ich unterliege dem allgemeinen Sprachgebrauch.
Am Ende der Abschnitte sind Quellen und weiterführende Literatur oder Internet-Adressen (Link's) angegeben. Leider kann bei den Internet-Adressen nicht für die Gültigkeit oder Verfügbarkeit garantiert werden. Mit aktuellen Suchmaschinen lassen sich die Begriffe und Themen aber hochaktuell nachrecherchieren.
Noch ein Hinweis zu den Urheberrechten. Alle Erkenntnisse dieses Skriptes stammen nicht von mir. Sie wurden von mir nur zusammengetragen und eventuell neu zusammengestellt. Ich habe immer versucht – und tue es immer noch – alle Themen gründlich zu recherchieren. Wenn an einzelnen Stellen die wirklichen Urheber nicht zu erkennen sind oder mir unbekannt geblieben sein, dann verzeihen Sie mir bitte. Für korrigierende Hinweise bin ich immer offen. Die meisten Abbildungen sind anderen Quellen nachempfunden oder nachgezeichnet. Auch hier hoffe ich, keine schützenswerten Ideen geklaut zu haben. Die Graphiken und Fotos aus anderen Quellen sind immer mit der Quelle selbst angegeben. Bei freien Quellen ist der Autor oder Urheber – soweit ermittelbar – in Klammern mit angezeigt.
Oft werden Sie unorthodoxe Standpunkte und Theorien vorfinden. Die habe ich mir nicht ausgedacht. Sie sind heute in der Wissenschaft heiß diskutiert oder auch schon anerkannt. Viele traditionelle Lehrbücher mögen Veränderungen in wissenschaftlichen Lehren und Erkenntnissen überhaupt nicht. Gerade deshalb stelle ich solche Skripte – wie dieses – zusammen. Auch wenn einige Theorien nicht wahrer sind, als so manche traditionelle, ist ein Beschäftigen mit ihnen – auch für Schüler – ein sehr sinnvoller Arbeitsgegenstand.
Vielleicht schaffe ich es auch mal wieder, die eine oder andere pseudowissenschaftliche These ganz "ernsthaft" mit aufzunehmen. Hier sei es die Aufgabe der Lernenden den Unsinn vom Sinnvollen zu trennen oder die Theorien der Unwissenschaftlichkeit zu überführen – viel Spaß! Nicht alles was geschrieben steht, ist auch wahr – auch wenn wir dies gerne glauben mögen.
Bei allem Wahrheitsgesäusel darf man nicht vergessen, dass vieles in der Biologie – auch bis heute – noch Spekulation, Theorie und These ist. Die Schul-Biologie schöpft sowieso nur den Rahm ab. Vieles wird idealisiert oder vereinfacht – und damit auch schnell "etwas" (?) falsch – dargestellt. Wissenschaft ist ein dynamischer Prozess – er wird von Menschen für Menschen gemacht und ist damit mindestens zweiseitig fehleranfällig.
Viele Themen oder Sachverhalte werden mehrfach und an verschiedenen Stellen im Skript auftauchen. Dies liegt einfach an der starken Verzahnung der Themen. Querverbindungen sind weitesgehend als Link's (➔ Verknüpfungen) angegeben. Je nach Dateiform funktionieren diese dann auch zumindestens auf Computern. In der Papierform müssen Sie sich an den Begriffen und Überschriftennummern orientieren. Andere Skripe werden mit einem Buch-Symbol und einem Kurznamen gekennzeichnet (🕮 **Genetik**).

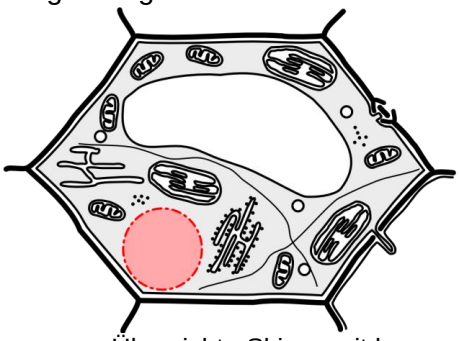
Inhaltlich geht das Skript in vielen Fällen über die konkreten Forderungen des Lehrplans für die Fachoberschule hinaus. Damit ergeben sich pädagogische Freiheiten für den Lehrer und der interessierte Schüler / Student hat Gelegenheit sich angrenzende Themen zu erschließen. Jeder kann sich auch sein eigenes Skript zusammenstellen.
Ein von einer Lehrperson gekürztes Skript erkennt der aufmerksame Leser an den fehlenden Seiten und Themen bezüglich des Inhaltsverzeichnisses. Im Internet ist immer die aktuellste und vollständige Version zu finden.
Fachbegriffe und vor allem viele chemische Stoff-Namen sind echte Zungenbrecher. Wenn man bei ihnen nicht weiss, wie sie in Silben zerlegt, und wo sie betont werden müssen, dann können sie zu echten Kommunikations-Hindernissen werden. Wir wollen hier eine neue Formatierung versuchen, um wenigstens ein wenig Abhilfe zu schaffen. Die Silben bzw. Wortstämme einzelner Fachwörter werden mit unterschiedlichen Farbtönen hinterlegt. Die besonders zu betonenden Silben – zumeist die vorletzte – werden nochmals extra eingefärbt.

Colorierung Dictyosom 5,7-Dichlorhexadecansäure

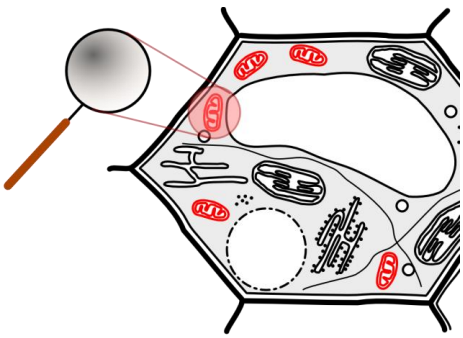


Aus Layout- und Aufwands-Gründen wird aber nicht jedes Fachwort und auch nicht jede Wiederholung so gestaltet. Vielmehr sollen neu eingeführte Wörter so charakterisiert werden und solche Begriffe, die lange nicht aufgetaucht sind oder nur selten benutzt werden. An Erfahrungen und Verbesserungs-Vorschlägen hinsichtlich dieser Formatierung bin ich immer interessiert.
Da ich erst in den neuen Texten ab der Version von 2012 mit dieser Formatierung anfange, werden ältere Text-Teile diese Formatierung erst nach ihrer Überarbeitung erhalten. Ich verstehe die Formatierung auch als Hilfsmittel und nicht als obligatorisches Mittel!

An die Anfänge der meisten thematischen Abschnitte stelle ich nun auch Übersichts-Skizzen, die vor allem eine bessere Orientierung und Lage-Einordnung ermöglichen sollen.
In der Praxis hat sich dies als ein sehr großes Problem dargestellt. Viele Kurs-Teilnehmer können einfach nicht die jeweilige Größen-Dimension des gerade besprochenen Objektes einordnen. Da geraten dann Moleküle und Zellorganellen auf die gleiche Größen-Ebene – meist mit fatalen Verständnis-Problemen.
Das jeweils betrachtete Objekt wird in der Übersichts-Skizze besonders hervorgehoben oder die Region mit einer Lupe gekennzeichnet.
Die Übersichts-Skizzen sind mit Absicht besonders schematisch gehalten. Sie sollten aber eigentlich auch immer die wesentlichen Strukturen erkennen lassen.
Um eine bessere Differenzierung entsprechend der Anforderungs-Niveaus für die einzelnen Bildungsgänge (Gymnasium, Fachoberschule, …) zu ermöglichen, leiten wir ab sofort die großen Abschnitte mit allgemeingültigen und vereinfachten Darstellungen ein. Bildungsgänge und Schüler / Auszubildende / Studenten mit einem höheren Anspruch können dann mit den folgenden Unterabschnitten einen tieferen Einblick in die Zusammenhänge, Bauelemente und Funktionen erlangen.



Übersichts-Skizze mit hervorgehobenem Objekt (Kapitel-Thema)



Bei all den Spezial- und Sonderfällen in der Biologie fragt mich sich oft, gibt es da auch was Verbindendes, etwas woran man sich orientieren kann.
JA diese wichtigen Kern-Aspekte nennen wir Basis-Konzepte, Leit-Linien, Inhaltsbereiche oder auch rote Linien. Dazu gehören:

- Struktur und Funktion / Zusammenhang zwischen Bau und Funktion
- Stoff- und Energie-Wechsel
- Information und Kommunikation; Verhalten
- Steuerung und Regelung
- individuelle und evolutive Entwicklung / Ontogenese und Evolution

Diese können aber auch so formuliert sein:

- Leben und Energie
- Informations-Verarbeitung bei Lebewesen
- Lebewesen und ihre Umwelt; Beziehungen zwischen Organismen und ihrer Umwelt
- Vielfalt des Leben's

Differenzierung der Kapitel und Abschnitte über die Überschriften-Farbe
dient als Orientierungshilfe, ist aber kein ultimatives System
spiegelt meine persönliche Einstufung wieder und orientiert sich weitgehend am Lehrplan für Mecklenburg-Vorpommern
bestimmend ist immer der eigene Kurs-Leiter

klassische schwarze Überschrift

Abschnitt enthält Basis-Wissen
mit diesen Abschnitten sollte man sich immer auseinandersetzen

blaue Überschrift

ist Stoff für fortgeschrittene Kurse (gemeint Leistungs-Kurse oder Hauptfächer)
orientiert sich an Prüfungs-Inhalten
viele Themen werden inhaltlich schnell mal vorausgesetzt

rote Überschrift

spannende Themen für Experten oder Beispiel-Themen von Kurs-Leitern
kann man, muss man aber nicht unbedingt
solche Themen werden in Prüfungen usw. sicher immer mit informativen Begleittexten vorkommen

System aber nur auf höheren Gliederungs- / Überschriften-Ebenen verwendet
bei kleinen Abschnitten bleibt die schwarze Farbe (weil es sonst übermäßig bunt wird (ist jetzt schon an der Grenze)

Operatoren – früher als Schüler-Tätigkeiten bezeichnet – sind vorgeschriebene Handlungs-Muster zur Bearbeitung von Aufgaben. Damit wird für den Bearbeiter deutlich, welches Ergebnis(-Muster) erwartet wird. Das macht die Ergebnisse zumindestens vergleichbar.
Derzeit nimmt die Operationalisierung so stark zu, dass man den Eindruck gewinnt, es handelt sich um Befehle oder Anweisungen für ein biologisches Roboter-System. Kreativität oder andersgeartete sinnvolle Lösungs-Ansätze für das dahinterliegende Problem der Ausgabe werden unterdrückt. Ob das den notwendigen Kompetenzen für dieses Jahrhundert genügt, wage ich zu bezweifeln. Von modernen alternativen Prüfungs-Ansätzen entfernt man sich jedenfalls deutlich.
Ich verwende deshalb auch immer mal wieder Fragen in den / als Aufgaben.

Eine aktuelle (einheitliche) Operatoren-Liste für die naturwissenschaftlichen Fächer ist unter https://www.iqb.hu-berlin.de/abitur/abitur/dokumente/naturwissenschaften/N_Grundstock_von.pdf verfügbar. Derzeit (seit 2022) als "Grundstock" deklariert, da bleibt vieles offen (;-).
Als etwas umfangreichere Darstellung empfehle ich das Skript → 🕮 **Arbeitstechniken ++ (, Methoden, Verfahren und Kompetenzen)**.

Beim IQB gibt es auch die neue, vereinheitlichte "Mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung" (→ https://www.iqb.hu-berlin.de/abitur/abitur/dokumente/naturwissenschaften/N_Mathematischna.pdf). Aber nicht wundern, die Biologie gibt es darin praktisch nicht. Das setzt auch wieder Zeichen.

Experiment für Zuhause

Dieser Versuch kann mit Haushaltsmitteln und auch zuhause durchgeführt werden! Trotzdem bitte unbedingt die allgemeinen Regeln und Vorsichtsmaßnahmen beim Experimentieren beachten!

Labor-Experiment

Grundlagen / Prinzipien:

Materialien / Geräte:

Hinweise:

Vorbereitung:

Durchführung / Ablauf:
-

Zusatzuntersuchung:

Experiment mit Lebensmittel

Versuch möglichst in einer Küche, einem Küchenlabor od.ä. durchführen!!!

Bei diesen Experimenten darf im Normalfall auch probiert werden, was ja eigentlich in der Chemie nicht erlaubt ist. Es sollten – um Verwechselungen auszuschließen – grundsätzlich Haushalts-Geräte und –Gefäße (Gläser, Teller, Tassen usw. usf.) benutzt werden.

Kapitel-Quellen und weiterführende Links:

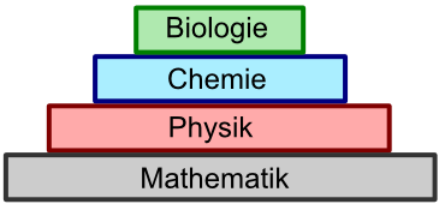
/1/ http://de.wikipedia.org oder www.wikipedia.org

empfehlenswerte Suchmaschinen im Internet:

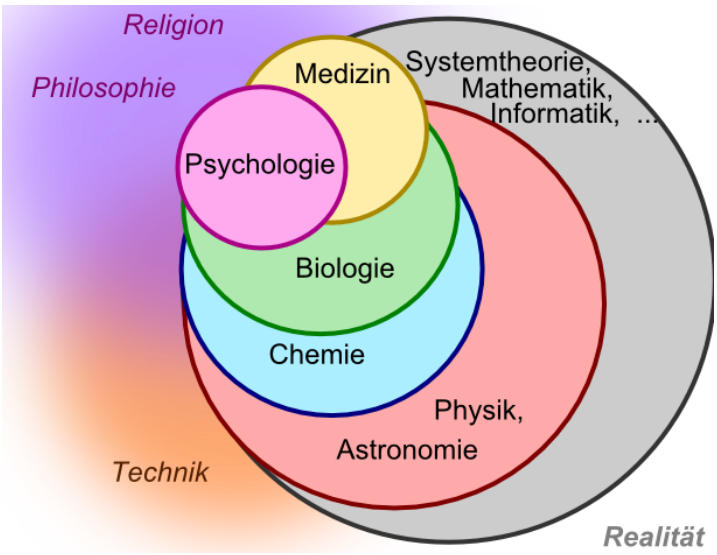
/i/ www.google.de
/ii/ www.exalead.de
/iii/ de.vivisimo.com
/iiii/ www.msn.de

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

0.1. die Wissenschaft "Biologie" und ihre Abgrenzung



Im historisch-klassischem Kontext sprach man früher noch von den drei Naturwissenschaften Physik, Chemie und Biologie. Schon das Hinzuzählen der Mathematik stellte viele Denker (/ die frühen Philosophen) vor erste Abgrenzungs-Schwierigkeiten.
Für einfache Betrachtungen eignete sich eine Pyramide, bei der die Naturwissenschaften auf der Mathematik basierten und aufeinander aufbauten.



Heute verschwimmen die Grenzen zwischen den Naturwissenschaften, den anderen Wissenschaften und der Technik so stark, dass man die Zusammenhänge, Beziehungen und Grenzen kaum noch exakt darstellen kann. Für zweidimensionale Schemata sind da die Möglichkeiten mehr als ausgeschöpft.
Aus menschlicher Sicht liegt die Biologie vielleicht irgendwo im (gefühlten) Zentrum. Und wir Biologen stimmen dem natürlich "unbedingt" zu.
Fast jede Wissenschaft hat heute zu allen anderen und der Technik in irgendeiner Form ein Übergangs-Gebiet.
Die Klassiker solcher Übergangsgebiete sind die Biochemie oder die Neurophysiologie. Bei der Biochemie ist die Einflußnahme der großen Naturwissenschaften Biologie und Chemie ganz offensichtlich und auch zentrales Thema.
Z.B. ist die Neurophysiologie ein Bindeglied mindestens zwischen Biologie, Medizin und Psychologie. Weiterhin steckt sie heute ihre Fühler noch in viele andere Gebiete aus. Von Informatik bis Chemie ist praktisch alles dabei. Selbst Bezüge zur Philosophie / Religion sind unvermeidbar.
Geht man von den Wortstämmen aus, dann ist die Biologie die Lehre (logos = griech.: Lehre, Wissenschaft) vom Leben (bios = griech.: Leben, das Lebendige). Lange Zeit war die Biologie eine empirische Wissenschaft. Es wurde beobachtet und gemessen und die Daten dann zusammengefasst und systematisiert. Heute wird die Biologie immer mehr zur ??? Wissenschaft.

Definition(en): Biologie
Biologie ist die Naturwissenschaft vom Leben bzw. den Lebewesen.
Die Biologie ist die Lehre (griech.: logos) vom Leben (griech.: bios).

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

0.1.1. Was ist Wissenschaftliches Arbeiten?

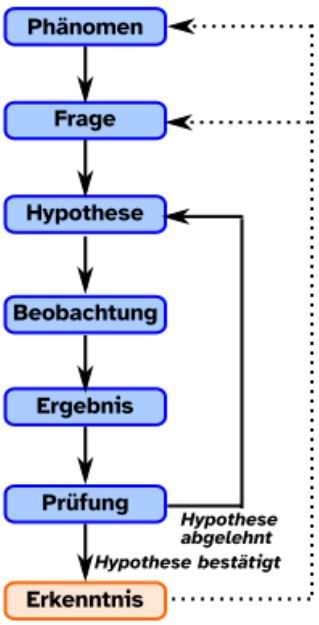
Die Biologie wird gerne von anderen “Wissenschaften“ und Glaubens-Richtungen okkupiert und für ihre Zwecke missbraucht. In diesem Skript beziehen wir uns auf die Wissenschaft Biologie mit ihrem ur-materialistischen Verständnis. Wissenschaften sind durch besondere Kriterien gekennzeichnet, womit sie sich im Einklang mit anderen (Natur-)Wissenschaften befindet und sich von anderen Betrachtungsweisen abgrenzt.
Wissenschaftliches Arbeiten ist durch bestimmte Merkmale gekennzeichnet.

Merkmale wissenschafliches Arbeiten	
• **Wiederholbarkeit / über- bzw. Nachprüfbarkeit**	die Ergebnisse müssen unabhängig geprüft werden können und dabei die gleichen Ergebnisse erzielt werden können
• **Offenheit**	alle Detail’s und Arbeits-Bedingungen angeben
• **Logik / Ableitbarkeit**	Aussagen usw. bauen aufeinander auf und sind noch den üblichlichen Regeln logisch verknüpft
• **Allgemeingültigkeit**	innerhalb eines Bereich’s gelten die Aussagen usw. für ähnliche und verwandte Probleme / Fragestellungen
• **Nachvollziehbarkeit**	Gedanken-Gänge usw. müssen für einen außenstehenden nachvollziehbar sein
• **Einfachheit**	bei mehreren möglichen Erklärungen / Ableitungen / … ist immer die einfachste zu wählen
• **Eigenständigkeit / Redlichkeit / Ehrlichkeit**	Zitierung oder Kennzeichnung (der Herkunft) fremder Inhalte
• **Vollständigkeit / Objektivität / Präzision**	möglichst alle Aspekte betrachten; neutral und von einer unabhängigen Position aus;
• **Methodisches und Zielgerichtetes Vorgehen**	kritisch und differenziert
• **Fundiertheit**	ausreichend genug Material / Recherche / Test’s / Versuche
• **Verständlichkeit**	Aussagen sind so formuliert, dass sie von anderen verstanden (und nachvollzogen) werden können
• **Begriffsklarheit**	eindeutige und aufeinander abgestimmte Definitionen
• **Darstellungsform / wissenschaftliche Form**	neutral und objektiv übliche Darstellungs-Form (z.B. Zeitschriften-Artikel, Master-Arbeit, …)
•	
•	

Glauben selbst ist nicht (natur-)wissenschaftlich. Er beruht meist auf Erfahrungen oder Traditionen. Die Theologie und angrenzende Lehren sind im Allgemeinen dann aber Wissenschaf-

ten. Sie erfüllen die obigen Kriterien. Sie beschäftigen sich wissenschaftlich mit dem Glauben, geistlicher Literatur usw. usf.

Am Anfang der wissenschaftlichen Arbeit / Erkenntnis-Gewinn's steht meist ein **Phänomen**. Das sind Beobachtungen, Messungen usw., die zum aktuellen Zeitpunkt (noch) nicht (logisch / wissenschaftlich) erklärt werden können.



Ein Beobachter od.ä. stellt sich dann die **Frage**, wie lässt sich der Sachverhalt erklären. Ein gläubiger Mensch begründet das Phänomen und seine Ursachen mit einem oder mehreren Göttern, seinen Glaubens-Grundsätzen od.ä.

Der (Natur-)Wissenschaftler entwickelt eine Fragestellung über den Ursprung und die inneren Zusammenhänge. Die Erklärungen sollten möglich logisch und nachvollziehbar sein. Weiterhin sollten wissenschaftliche Erklärungen immer stimmig mit anderen Wissenschaften und Wissens-Konstrukten sein. Gläubige Menschen können für alle Phänomene nur eine Ursache / Begründung angeben, und die ist der Glauben selbst. Und leider bleiben sie an dieser Stelle meist stehen.

Um nun die Fragen weiter zu untersuchen stellen Wissenschaftler **Hypothesen** auf. Sie beziehen sich auf einzelne Aspekte der Fragestellung. Die Hypothesen sind so gewählt, dass sie für sich einzeln geprüft werden können. Von vorn herein nicht prüfbare Hypothesen gehören in den Glaubens-Bereich.

Die einzelnen Hypothesen werden nun mit **Modelle**n, **Experimente**n und / oder **Simulation**en einzeln und möglichst mehrfach geprüft. Günstig ist auch eine Prüfung durch verschiedene Experimente, Modelle usw.

Nach den Experimenten / dem Modellieren / Simulieren folgt die Auswertung. Die **Ergebnisse** der Modellierung / Simulationen oder der Experimente werden bezüglich der Hypothesen bewertet.

Anschließend erfolgt die **Prüfung** der gesammelten Erkenntnisse aus den Experimenten / Simulationen usw. gegen die Praxis / die Realität-

Am Ende liegt eine **Erkenntnis** vor. Diese kann zur Fragestellung passen oder eben nicht. Manchmal ist auch wichtig zu wissen, dass etwas nicht durch eine bestimmte Theorie od.ä. zu erklären ist. Dann muss eben weiter gesucht werden. Das bedeutet, man kehrt zur Hypothesen-Bildung zurück und beginnt mit neuen Ansätzen. Scheitern gehört zum wissenschaftlichen Arbeiten dazu und ist überhaupt nichts Negatives, auch wenn man das persönlich vielleicht so empfindet. Solche Gefühle gehören aber nicht zum wissenschaftlichen Arbeiten.

Das besprochene Vorgehen wird **Induktion** (**induktives Vorgehen**, Induktions-Logik) genannt. Man geht dabei von Beobachtungen aus und erarbeitet sich schrittweise Allgemeines, Regeln oder Gesetze.

Beim **deduktiven Vorgehen** startet man bei bekannten Verallgemeinerungen, Regeln oder Gesetzen und kombiniert sie mit gemachten Beobachtungen (**Deduktion**, Deduktions-Logik). Stimmen sie, unterstützt dies die allgemeinen Aussagen. Passen die Beobachtungen aber nicht, dann muss über die Verallgemeinerung nachgedacht werden.

(Beurteilungs-)Kriterien (/ Leistungsmerkmale) von Theorien (UNGER, 1998)

formale Kriterien	
• **logische Korrektheit**	Theorie entspricht den Anforderungen der Logik
• **interne Konsistenz**	die Theorie enthält keine inneren Widersprüche
• **Reichweite**	die Theorie deckt einen größeren Geltungs-Bereich ab und aus ihr lassen sich weitere spezielle Theorien / Thesen ableiten
semantische Kriterien	
• **sprachliche Exaktheit**	die Theorie beinhaltet ein Minimum an intensionaler (hinsichtlich seiner Merkmale) und extensionaler (hinsichtlich seines Gültigkeits-Bereich's) Vagheit (Schwammigkeit) in ihren Inhalten und Konzepten
• **konzeptionelle Einheitlichkeit**	die Inhalte und Konzepte beziehen sich auf eine Interpretaions-Basis und es werden kompatible Begriffe / Begrifss-Systeme benutzt
• **empirische Interpretierbarkeit**	die Theorie ist operationalisierbar (umsetzbar / anwendbar)
• **Tiefe**	die Theorie deckt auch tieferliegenden Inhalte und Konzepte des Anwendungs-Bereich's ab
methodologische Kriterien	
• **Falsifizierbarkeit**	die Theorie ist an der Praxis prüfbar
• **Einfacheit (Persimonität)**	die Theorie ist einfach strukturiert und lässt sich leicht / stückweise testen
wissenschaftstheoretische Kriterien	
• **Erklärungskraft**	die Theorie ermöglicht die Erklärung einer Problemstellung innerhalb des Anwendungs-Bereich's
• **Allgemeinheit**	die Theorie Theorie lässt sich auf vergleichbare / verwandte Problemstellungen anwenden
• **Genauigkeit**	die Theorie zeigt die relevanten Einfluss-Faktoren auf und lässt ausreichend exakte Voraussagen / Ergebnisse zu
• **theoretische Plausibilität**	die Theorie ist kompatibel zum bekannten Wissen und Verfahren im Anwendungs-Bereich
• **sachbezogene Plausibilität**	mit der Theorie lässt sich Forschungsfragen ziel-orientiert bearbeiten
• **progressive Problemverschiebung**	die Theorie bringt einen Fortschritt innerhalb des Anwendungs-Bereich's
• **Stabilität**	die Theorie ist durch neuere Ereknntnisse und Verfahren erweiterbar

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

0.1.1.1. Hypothesen als Kerngeschäft der Wissenschaften

wissenschaftliche Hypothesen sind gegründete Voraussagen / Aussagen
haben vor der Überprüfung eine relativ hohe Wahrscheinlichkeit dafür, dass sie wahr sind
Aber Achtung, das muss nicht so sein! Hypothesen dürfen auch abgelehnt werden.

unbewiesene Vermutungen

Faust-Regel:
Vermutung (Wahrscheinlichkeit = 50 %); Voraussage / Hypothese (> 50 % wahr)

Hypothesen-Arten	
• **Unterschieds-Hypothesen**	es werden zwei oder mehr Sachverhalte, Gruppen, Phänomene miteinander verglichen gesucht werden Unterschiede notwendig ist eine kategorische (vorgegebene) Variable eine ordinale Variable wird dazu in Bezug gesetzt *typische Formulierung:* *Es gibt einen Unterschied zwischen … und ….* **Veränderungs-Hypothesen** können als ein Spezialfall angesehen werden, bei ihnen wird der zeitliche Verlauf betrachtet
• **Zusammenhangs-Hypothese** **Kausal-Hypothese**	es wird ein Zusammenhang od. eine Korrelation zwischen zwei Sachverhalten / Variablen gesucht notwendig sind hierfür mindestens zwei oridinal skalierte Variablen *typische Formulierung:* *Je mehr von …, desto mehr / weniger / höher / niedriger ist ….*
• **gerichtete Hypothese**	untersucht wird ein Zusammenhang zwischen zwei (od. mehr) Variablen / Sachverhalten / Phänomenen, für die aber keine Beziehung / keine Abhängigkeit definiert, aber eine Ursache-Wirkungs-Beziehung angenommen wird (/ derzeit unbekannt ist) es existiert eine unabhängige Variable und eine von dieser abhängige Variable *typische Formulierung:* *Je mehr von …, desto mehr / weniger / höher / niedriger ist ….*
• **ungerichtete Hypothese**	untersucht wird ein Zusammenhang zwischen zwei (od. mehr) Variablen / Sachverhalten / Phänomenen, für die aber keine Beziehung / keine Abhängigkeit definiert es interessiert nur, ob ein Zusammenhang besteht, nicht aber die Form oder Richtung *typische Formulierung:* *Der / Die / Das … wirkt sich auf … aus.*

weitere Unterscheidungs-Möglichkeiten von Hypothesen sind

- Individual-Hypothesen ← → Kollektiv-Hypothesen
- deterministische Hypothesen ← → probalilistische (Wahrscheinlichkeits-basierte) Hypothesen
- spezifische Hypothesen ← → unspezifische Hypothesen

Hypothesen sollten …

- allgemeingültig
- sachlich und objektiv
- theoretisch fundiert
- präzise (und leicht verständlich)
- empirisch prüfbar
- fasifizierbar (od. ev. sogar verifizierbar)

sein und sich in einzelnen Aussagen nicht widersprechen

wissenschaftliche Hypothesen bestehen meist aus einer **Null-Hypothese (H0)** und einer **Alternativ-Hypothese (H1)**
Bei der Null-Hypothese wird angenommen, dass es keine Zusammenhang zwischen den beiden Variablen / … gibt.
Die Alternativ-Hypothese ist die eigentlich Hypothese (mit dem angenommenen Zusammenhang).
Geprüft wird mit statistischen Verfahren (z.B. p-Test, Regression, Varianz-Analyse), ob zwischen beiden Hypothesen ein signifikanter (statistisch belegbarer) Unterschied existiert. Ist dies nicht so, dann muss die Alternativ-Hypothese (H1) abgelehnt werden. Es gilt weiterhin die Null-Hypothese.

Kausal-Hypothesen

Grundlage sind Beobachtungen oder Phänomene
gesucht wird die Ursache für die Beobachtungen oder die Phänomene
es wird eine Beziehung zwischen **Ursache und Wirkung** konstruiert
für eine spätere Prüfung (z.B. im Experiment, in einer Simulation, …) wird eine Annahme (Vermutung) formuliert
die Annahme ist abgeleitet aus bekannten / anerkannten Sachverhalten / dem aktuellen Wissens-Stand
die Annahme wird durch mindestens ein bessere mehrere – ev. auch aus unterschiedlichen Richtungen stammende – Argumente begründet (Erklärungs-Versuch)

Aufbau:

Kausal-Hypothese = Annahme + Begründung

Ein Ereignis oder ein (Ausgangs-)Zustand ist immer dann die Ursache für eine Wirkung oder einen (End-)Zustand, wenn die Wirkung direkt oder indirekt durch die Ursache herbeigeführt wird.

Beispiel:
Bei einer Zitrone wird der Saft das (klassische) pH-Testpapier rot färben. Eine Zitrone enthält diverse Fruchtsäuren, besonders aber Citronensäure. Citronensäure dissoziiert in Wasser zu Hydronium-Ionen (wasserstoff-Ionen; Protonen) und den Säurerrest-Ionen. Diese heißen Citrat-Ionen. Überschüssige Hydronium-Ionen sind charakteristisch für einen sauren Charakter einer Lösung. Das pH-Papier ist mit einem Indikator versehen, der genau diese überschüssigen Ionen mit einer Farb-Veränderung (hier nach rot) anzeigt.

Der Saft einer frisch angeschnittenen Zitrone bewirkt bei einem (klassischen) pH-Testpapier eine Rot-Färbung.
Auch Experimente mit fertigem Zitronen-Saft und auch Saft in verdünnter Form zeigen das gleiche Ergebnis.

Die Hypothese kann bestätigt (verifiziert) werden.
besser allerdings: Die Hypothese kann nicht abgelehnt (falsifiziert) werden. Beim Einsatz anderer Indikatoren können auch andere Verfärbungen beobachtet werden)

Beispiel:
Der Wind wird durch die Windräder erzeugt. Man kann immer dann, wenn sich die Windräder drehen auch Wind beobachten. Je stärker die Räder sich drehen, umso stärker ist auch der Wind.

einfache Beobachtungen stützen die Hypothese. Widersprüche gibt es aber z.B. in Gegenden, in denen keine Windräder sind und trotzdem ein teils kräftiger Wind zu beobachten ist – z.B. in den Bergen, mitten auf dem Ozean.
Von Winden wurde schon berichtet als es gar keine Windräder gab.

Hypothese muss abgelehnt (falsifiziert) werden!

0.1.1.2. Experimente planen

1. Festlegung der unabhängigen Test-Variable
diese Größe wird von uns im Experiment verändert (vergrößert / verkleinert)
üblicherweise finden wir die unabhängige Variable auf der Abzisse (X-Achse) eines Ergebnis-Diagramm's

2. Festlegung der abhängigen Ziel-Variable
diese Größe ist das Ergebnis der Veränderung der (unabhängigen) Test-Variablen
üblicherweise finden wir die unabhängige Variable auf der Ordinate (Y-Achse) eines Ergebnis-Diagramm's

3. Festlegung der Kontroll-Variablen / konstanten Bedingungen
die restlichen Größen sollten sich im Experiment nicht verändern (, es sein den sie hängen ursächlich mit einer der anderen Variablen zusammen)
besonders zu beachten sind Temperatur, (Luft-)Druck, pH-Wert

4. Festlegen eines Kontroll-Ansatzes / einer Blind-Probe

dies ist ein Experiment, in dem alle Bedingungen vergleichbar gehalten werden
im Ansatz fehlt aber die Test-Variable (z.B. ein nachzuweisender Stoff oder die unabhängige Größe)
eine weitere Sicherung des Ergebnisses kann durch eine Positiv-Probe erreicht werden. Dabei wird die Test-Variable so gesetzt, dass ein vorher gesichertes Ergebnis auftritt (z.B. Glucose-Test an einer Glucose-Lösung)

0.1.1.3. Erklärungen

Beim Erklären geht es darum, einen Sachverhalt / einen Prozess / … nachvollziehbar und verständlich zu machen. Dabei wird auf anerkannte Sachverhalte / bekannte Regeln und Gesetzmäßigkeiten aufgebaut und der Bezug zum Sachverhalt hergestellt.

kausale Erklärungen

Frage(n) nach der Ursache
"Wie ist es entstanden?" "Wie kam es zu …?"

proximate Erklärung (Wie kommt es zustande?)
aktual-kausale Erklärung
geht von einer proximaten (Nah-)Ursache aus
es werden direkte Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge beschrieben
in der Evolution: direkt wirkende Vorteile
in der Biologie meist Erklärungen, die auf physiologischen Fakten / Sachverhalten basieren

ultimate Erklärung (Wie ist es zustande gekommen?)
historisch-kausale Erklärung
geht von einer ultimaten (Fern-)Ursache aus
langfristige / abgelaufene Vorgänge
historische Abläufe, die als Bericht / Geschichte notiert werden können
in der Evolution: Selektions-Vorteile
in der Biologie meist Erklärungen, die auf der Basis von genetischen und evolutionären Prozessen getätigt werden

sollten von **funktionalen Erklärungen** (perspektivisch wirkend; Zweck-orientiert) abgegrenzt werden

funktionale Erklärungen

Frage nach der Funktion (in Zelle / Organismus / Ökosystem / …)
"Wozu dient …?"

diese werden von uns reingedeutet, ev. subjektiv
meist ausgehend von einer persönlichen Bewertung eines Sachverhalt's oder Prozesses
(typisch: "E(twa)s ist gut / schlecht …")

in der Evolution ist kein Ziel festlegbar (es kann nur anhand der Angepasstheit geprüft werden, ob eine Evolution stattgefunden hat (was zukünftig passiert oder wie etwas wirkt bleibt offen / unbekannt)

0.1.2. Was ist Leben?

Intuitiv beantworten wir die Frage nach der Zugehörigkeit eines Objektes zum Lebendigen und Nichtlebendigen fast immer richtig, nur in wenigen Grenzfällen haben wir Schwierigkeiten, die aber vielleicht auch wieder daher kommen, dass Wissenschaftler (Biologen) irgendwann eine klare – z.T. auch willlürliche – Grenze gezogen haben – deren Lage wir nicht kennen (können) oder diese für uns nicht greifbar ist.
Ähnlich wie bei Unterscheidung von Pflanze und Tier haben wir im Groben ein Problem, die Aufgabe zu erfüllen. Aber wenn auf der Ebene vieler (urtümlicher) Einzeller differenziert werden soll, dann tauchen durch die Vielzahl von Übergangsformen große Schwierigkeiten auf.
Derzeit ist es schwierig bzw. fast unmöglich eine exakte Definition des Begriffs Leben zu geben. Eine abgeschlossene Begriffsbestimmung gibt bis heute nicht. Und selbst für die größeren Definitionen fehlt oft auch wieder eine breite – außerbiologische – Akzeptanz.
Zu Anfang hat man die Zugehörigkeit der Organismen zum Leben über die stoffliche Zusammensetzung versucht. Das Lebendige wurde mit den organischen Stoffen assoziiert. Im Prinzip war dies aber eine Zirkeldefinition über die Wissenschaften hinweg, denn der Begriff "organisch" wurde in der Chemie wiederum mit dem Lebendigen verknüpft. Spätestens mit den Synthesen von SCHEELE (Oxidation von Zucker zu Oxalsäure) und WÖHLER (Ammoniumcyanat zu Harnstoff) verschwimmen die Grenzen zwischen anorganischer und organischer Chemie. Heute wird eine künstliche Grenze gezogen, die man aber so nicht einfach auf biologische Fragestellungen übertragen kann. FISCHER setze dann mit der Synthese von Polypeptiden aus Aminosäuren einen entgültiges Todeszeichen für diese Art der Unterscheidung. Heute sind wir prinzipiell in der Lage, jeden organischen Stoff künstlich herzustellen.
WOLPERT versucht in seinem Buch eine grobe Merkmals-Charakterisierung des Lebens (z.B. aus /32, S. 34/):

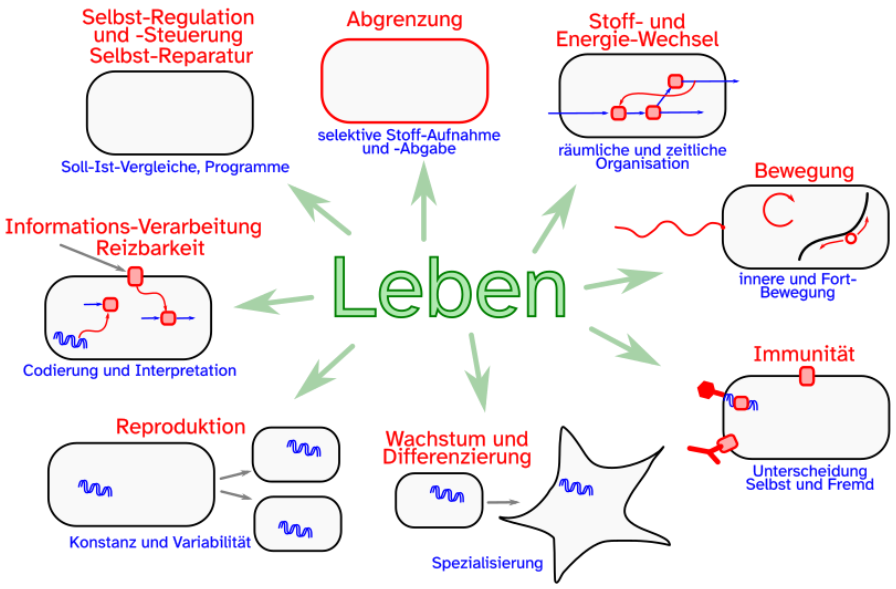
- Leben ist an Zellen gebunden
- Reproduktionsfähigkeit, um sich selbst zu vermehren und zu wachsen
- selbstständige Steuerung, Energie für alle Lebensvorgänge bereitstellen (z.B. um sich fortzubewegen und gebrauchte Moleküle aufzubauen)
- Tod

Das Merkmal "Tod" erscheint mir aber als Charakteristikum für Leben nicht geeignet. Zum Einen stellt es genau das Gegenteil dar, und zum Anderen kann man aus meiner Sicht den Tod als Lebens-Merkmal nur auf (echte) mehrzellige Organismen anwenden. Bei Einzellern kommt es bei der Zell-Teilung ja nicht wirklich zum Tod der Mutter-Zelle, sondern sie lebt direkt in ihren Töchtern weiter.
Relativ weit verbreitet ist die Charakterisierung von lebenden Systemen über die folgenden

Merkmale

- **Individuation** (**Abgrenzung** gegen Umwelt, **zellulärer Aufbau** (Zelle als Grundbaueinheit))
- (eigener) **Stoff- und Energiewechsel**
- **Wachstum und Entwicklung** (Differenzierung)
- **Vermehrung und Fortpflanzung** (Selbstreproduktion)
- **Vererbung** (der eigenen Merkmale) (eigene Informations-Träger)
- **Reizbarkeit**
- (reproduzierbares und passendes) **Verhalten** (Kommunikation)
- **Immunität** (Erkennung von Fremden und Eigenem)
- **Bewegung** (aus sich selbst heraus)
- **Selbstorganisation**
- (evolutionäre) **Anpassung** (Mutations-Fähigkeit)

Die Merkmale sind dabei UND-verknüpft, was bedeutet, dass alle Merkmale zutreffen müssen. Fehlen eines oder mehrere, dann kann das Objekt nicht mehr als lebend betrachtet werden.
Obige Merkmals-Liste wird von vielen Schul-Biologen als akzeptabel eingestuft.



Problematisch – aber zentral wichtig – bei all diesen Merkmalen ist die Charakterisierung über den zellulären Bau. Versucht man nun diesen zu definieren oder abzugrenzen, dann kommt man an den anderen Merkmalen des Lebens nicht vorbei, nur lebende Zellen würden wir als Zellen im biologischen Sinne anerkennen. Hier haben wir es quasi mit einer selbstbezüglichen Definition zu tun. Das führt uns im streng wissenschaftliche Sinn nicht weiter.
Nimmt man dagegen die Zelle als das Lebens-Äquivalent, dann lassen bestimmte Kennzeichen definieren.

Kennzeichen einer lebenden Zelle

- sie hat sich aus einer anderen Zelle entwickelt / sie stammt von einer anderen Zelle ab
- sie ist nach Außen durch eine (Zell-)Membran abgegrenzt
- sie kann wachsen
- sie besitzt einen vollständigen Satz an Erbinformationen
- sie kann sich (weiter-)entwickeln / differenzieren
- sie ist komplexer als ihre Umgebung (/ direkte Umwelt)
- sie tauscht mit der Umgebung (/ direkten Umwelt) Stoffe und Energie aus
- sie ist zu biosynthetischen Vorgängen fähig
- ihre Tansport-, Stoff- und Energiewechsel-Vorgänge sind dynamische Fließ-Gleichgewichte
- sie speichert Energie
- sie oder ihre Gemeinschaft besitzt eine höhrere Ordnung als die Umgebung (/ direkte Umwelt)
- sie selbst oder ihre Bestandteile sind zu Bewegungen befähigt, die auch unabhängig von äußeren Einflüssen ablaufen
- sie reagiert auf äußere Reize (mit angemessenem / Art-spezifischem Verhalten)

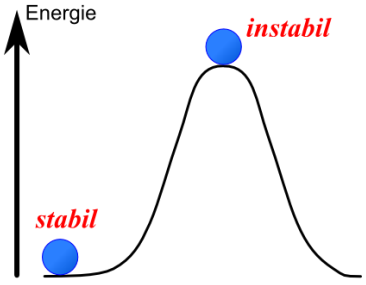
Diese sind doch recht ähnlich zu den Begriffen in der "Schul-Biologie"-Definition.
Wissenschafts-theoretisch wäre es sehr gut, wenn man sich zur Beschreibung des Lebens (und damit dem Kern der Biologie) von biologischen Begriffen entfernen und dafür lieber Merkmale und Eigenschaften aus anderen Wissenschaften benutzen würde. Praktisch müssen dies dann Wissenschaften sein, auf der die Biologie aufbaut, also Chemie und / oder Physik. Nur diese übergeordneten Naturwissenschaften bieten allgemeingültige Begriffe und Kategorien, die für alle biologischen Systeme zutreffen müssen.
Aus "Purves Biologie" /35, S. 4f/ stammen inhaltlich die folgenden Charakteristika für die meisten Organismen:

- gleiche Zusammensetzung aus organischen (Makro-)Molekülen (Kohlenhydrate, Fettstoffe, Proteine und Nukleinsäuren)
- bestehen aus Zellen
- benutzen Energie aus der Umwelt und nutzen diese für eigene Vorgänge
- verwenden Nukleinsäuren als genetisches Material
- verwenden den gleichen molekularen Code für Proteine
- regulieren ihr inneres Niveau
- existieren in Populationen, die der Evolution unterliegen

So notiert, sind die Merkmale schon etwas "Biologie-freier".
Zur Charakterisierung des Leben's würde sich die Medizin eher nicht eignen, da sie eben nur menschliche "Problemchen" bearbeitet, aber kaum auf Pflanzen oder Pilze eingeht.
Erste umfassende physikalische Annäherungs-Versuche stammen von SCHRÖDINGER (1943) und haben auch heute in der Wissenschafts-Welt noch viele Anhänger. Er beschreibt das Leben im Wesentlichen als besonderes thermodynamisches System, kann aber über die wirklichen biologischen Sachverhalte gar keine Aussagen machen.
Ungeklärt bleibt aber z.B. auch, warum ein solches "lebendiges" System sich nicht so, wie die anderen physikalischen Systeme verhält und einfach den thermodynamisch stabilsten Zustand – also den Tod – anstrebt.
Aus meiner Sicht muss es noch eine unbekannte (systemische, physikalische oder chemische) Kraft / Größe geben, die lebendige System sozusagen "zwingt" am Leben zu bleiben und wieder Leben zu zeugen.
Ganz Allgemein wäre natürlich auch noch eine ganz andere Kraft oder so etwas Ähnliches möglich (z.B. Gott od. ein anderer Erschaffer), aber dafür gibt es aus wissenschaftlicher Sicht nicht annähernd genug Beweise oder auch nur Hinweise.
Aus physikalischer und systemtheoretischer Sicht:

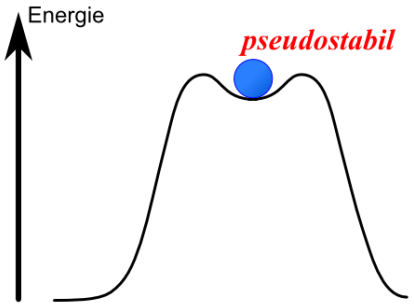
- (ausschließliches, sich) selbst-reproduzierendes System
- pseudostabiles / instabiles thermodynamisches System entfernt vom thermodynamischen Gleichgewicht (Energiesenke / Energieminimum)
- System mit Entropie-Absenkung (aktive Schaffung von Ordnung)
- Komplexität, die über das Maß einer zufälligen Entstehnung weit hinausgeht

Beim Leben spricht der belgische NOBEL-Preisträger Ilya PRIGOGINE von sogenannten dissipativen Systemen. Das sind Systeme in besonderen "Gleichgewichts"-Zuständen. Der "lebendige" Systemzustand liegt entfernt vom thermodynamischen Gleichgewicht (Zustand der geringsten Energie). Dabei wird ständig nützliche Energie aufgenommen und nutzlose / nicht nutzbare Energie abgegeben (z.B. Wärme).
Systeme mit hoher Energie sind prinzipiell instabil. Sie streben immer einen stabilen – Energie-ärmeren - Zustand an (2. Hauptsatz der Thermodynamik). Diese Tendenz gilt auch für alle Systeme gemeinsam und ist allgemeingültig.

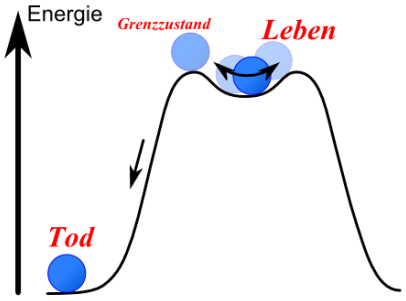


Die Aussagen zur Stabilität eines Systems haben ewas mit der Wahrscheinlichkeit der möglichen Zustände zu tun. Auf dem Energie-Berg gibt es nur eine einzige stabile Situation. Diese ist im Vergleich zu den vielen anderen Zuständen sehr selten. Schon geringste Veränderungen oder Einflüsse von Außen bringen diesen Zustand aus dem Gleichgewicht.
Praktisch alle (anderen) Energie-Situationen führen unmittelbar zum Energie-ärmsten – oder zwischenzeitlich zu einem Energie-ärmeren – Zustand. Dieser ist sehr häufig und in sich stabil.

Quasistabile bzw. pseudostabile Systeme besitzen eine lokale oder temporäre (örtlich oder zeitlich begrenzte) Energie-Senke. In dieser ist das System stabil. Es kann innerhalb des kleinen Tales auf Einflüsse und Veränderungen reagieren. Bei größeren Beeinflussungen kann es passieren, dass das System die Energie-Senke verlässt. In den meisten Fällen wird das System dann wieder in den ein Energie-ärmsten (Dauer-)Zustand übergehen. Eine Rückkehr in den pseudostabilen Zustand ist dann sehr unwahrscheinlich.



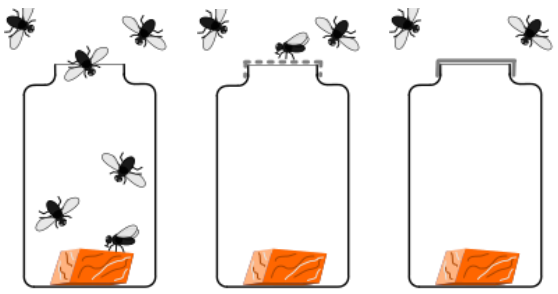
Zeitweilig und / oder örtlich sind die meisten Systeme pseudostabil. Jedes System ist aber auch wieder in ein übergeordnetes System eingeordnet.
Aus diesem heraus betrachtet unterliegt es der übergeordneten Tendenz immer und tendenziell eine Energie-Senke anzustreben.
Das Leben stellt man sich als so einen pseudostabilen Zustand, eines – in sich dynamischen – Systems vor.
Durch innere und äußere Einflüsse schwanken die Zustände. Das lebende System gleicht die Störungen aus und pegelt sich wieder in einem pseudostabilen Zustand ein, um dann (gleich wieder oder fortlaufend) erneut den Einflüssen ausgesetzt zu sein.



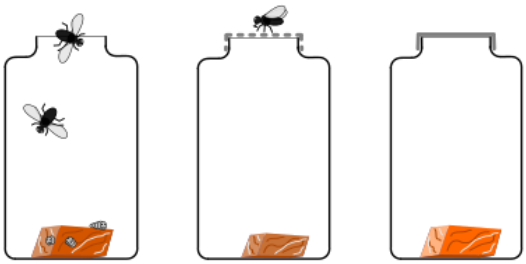
Letztendlich streben alle Systeme und damit auch das Weltall als Ganzes dem Energie-ärmsten Zustand entgegen. Das würde einer völlig homogenen Verteilung aller Elementar-Teilchen entsprechen. Dann wäre die Unordnung (Entropie) am größten und die Temperatur des Weltalls am geringsten (praktisch 0 K).
In der Literatur findet man diese Situation als Wärmetod des Weltall's beschrieben. Ob dies wirklich so eintrifft, ist heftig umstritten (s.a. z.B. HAWKINS).
Aus einer anderen Perspektive kommt man zu den folgenden

0.1.2.1. historische Erkenntnisse zum Thema Leben

Lange glaubte man an die Urzeugung von Leben. Diese These wurde von der Kirche als Interpretation der bilischen Bücher propagiert. Und wahrscheinlich entsprach es auch den Alltags-Erfahrungen der Menschen. Leben soll einfach so aus Staub und Dreck entstehen, was man eben als Urzeugung versteht. Francesco REDI bezweifelte dieses Konzept.
Um 1668 führte er ein wissenschaftliches Experiment durch, mit dem er die These von der Urzeugung widerlegte.
Er legte in drei Gläser jeweils ein Stück Fleisch. Das erste Glas ließ er offen, so dass Fliegen das Fleischstück besuchen konnten. Über die Öffnung des zweiten Glases spannte er eine Luft-durchlässige Gaze. Zum dritten Glas haten die Fliegen keinen Zugang, weil es mit einem Deckel verschlossen wurde.

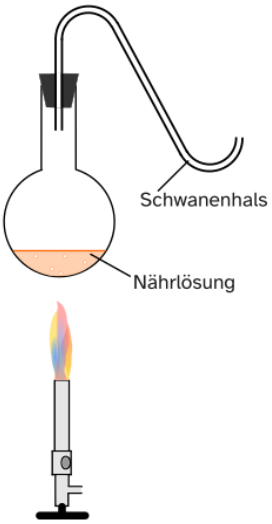


Nach einigen Tagen beobachtete er beim offenen Glas ein reges Treiben von Fliegen-Maden. Im zweiten Glas war das Fleisch leicht ausgetrocknet und begann zu verderben und beim letzten – dem verschlossenen – Glas war das Fleisch fast unverändert.
REDI schloss nun daraus, dass es zur Erzeugung von neuem Leben (hier die Fliegen-Maden) immer auch eine lebende Quelle (besuchende Fliegen) geben muss.

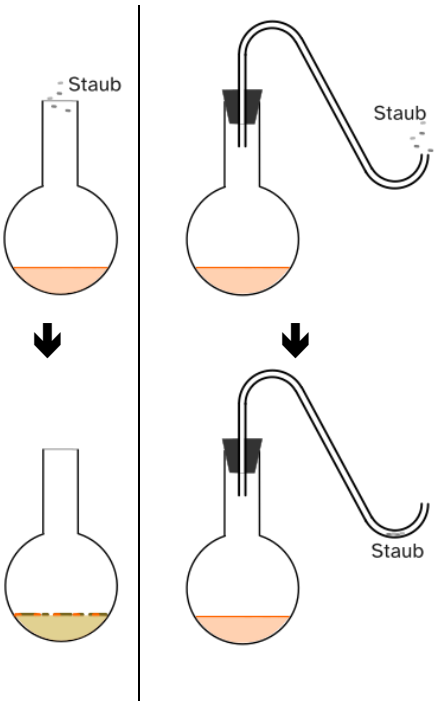


Besteht kein Kontakt zu lebenden Organismen, dann bilden sich auch keine Fliegen-Larven.
Dass der verderb von Fleisch auch auf die Aktivität von Lebewesen (Bakterien) zurückzuführen ist, konnte er nicht wissen. Deren Entdeckung erfolgte erst viel später.

Dass aber genau auch diese Mikroorganismen als Lebens-Quelle möglich sind und für neues Leben gebraucht werden, dass untersuchte Louis PASTEUR um 1864.
Er benutzte einen Kolben, in dem sich ein Nährmedium befand.
Das Nährmedium war so ausgewählt, dass sich normalerweise schnell Kulturen unterschiedlichster Bakterien und Hefen darauf und darin entwickelten.
PASTEUR erhitzte die Nährlösung. Verdampftes Wasser konnte über einen sogenannten Schwanenhals entweichen.
Aus seinen vorherigen Forschungen wusste PASTEUR, dass die Hitze die vorhandenen Mikroorganismen abtötet. Durch die lange Struktur des Schwanenhalses konnte Bakterien auch nicht wieder (so schnell) eindringen.



Blieb der Schwanenhals auf dem Kolben, dann entwickelten sich keine Bakterien in der Nährlösung. Eingedrungener Staub sammelte sich in der unteren Biegung des Schwanehalses, konnte aber nicht in die Nährlösung gelangen.
Erst wenn er einen Kolben öffnete, konnte Staub in den Kolben gelangen und die Nährlösung infizieren.
Die Mikroorganismen konnten sich prächtig in und auf der Nährlösung vermehren.



Aufgaben:

1.
2. *Planen Sie ein Experiment, mit Sie nachweisen können, dass die Mikroorganismen wirklich mit dem Staub in die Nährlösung gelangt sind!*

0.1.2.2. weitere / moderne Aspekte des Phänomen's Leben

Aspekte(n) biotischer Systeme	
• **Struktur und Funktion**	→ Baukasten-Prinzip → Schlüssel-Schloss-Prinzip → Oberflächen-Vergrößerung
• **Stoff- und Energie-Umwandlung**	→ Produzenten, Konsumenten, Destruenten → Nahrungsnetze und Nahrungsketten → Assimilation (Photo- bzw. Chemo-Synthese, hetereotrophe Assimilation) → Dissimilation (Gäringen, Zellatmung) → Stoff- und Energie-Transport → Endocytose, Exocytose
• **Steuerung und Regulation**	→ Gen- und Enzym-Regulation → Stoffwechsel-Regulation → Homöostase () → Konkurrenz, Parasitismus, Symbiose → Populations-Dichte
• **Reproduktion**	→ ungeschlechtliche oder geschlechtliche Fortpflanzung → Zellteilung (Spaltung, Mitose, Meiose) → Replikation
• **Variabilität und Angepasstheit**	→ genetische Variabilität / Mutationen → Enzym-Ausstattung / Plastizität von Proteinen → Gen-Regulation → CAM- / C4-Pflanzen / Xero-, Meso- und Hydrophyten (Sonnen- und Schatten-Blätter) → Modifikationen → ökologische Nische → Art-Bildung
• **Information und Kommunikation**	→ Reiz-Aufnahme / -Umwandlung → Erregungs-Weiterleitung und -Verarbeitung → Hormone und Hormon-Regulation → Gen-Expression und -Regulation → Pheromone
• **Kompartimen-tierung**	→ selektive Abgrenzung (Reaktions-, Speicher- und Entsorgungs-Räume) → Zell-Organellen, Mikrobodies, Membran-Strukturen
• **Geschichte und Verwandschaft**	→ Abstammung und Stammbäume → Co-Evolution → Endosymbiose → molekulare Homologien

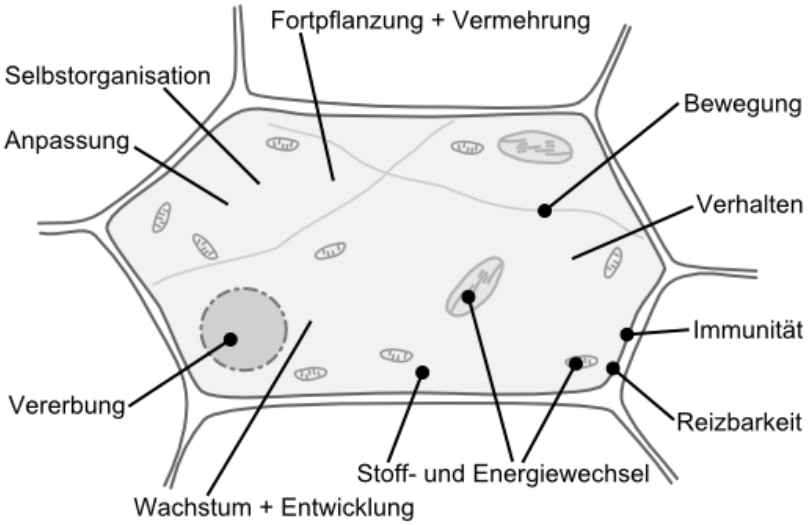
Über die grobe Zuordnung (positivierenden bzw. negativierenden Faktoren) der folgenden Eigenschaften zu den großen Gegensätzen versuchte man einen anderen Zugang, um Leben zu charakterisieren.

Gemeint ist die Veränderung des "chemischen, energetischen und morphologischen Potentials" /30; S. 5/ durch die Systeme.

positivierende Faktoren		negativierende Faktoren	
Selbstorganisation		Selbstzerstörung	
Organisation		Desorganisation	
Differenzierung		Entdifferenzierung (Angleichung)	
Anergenese (Entstehung neuer Arten durch Anpassung)		Katenergese ()	
Ektropie (Bildung, Ordnung, Information)		Entropie (Unordnung, Zerfall,)	
Assimilation		Dissimilation	
Synthese		Analyse	
Hebung		Senkung	
⇨ **lebendige Substanz**		⇨ **nichtlebende Substanz**	

geändert nach /30; S. 5/

Lebendigen Systemen ist eine gewisse Autonomie eigen, die von dauerhaften doppelsinnigen Steuerungen und Regelungen, Energie- und Stoffwechseln und Formenwechseln getragen wird. Wenn wir uns in solche Art von Charakterisierung von lebenden Systemen begeben, dann kommen wir schnell an unsere Grenzen. Schule beschäftigt sich eben sehr wenig mit allgemeiner System-Theorie.
Aus meiner Sicht sind deshalb die vorne beschriebenen - "biologisch"-orientierten - Merkmale, auch wenn sie Wissenschafts-theoretisch bedenklich sind, derzeit die beste Kompromiß-Lösung.



Auch die nachfolgenden Merkmale und Beschreibungs-Versuche für das Leben bringen keinen echten Fortschritt und sind eher für "höhere" Diskussionen geeignet.

auch: Leben ist ein natürliches, sich selbst reproduzierendes System, dass sich in einem dynamischen Gleichgewicht befindet und eine Gleichgewichtslage einnimmt, die vom thermodynamischen Minimum entfernt ist. Lebende Systeme erzeugen unter Energie-Verbrauch Ordnung aus Unordnung (Entropie-Abnahme).

biologische Systeme entstehen immer nur aus sich selbst heraus, können nicht aus dem Nichts entstehen, eine Urzeugung ist nicht möglich (offener Anfang, offene Frage: Wie ist die erste Zelle (das erste Lebewesen) entstanden?)

Ein interessanter Ansatz ist es, Leben aus der großen Brille der Evolution zu betrachten und Prinzipien und Tendenzen als Kriterien zu benutzen. Das orientiert sich auch sehr an dem Leitsatz von DOBZHANSKI, "dass nichts in der Biologie einen Sinn macht, außer man betrachtet es im Licht der Evolution".

Prinzipien des Lebens / Prinzipien der Evolution

das Prinzip von Größe und Kleinheit

Größe und Kleinheit von Organismen sind nicht beliebig
beides hat Vor- und Nachteile
Größe bietet Schutz gegen Räuber
erfordert aber auch sehr große Ressourcen (Lebensraum, Nahrung, Bewegungs-Energie, …)
weiterhin kommen lange Generations-Zeiten dazu
dies erschwert aber auch wieder die Anpassung an sich ändernde Lebens-Bedingungen
deshalb sind hier meist nur kleine Populationen möglich
große Organismen verfolgen eher eine K-Strategie (→ 🕮 **Ökologie**)

kleine Organismen sind eher r-Strategen (→ 🕮 **Ökologie**)
sie brauchen weniger Resourcen, können sich schneller und in größerer Zahl vermehren
sie haben kürzere Generations-Folgen und sind damit schneller anpassungsfähig
Kleinheit ist aber mit einem geringen Schutz verbunden
kleine Organismen sind die ausgewählte Nahrung von – eben größeren – Räubern
die Ressourcen der Umwelt stellen für sie kaum ein Problem dar, ihre Populations-Größe wird vor allem vom Vermehrungs-Faktor r abhängig (und eben von den begrenzenden Freßfeinden)
kleine Organismen werden eher gefressen, als dass sie einen natürlichen Tod erreichen

das Prinzip von Mangel und Überfluß

Mangel ist in der Natur die normale Situation
neben konkurrierenden Arten / Individuen können es auch ungünstige Jahreszeiten oder Wetter-Extreme sein
Organismen können durch Anlage von Speichern bestimmte Mangel-Phasen besser überstehen
andere Lebewesen bilden Sporen (Bakterien) oder kapseln sich ab
auch mit einer Spezialisierung kann es gelingen den Mangel zu beherrschen
Der Überfluß ist etwas, was scheinbar nicht so richtig in die Welt des Mangel's passt. Dabei ist es gerade der Überfluß, der für Nahrung sorgt. Die r-Strategen produzieren Nachkommen im Überschuß. Sie dienen in der Masse als Nahrung. Nur wenige kommen durch und können sich vermehren.
Alle Organismen – auch die K-Strategen – bilden mehr Nachkommen, als es direkt notwendig wäre. Dadurch werden Verluste im Lebens-Verlauf, aber solche Nachteile, die durch genetisch benachteiligte Organismen entstehen, ausgeglichen. Von der Überproduktion wird quasi die gesamte Bio-Welt angetrieben. Letztendlich bildet sich dann aber ein bestimmtes Gleichgewicht (in dem der tägliche Mangel herrscht) heraus.

das Prinzip der Spezialisierung

in der Natur ist die Konkurrenz (→ 🕮 **Ökologie**) ein wichtiger begrenzender Faktor
bei der intra-spezifische Konkurrenz (also, die innerhalb der eigenen Art) kann ein Organismus nur durch bessere Gene – entspricht einer besseren Anpassung – mitmachen (→ 🕮 **Genetik**)
Anders bei der inter-spezifischen Konkurrenz. Hier konkurrieren mehrere Arten um die gleichen Ressourcen. Hier hilft ev. auch eine bessere Anpassung. Noch effektiver ist aber eine ausgeprägte Spezialisierung (auf eine bestimmte Ressource oder eine bestimmte Form der Ressourcen-Nutzung). Die Spezialisierung führt z.B. bei Parasiten zur Anpassung an einen einzigen Wirt. Oder bei der Nahrung wird sich auf eine spezielle oder neue konzentriert. Diese Nahrung wird aber besonders effektiv ausgenutz.
Für Pflanzen kann das z.B. die Nutzung von sehr Nährstoff-armen oder besonders belasteten (z.B. mit Schwermetallen) Böden sein.
die Anpassung von Arten an spezielle Ressourcen durch Konkurrenz-Ausweichung wird in der Ökologie Einnischung genannt (→ 🕮 **Ökologie**)
Spezialisierung ist mit einem großem Nachteil verbunden: Fällt die Ressource weg oder ändert sie sich aprupt, dann kann dies schlimme Folgen für den Spezialisten haben. Hier hilft dann nur schnelle Anpassung.
Generalisten – also die Gegenstücke zu den Spezialisten – haben es da leichter. Sie kommen i.A. mit Veränderungen besser klar. Dafür ist ihr tägliches Dasein von der Konkurrenz geprägt.

das Prinzip der Fusionierung bzw. Aggregierung

Um größere Gebilde entstehen zu lassen, schließen sich Zellen zuerst zu Kolonien und dann später in der Evolution auch zu mehrzelligen Organismen zusammen (→ 3.2.1. vom Einzeller zum Mehrzeller). Einige der Vorteile haben wir bei den vorherigen Prinzipien schon aufgezeigt. Die immer größere Zusammenlagerung führt zu immer mehr Möglichkeiten der Spezialisierung. Eine der Richtungen dieser Spezialisierung ist die Herausbildung von Geschlechts-Zellen mit dem halben Gen-Bestand des jeweiligen Organismus. Die unterschiedlichen Geschlechts-Zellen fusionieren wieder und bilden dadurch wieder einen Organismus mit vollständigem Gen-Bestand. Der große Vorteil liegt hier in der schnellen und breiten Mischung der Gene.
Auch höhere Pilze sind ein Beispiel für den Erfolg von Fusionen. Die einzelnen Zellen in den Pilz-Fäden (den Hyphen) verschmelzen miteinander, so dass ein mehrzelliges Gebilde entsteht. Dieses nennen wir Syncytium (z.B. → 1.2.2.3. Pilz-Zelle (pilzliche Eucyte)).
Pilze aggregieren auch mit einigen Organismen ganz anderer Klassen. An den Wurzeln vieler Pflanzen bilden sie ein Geflecht (bei Pilzen Mycel genannt), dass eine Vergrößerung der Aufnahmefläche für Nährstoffe und Wasser für die Pflanze ermöglicht. Der Pilz bekommt als "Gegen-Leistung" hochwertige organische Nährstoffe von der Pflanze.
Mit Algen bilden Pilze Gebilde, die Flechten genannt werden. Pilz und Alge sind in den Flechten schon so intensiv aufeinander abgestimmt, dass sie ohne den Partner nicht mehr lebensfähig sind.


Flechten -Symbiose aus Pilz und Grünalge

Symbiose, wie wir das direkte Zusammenleben von Arten zum gegenseitigen Vorteil nennen (→ 🕮 **Ökologie**), ist eine weit verbreitete Art der Aggregation.

Aus der neueren genetischen Forschung wissen wir, dass Organismen sich genetisches Material anderer Arten einverleiben. Bakterien tun dies über Brücken-artige Verbindungen untereinander. So können z.B. Resitenzen gegen Antibiotika schnell in Bakterien-Kulturen verbreitet werden.
Nicht ganz freiwillig erfolgt auch die Integration von genetischem Material von Viren in das Erbgut der Wirte. Hier fusionieren Gene der Viren mit dem Gen-Material der Wirte. Vielfach kommt es zwar zur Schädigung des Wirtes, aber in einigen Fällen bringt es den stärksten / überlebenden Wirten auch Vorteile. Neben der Resistenz gegen das Virus, können das auch ganz andere Möglichkeiten (z.B. Ermöglichung der Schwangerschaft bei Säugern) sein.

das Prinzip von Differenzierung und Wachstum

Würden sich Zellen nur teilen und dann wachsen, können praktisch nur Zell-Haufen entstehen. Erst durch Spezialisierung einzelner Zellen können bestimmte Bildungen, wie Wurzeln oder Gliedmaßen entstehen. Die geordneten Vorgänge der Spezialisierung von Zellen oder Zell-Komplexen nennen wir Differenzierung. Gerade in Mehrzellen sind Wachstum und Differenzierung untrennbar vereinte Prozesse. Nur in geregelten Abläufen können Organe usw. entstehen.

das Prinzip der Selbstregulation und Selbstorganisation

Eines der großen Rätsel der Lebewesen ist ihre nahezu perfekte und von evolutionärem Ergeiz getriebene Stabilität. Der Stoffwechsel der Zelle scheint perfekt zu funktionieren. Zigtausende (bio-)chemische Reaktionen laufen gleichzeit und harmonisch ab. Durch Steuerung durch den Zellkern werden Anpassungen vorgenommen und kontrolliert. Signale aus der Umgebung beeinflussen den Stoffwechsel, aber in den meisten Fällen reagiert der Stoffwechsel der Zelle insgesamt "sinnvoll".

das Prinzip der Kompartimentierung

Damit viele tausende Prozesse in einer Zelle oder in einem Organismus parallel und für sich ablaufen können, müssen diese voneinander abgegrenzt werden.
In den Zellen finden wir verschiedene Möglichkeiten. In allen Zellen kommt es im Zytoplasma durch Bildung von Regionen mit unterschiedlichem Wasser-Gehalt zu mehr oder weniger abgegrenzten Bereichen. Flüssige Bereiche enthalten mehr Wasser – ev. aus Reaktions-Produkten der dort ablaufenden Vorgänge. Sie werden als Sol bzeichnet. Die eher dickflüssigen – Wasser-ärmeren – Bereiche heißen Gel. Hier wird Wasser z.B. für Reaktionen verbraucht.
Ab den höher entwickelten Zellen (Eucyten) kommen noch zwei weitere Möglichkeiten der Kompartimentierung hinzu. Da sind zum Einen die verschiedenen Membran-System, die eine weitaus bessere Abgrenzung ermöglichen. Das ist bei den deutlich größeren Eucyten auch notwendig. Zu diesen Membran-Systemen gehören das Endoplasmatische Retikulum und der GOLGI-Apparat. Zum Zweiten besitzen die Eucyten abgegrenzte und eigenständige Zell-Organellen – die sogenannten Plastiden (Mitochondrien und Chloroplasten).
In den einzelnen Bereichen können sehr spezielle (bio-)chemische Reaktionen ablaufen.
Die Kompartimentierung setzt sich auf der Ebene der Zelle als solches fort. Auf höheren Ebenen kommen dann Gewebe, Organe, Organsysteme, Organismen, Populationen und Ökosysteme dazu.

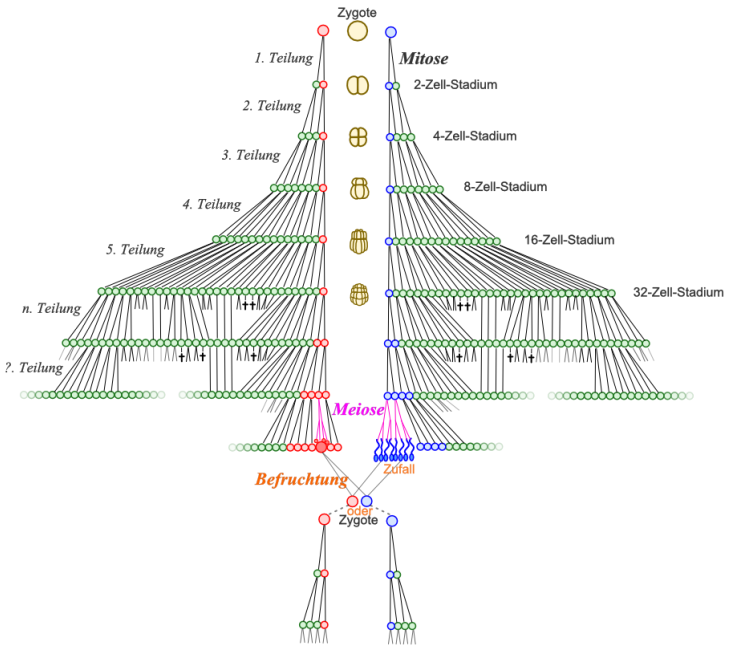
das Prinzip der Modularität

Viele Organismen folgen gleichartigen Aufbau-Prinzipien. So gibt es ähnliche innere Organe oder vergleichbare Sinnesorgane usw. usf. Diese komplexen Strukturen sind die Folge von ständigen evolutionären Anpassungs-Prozessen. Für jedes Organ existiert der gleiche evolutionäre Druck. Die Gene für die Organe unterliegen Veränderungen (→ Mutationen (→ 🕮 **Genetik**)). Organismen mit Verbesserungen verleihen ihren Trägern Vorteile im täglichen Überlebenskampf. Sie werden sich ev. erfolgreicher fortpflanzen können und so diese veränderten Gene vermehrt in die Population einfließen lassen. Die weitaus häufigen nachteiligen Veränderungen machen die Träger anfälliger für Krankheiten / Freßfeinde / …
Obwohl es die einzelne Zelle ist, die ihren Teil für das Organ leistet, ist letztendlich nur die Gesamt-Leistung entscheidend. Die einzelnen Organe werden praktisch modular vererbt.
Neue Module treten ab und zu in der Evolution auf. Meist sind sie aus anderen Modulen entstanden. Neben einfachen Verbesserungen sind aber auch Verdopplungen möglich, wobei sich die Kopien dann unterscheidlich weiterentwickeln können.

das Prinzip vom Werden und Vergehen

alle Lebewesen sterben, bei manchen dauert es nur etwas länger
das die mehrzelligen Organismen irgendwann sterben ist allgemein bekannt
Aber sterben auch die Bakterien oder ähnliche Organismen, die sich zur Spaltung od.ä. vermehren? Auch bei ihnen setzt eine Degeneration ein. Fehler im genetischen Material (durch Mutationen (→ 🕮 **Genetik**)) häufigen sich an. Irgendwann sind auch diese – potentiell unendlich lebenden Organismen – zu Gen-Austauschen gezwungen, ansonsten sterben sie ab (z.B. durch Apoptose).

Nach einem Gen-Austausch oder der Neukombination können "neue" Organismen entstehen, denen dann wieder eine größere Lebens-Phase bevorsteht.
In mehrzelligen Organismen bilden die "normalen" Körperzellen auch schon recht langlebige Zell-Reihen. Mit der fortschreitenden Degeneration rückt hier der Tod des Gesamt-Organismus immer näher. Allerdings haben sie sich in einigen Zellen einen besonderen Zustand "aufgehoben" – die sogenannten Keimzellen. Diese sind quasi die Stellvertreter für die genetisch gleichen Körperzellen. Die Keimzellen können mit anderen Keimzellen (meist des anderen Geschlechts) neue "frische" Organismen bilden.



Keimbahnen und sterbliche Körper-Zellen bei Weibchen und Männchen

das Prinzip der unvollkommenen Gleichheit

Wir haben schon erwähnt, dass sich die Nachkommen durch Mutationen, aber auch durch Neukombination von Genen (Rekombination, horizontaler Gen-Austausch) von ihren Eltern

unterscheiden. Diese Veränderlichkeit ist notwendige Voraussetzung für evolutionäre Auswahl-Prozesse. Trotzdem sind die Nachkommen ihren Eltern und den anderen Mitgliedern in der Population noch immer sehr ähnlich. Diese Ähnlichkeit lässt Gruppen (Populationen, Horden, Schwärme, …) entstehen, die für ein effektives Zusammenleben wichtig sind. Wie sonst könnten Nachkommen gebildet werden?
Auch die Geschlechter-Bildung ist ein Beispiel der unvollkommenen Gleichheit. So unterschiedlich Weibchen und Männchen sein können – man denke da nur an Größe, Färbung besondere Merkmale – am Ende stellen sie – zumindestens zusammenpassende / zusammengehörende – Elemente einer Art dar. Praktisch ist die Art bei sich geschlechtlichlich fortpflanzenden Organismen immer nur duch die Verbindung von Weibchen und Männchen beschreibbar.
In der Natur haben sich viele Wege entwickelt, wie z.B. eine Selbst-Befruchtung verhindert werden soll. Da blühen weibliche und männliche Blüten auf verschiedenen Pflanzen oder Pflanzenteilen oder zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Pollen der eigenen Pflanzen kann sich auf den eigenen Blüten nicht entwickeln, weil Hemmstoffe sie daran hindern.
Zu viel des Gleichen ist scheinbar nicht ausreichend Entwicklungs-fähig.
Auch bei Tieren gibt es diverse Mechanismen, die Inzucht oder Fortpflanzung in zu kleinen Populationen verhindern.

das Prinzip von Tradition und Erneuerung

Lange glaubte man, man könnte z.B. aus einer beliebigen – z.B. tiefgefrorenen – Zelle oder nur aus einem erhaltenen Zellkern und einer entkernten Eizelle einer ähnlichen Art ein ausgestorbenen Organismus wieder zurückholen. Das Problem dabei ist, dass der Zellkern die Gene in einem bestimmten (quasi genullten) Zustand enthalten muss. Dieser Zustand liegt aber in Körper-Zellen nicht vor. Nach der Befruchtung bauen sich dann wieder Muster in der Gen-Nutzung auf (→ Epigenetik (→ 🕮 **Genetik**)). Dabei ist eben diese Ausgangs-Zustand Voraussetzung und die nachfolgenden Zustände kommen und gehen nach festgelegten Programmen.

das Prinzip der Autonomie

Jede Zelle ist ein Einzelkämpfer. Bei den Einzellern ist das offensichtlich. Sie teilen und vermehren sich selbstständig. Aber auch bei den Mehrzellern sind die einzelnen Zellen für sich ständig im Kampf gegen die Umgebung. Die Körper-Zellen haben allerdings ihre vollständige Autonomie in der Evolution verloren / aufgegeben. Als Ansammlung von Genen war es erfolgreicher im Komplex mit anderen Zellen zusammenzuarbeiten und sich zu spezialisieren. Die einen tun nun irgendetwas, während andere sich um die Fortpflanzung / Vermehrung kümmern. Da alle Zellen eines Organismus (/ einer Art) die gleichen Gene enthalten, ist es für die einzelne (Körper-)Zelle nicht von Nachteil es einer anderen – besseren – (Keimbahn-)Zelle zu überlassen. Schließlich ist dieser genetisch gleich zu jeder spezialisierten Körper-Zelle.
Entscheidend für die Einpassung einer Zelle in ihre Umgebung ist die Kommunikation mit den Nachbarn.
Die meisten Zellen haben aber – in sich schlummernd – noch das gesamte Potential der Gene. In Falle von Geschwüren oder Krebs kommt es durch irgendwelche Ursachen zum Ausschalten der Selbst-Unterwerfung. Sie "erinnern" sich an ihr evolutionäres Programm und vermehren sich massenhaft. Was für sie selbst scheinbar vorteilhaft ist (massenhafte Vermehrung) schädigt aber den Organismus und letztendlich sorgt der "Egoismus" für einen frühzeitigeren Tod. Mit fortgesetzter Unterordnung wäre die Zelle – einschließlich ihrer normalen Nachkommen – evolutionär besser dran gewesen.

das Regenerations-Prinzip

Defekte Zell-Bestandteile oder Zellen können bei vielen Organismen ohne Probleme ersetzen. Schon im "Normal"-Betrieb werden ständig Stoffe abgebaut und durch neue ersetzt. Von außen betrachtet scheint alles unverändert, aber auf molekularer oder Zell-Ebene gibt es ausgeprägte Fließ-Gleichgewichte. Auch scheinbar unveränderliche Körperteile, wie Knochen, werden ständig abgebaut (durch Osteoklasten) und durch Osteoblasten wieder aufgebaut. Bei diversen Organismen geht die Regenerations-Fähigkeit noch viel weiter. Sie können abgetrennte Schwänze, Gliedmaßen oder Körper-Hälften ersetzen.
Bei uns Menschen ist dies in dieser Form nicht möglich. Trotzdem werden ständig Zellen neugebildet und alte abgebaut. Bei der Haut z.B. gehen sie durch die täglichen Belastungen einfach verloren. Die Neubildung von Zellen passiert in unteren Schichten der Haut. Irgendwann drängen die neugebildeten Zellen die älteren an die Oberfläche, wo sie verschleißen können. Kein Organ oder Körperteil besteht dauerhaft aus den gleichen Atomen. Die scheinbare Konstanz von Form und Zusammensetzung ist nur ein Trugbild.

das Recycling-Prinzip

lebende und tote Organismen sind Nahrung oder Lebensraum für andere
in der Natur wird fast alles wieder oder weiter genutzt
praktisch kommt es zu einem fast 100%igen Recycling
es geht nur wenig verloren oder wird zeitweilig in nicht direkt nutzbarer Form gespeichert
Aber irgendwann werden auch diese Speicher wieder zu Ressourcen für andere Organismen.

das Prinzip der Wirtschaftlichkeit / Sparsamkeit

Luxus können sich Organismen nicht leisten. Jede Verschwendung würde gegenüber anderen – sparsameren – Organismen einen Nachteil bei der wichtigsten Aufgabe bringen – bei Fortpflanzung und Vermehrung.
Nun könnte man einwenden, dass sich ein männlicher Pfau mit seinen überdimensionalen Schwanzfedern schon einen riesigen Luxus leistet. Oder der Hirsch mit dem sperriges Geweih, oder, oder, oder. Die Natur ist voll von solchen Luxus-Bildungen, die riesige Ressource binden und scheinbar zu nichts nutze sind – also echter Luxus. Aber sind sie wirklich zu nichts nutze. Jeder weiss, die Männchen bilden solche Luxus-Zeichen nicht für sich, sondern für die Weibchen, die daran ablesen sollen, was für ein toller "Hirsch" er doch ist. Evolutionär ist es auf dem ersten Blick etwas sinnlos, aber danach geht es nicht. Wenn ersteinmal die Weibchen durch Zufall sich eines dieser Merkmale als Zeichen für die Männlichkeit ausgewählt haben, dann gibt es in der Koevolution von Weibchen und Männchen kaum noch eine Bremse. Die Männchen zeigen ihr Potential – (biologische) Fitness – genannt, dadurch, dass sie z.B. eben besonders lange Schwanz-Federn oder ein großes Geweih bilden. Nur die kräftigsten, wohlgenährtesten Männchen können das. Die Weibchen stehen genau auf dieses Merkmal und erkennen daran das Männchen, dass für ihren potentiellen Nachwuchs die besten Gene bereit hält. Aber könnte ein Betrüger-Männchen mit eigentlich schlechten Genen die Weibchen austricksen. Das funktioniert eben nicht, weil das Betrüger-Männchen mit den hinderlichen Merkmal der überlangen Schwanzfedern oder des großen Geweih's in der freien Natur nicht zurecht kommt. Es kann schlechter fliegen, ev. auch schlechter flüchten und schwup-die-wupp landet der vermeintlichle Sex-Vorteil im Maul des Freßfeindes.
Was im Großen funktioniert, läuft genauso auch im Kleinen – im Stoffwechsel ab. Die Zelle, die die besten Enzyme hat, bekommt einen kleinen Vorteil gegenüber anderen Zellen. Ihre Chance, sich zu vermehren, steigt dadurch. Über Millionen von Jahren setzen sich immer die Effektivsten oder Sparsamsten durch.

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Bleiben aber die Organismen, die scheinbar sinnlos Millionen von Nachkommen in die Welt setzen. Ist das nicht ein Gegen-Beispiel. Nein eben nicht. Hier schließt sich unserer Prinzipien-Kreis. Die zugehörigen r-Strategen (s.w. vorne) erreichen das gleiche Ziel – die Erhaltung der Art, nur mit einem anderen Mittel. Die Vorteile dieser Strategie haben wir aufgezeigt und der Rest unterliegt der Zweckmäßigkeit für die anderen Prinzipien. Eine wichtige Funktion der r-Strategen ist es, für ausreichend Nahrungs-Grundlage für die (in der Nahrungs-Kette folgenden) K-Strategen zu sorgen. Wirtschaftlichkeit steht hier mit Nachhaltigkeit und Sparsamkeit im Verbund.

aktuelle(re) Diskussionen und Forschungs-Standpunkte:

> Leben ist das Aufbegehren der Proteine
> und Nucleotide gegen die Silikate.
> *(unbekannter Autor mit Ergänzung der Nucleotide von mir)*

dieser Abschnitt ist vorrangig informativ, trotzdem kann eine hier aufgezeigt Charakterisierung oder Definition die jenige sein, die als verbindlich für den Kurs / Ausbildungsgang / … festgelegt wurde
bis heute sind es schon über 100 verschiedene Merkmale, die zur Charakterisierung von Leben oder dessen Definition in die Diskussion eingebracht wurden
Versuch die Inhalte und Benennung des definierten Objektes möglichst authentisch rüber zubringen
ergänzt um einige Diskussions-Punkte und Zusatzinformationen
interessant ist, dass sich viele Nicht-Biologen mit dem Thema beschäftigen, was zum Einen sicher ein Vorteil ist, zum Anderen aber eine gewisse Vorsicht hervorrufen sollte.

der nebenstehende Spruch wurde von einem meiner Hochschullehrer des öfteren genutzt,

> Über Dinge, von denen man nichts versteht,
> kann man am besten diskutieren.
> *H. BREMER*

von wem er ev. ursprünglich stammt, kann ich nicht sagen
Der Ausspruch weist auf den Nachteil hin, wenn Fach-fremde Personen sich mit hochkomplexen Inhalten auseinandersetzten – ohne sie allesamt (ausreichend) zu kennen
Trotz alledem, wäre eine Definition des Leben's-Begriff*s aus nicht-biologischer Sicht ein lohnendes Ziel und vor allem besser, als ein biologisches Herumgedruckse.

Manfred EIGEN (1993)

wesentliche Charakteristika lebender Systme

- **Selbstreproduktion** — notwendig, damit System----Informationen nicht verloren gehen
- **Mutation** — wirkt gegen die Unveränderlichkeit der System-Informationen; sorgt für Veränderung und ermöglicht Evolution
- **Metabolismus** — Stoffwechsel im Fließgleichgewicht ist notwendig, damit das System nicht in einen Gleichgewichtszustand verfällt, aus dem heraus keine Weiterentwicklung möglich ist (Zustand der max. Entropie)

Luigi LUISI (1998)

bietet mehrere Definitionen / Definitions-Stufen an

"Leben ist ein sich selbst erhaltendes chemisches System, das zur DARWINschen Evolution fähig ist."

Definition stammt ursprünglich von HOROWITZ und MILLER (1962) und wurde auch vom "NASA Exobiology Program" als Arbeitsdefinition übernommen
ebenfalls im NASA-Programm wird die nächste Definition benutzt (Zitierung aus /, S. 16 f/ übernommen)

"Leben ist eine Population von RNA-Molekülen (eine Quasispezies), die zur Selbstreplikation und in diesem Prozess zur Evolution befähigt ist."

die nächste Definition stammt direkt von LUISI und geht über die NASA-Definitionen hinaus

"Leben ist ein System, das sich durch Nutzung externer Energie bzw. von Nahrung und durch innere Prozesse der Bildung von Komponenten selbst erhält."

diese Definition ist wiederum so allgemein, dass sie auch zukünftige selbstreproduzierende Roboter einschließen würde
in der folgenden Definition wird die Abgrenzung der Systeme spezifiziert und somit eine Biotisierung der Definition durchgeführt

"Leben ist ein System, das durch ein semipermeables Kompartiment eigener Produktion bestimmt ist und sich durch Umsetzung externer Energie bzw. Nahrungsstoffe über einen Prozess der Komponentenbildung selbst erhält."

sein letzter Vorschlag

"Leben ist ein System, das sich durch Verbrauch von externer Energie bzw. Nahrungsstoffen durch einen internen Vorgang der Komponentenproduktion selbst erhält. Über adaptive Austauschprozesse ist es an das Medium gekoppelt. Sie überdauern die Lebensgeschichte des Systems."

Daniel E. KOSHLAND jr.

sieben Säulen des Lebens

1. **Programm**
2. **Improvisation**
3. **Kompartimentierung**
4. **Energie**
5. **Regeneration**
6. **Adaptationsfähigkeit**
7. **Abgeschiedenheit (Abgeschlossenheit)**

sehr aktuell (2004) und auch sehr interessant sind Arbeiten zur Definition von Leben von drei spanischen Wissenschaftlerinnen (K. RUIZ-MIRAZO, J. PERETO, A. MORENO)

schließen "Autonomie" und "Evolution mit einem offenen Ende" mit ein
weiterhin dabei eine Umgrenzung (Membran), ein Energieumwandlungsprozess, (mindestens) zwei funktionelle Komponenten (eine katalytische und ein für die "Niederschrift" von Informationen)

weitere Merkmale
individuelle Selbstreproduktion, sich selbsterhaltendes System; indivuelles System; Fähigkeit zur charakteristischen, evolutionären Dynamik; historisch kollektivistische Organisation

(Grenz-)Beispiel: zukünftige Roboter
ein Roboter, der wieder Roboter erschafft, die ihm selbst ähneln und der wieder andere – ihm ähnliche – Roboter baut, der würde wahrscheinlich alle (oder zumindestens die meisten bzw. allgemein anerkannten) Merkmale des Lebens erfüllen

Interessant wird die Diskussion, wenn man bewußt macht, dass jeder Mensch Unmengen Mikroben enthält. Auf diese kann er auch nicht verzichten oder sich davon rein machen, zumindestens nicht, wenn er gesund bleiben möchte.
Wahrscheinlich wird man bald auch eine ökologische Komponente in die Lebens-Kriterien integrieren müssen.

immer wieder auch dabei die Gaia-Hypothese von der Welt als ein Lebewesen (James LOVELOCK, 196x)
basiert auf altgriechischen philosophischen Standpunkten
wird von vielen namhaften Wissenschaftlern unterstützt (L. MARGULIS, F. DYSON, …)
immer noch in der Diskussion

Exkurs: lebende Systeme nach MATURANA und VARELA

Nach modernen systemtheoretischen Ansichten besitzen lebende Systeme das besondere Organisationsmerkmal der Autopoiesis. Die ist die Fähigkeit zur Selbsterhaltung und Selbsterschaffung (Selbstreproduktion). Die chilenischen Neurobiologen MATURANA und VARELA entwickelten dieses Modell. Ein autopoietisches System ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet, mit denen man auch lebende von nicht lebenden Systemen unterscheiden kann:

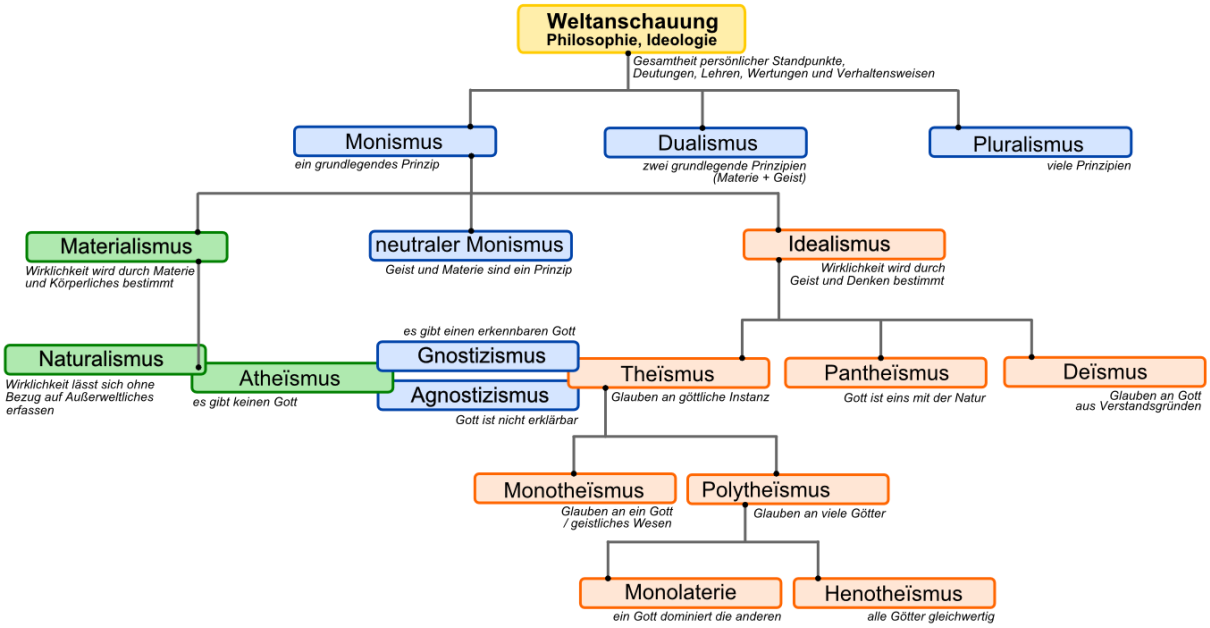
- Das System hat Grenzen.
- Das System besteht aus Komponenten (Untersystemen).
- Die Beziehungen und Interaktionen zwischen den Komponenten (Untersystemen) bestimmen die Eigenschaften des Systems.
- Die Komponenten, die die Grenze des Systems zur Umwelt bilden, tun dies als Folge der Beziehungen und Interaktionen untereinander.
- Die begrenzenden Komponenten werden aus diesen selbst gebildet oder von anderen Komponenten (Untersystemen) des Systems (aus Nichtsystemkomponenten / externem Material) aufgebaut.
- Alle anderen Komponenten werden vom System auch so (re-)produziert oder sind Elemente, die anderweitig (z.B. extern) entstehen.

Autopoietische Systeme sind rekursiv organisiert. Sie produzieren sich selbst immer wieder.

0.1.3. Die Entstehung des Lebens (Biogenese)

0.1.3.1. natürliche Evolution konta Schöpfung

Nimmt man die Definition der Begriffe von Leben und Biologie sehr genau – und das müssen wir Naturwissenschaftler eigentlich tun, dann ist die Frage der Herkunft des Lebens keine Frage, die sich die Biologie stellt. Sie beschäftigt sich definitionsgemäß nur mit lebenden Objekten. Wo diese hergekommen oder wie sie entstanden, sind erst einmal keine biologischen Probleme. Da aber die Grenzen vom Übergang zwischen nichtlebenden (und probiotischen) sowie biotischen fließend sind und die Biologie auch ihre Traditionen hat, bleibt die Fragestellung nicht aus. Jeder Biologe wird sich die Frage nach dem Ursprung des Lebens stellen und wahrscheinlich auch völlig unterschiedlich beantworten.
Ein extra – praktisch Wissenschaften-übergreifender – Zweig der Biologie – die Evolutionsbiologie macht aus dem Manko ein Forschungsthema.
Prinzipiell sind erst einmal zwei grundsätzlich entgegengesetzte Ausgangs-Punkte möglich.
Zum Ersten ist eine Schöpfung durch einen Gott oder ähnliches denkbar. Dieser Schöpfer hat das Leben irgendwie in die nichtbelebte Natur gebracht. Verschiedene Religionen und Glaubens-Richtungen bieten recht unterschiedliche Szenarien an. Dabei sind natürlich auch mehrere Götter als Aktivisten möglich.
Auch die evolutionären, nicht-schöpferischen Theorien bieten unterschiedlich Erklärungen an. Sie basieren vollständig auf Erkenntnissen aus den verschiedensten Natur-Wissenschaften. Grundaussage ist hierbei, dass sich das Leben von alleine – ohne das Zutun eines Schöpfers – herausgebildet hat. Im Allgemeinen wird die Existenz eines oder mehrerer Götter etc. abgelehnt.
Abgeleitet aus den unterschiedlichen Glaubens-Standpunkten werden wissenschaftliche Fakten auch unterschiedlich interpretiert. Gerade durch diese wissenschaftlichen Auseinandersetzungen kommt es zu Erkenntnis-Fortschritten. Auch wenn das ursprüngliche Phänomen der Lebens-Erstehung wohl nie geklärt werden kann, sind die verschiedenen Diskussionen die Inspiration für weitere und neue Forschungen. Sie werden wahrscheinlich die Argumente einer Seite so stärken, so dass die andere nachgeben muss. Aber es sei hier noch einmal darauf hingewiesen – alle Argumente sind noch kein Beweis. Die Argumente erhöhen nur die Wahrscheinlichkeit des einen Standpunktes und schwächen den anderen.



grobe Übersicht über einige Weltanschauungen, Religionen, Ideologien usw. mit (sehr) kurzen Inhalten oder Grundpositionen

Gott oder andere Schöpfer lassen sich nicht in die Karten schauen. Das ist meist eine der zentralen Aussagen in den Glaubens-Richtungen.
Einige der Schöpfungs-Theorien und Glaubens-Standpunkte werden im Nachfolgenden kurz erläutert. Zu beachten ist dabei, dass es hier nicht um eine vollständige Beschreibung oder Definition der entsprechenden Welt-Anschauung geht. Es sollen vor allem die biologisch relevanten Positionen und die Vielfalt der Positionen vorgestellt werden. Für eine tiefgreifende Auseinandersetzung mit den Glaubens-Richtungen ist unbedingt andere Literatur zu verwenden!
Genau so verfahren wir auch mit einigen Evolutions-Theorien oder naturwissenschaftlichen Ansätzen. Auch hier geht es mehr um die Darstellung der Vielfalt. Da meine Intensionen in diese Richtung gehen und sie aus meiner Sicht besser zur biologischen Wissenschaft passen, wird ihnen hier auch etwas mehr Raum gegeben.
Die Reihenfolgen der einzelnen Standpunkte ist entweder zufällig oder wegen des besseren Darstellens gewählt. Ab und zu kommen sich auch (mögliche) historische Abhängigkeiten und Reihenfolgen ins Spiel.
Aus meiner Sicht sind die Argumente der Evolutions-Befürworter deutlich stärker, umfangreicher und naturwissenschaftlich breiter gefächert. Aber sie sind leider nicht immer so perfekt, wie man sich dies wünschen würde. Das sieht man spätestens daran, dass viele Evolutions-Gegner die Schwachstellen finden und offenlegen. Es gibt also für zukünftige Generationen von Biologen (und Naturwissenschaftlern) noch genug zu tun.
Problematisch ist, dass sich die Neubildung des Leben's niemals so wie Milliarden Jahren wiederholen wird. Dazu haben sich die Umgebungs-Bedingungen zu stark geändert. Auch im Labor können wir nur einzelne Aspekte nachbilden, von denen wir glauben, dass sie entscheidend waren. Und dann wäre da noch der zeitliche Rahmen, der auf viele Millionen Jahre geschätzt wird. Kaum ein Wissenschaftler wird wohl solange warten wollen.

0.1.3.2. Schöpfungs-Ansätze bei der Lebens-Entstehung

Den meisten werden die Verse der Schöpfungs-Geschichte aus dem alten Testament schon mal irgendwie zu Gehör gekommen sein:

1. Buch Moses - Genesis

Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde. Und die Erde war wüst und leer, und es war finster auf der Tiefe; und der Geist Gottes schwebte auf dem Wasser.
Und Gott sprach: Es werde Licht! Und es ward Licht. … Da schied Gott das Licht von der Finsternis und nannte das Licht Tag und die Finsternis Nacht. Da ward aus Abend und Morgen der erste Tag.
Und Gott sprach: Es werde eine Feste zwischen den Wassern, die da scheide zwischen den Wassern. … Und Gott nannte die Feste Himmel. Da ward aus Abend und Morgen der zweite Tag.
Und Gott sprach: Es sammle sich das Wasser unter dem Himmel an besondere Orte, dass man das Trockene sehe. … Und Gott nannte das Trockene Erde, und die Sammlung der Wasser nannte er Meer. …
Und Gott sprach: Es lasse die Erde aufgehen Gras und Kraut, das Samen bringe, und fruchtbare Bäume auf Erden, die ein jeder nach seiner Art Früchte tragen, in denen ihr Same ist. … Da ward aus Abend und Morgen der dritte Tag.
Und Gott sprach: Es werden Lichter an der Feste des Himmels, die da scheiden Tag und Nacht und geben Zeichen, Zeiten, Tage und Jahre und seien Lichter an der Feste des Himmels, dass sie scheinen auf die Erde. … Und Gott machte zwei große Lichter: ein großes Licht, das den Tag regiere, und ein kleines Licht, das die Nacht regiere, dazu auch die Sterne.
Und Gott setzte sie an die Feste des Himmels, dass sie schienen auf die Erde und den Tag und die Nacht regierten und schieden Licht und Finsternis. … Da ward aus Abend und Morgen der vierte Tag.
Und Gott sprach: Es wimmle das Wasser von lebendigem Getier, und Vögel sollen fliegen auf Erden unter der Feste des Himmels. … Und Gott segnete sie und sprach: Seid fruchtbar und mehret euch und erfüllet das Wasser im Meer, und die Vögel sollen sich mehren auf Erden.
Da ward aus Abend und Morgen der fünfte Tag.
Und Gott sprach: Die Erde bringe hervor lebendiges Getier, ein jedes nach seiner Art: Vieh, Gewürm und Tiere des Feldes, ein jedes nach seiner Art. … Und Gott machte die Tiere des Feldes, ein jedes nach seiner Art, und das Vieh nach seiner Art und alles Gewürm des Erdbodens nach seiner Art. … Und Gott sprach: Lasset uns Menschen machen, ein Bild, das uns gleich sei, die da herrschen über die Fische im Meer und über die Vögel unter dem Himmel und über das Vieh und über alle Tiere des Feldes und über alles Gewürm, das auf Erden kriecht.
Und Gott schuf den Menschen zu seinem Bilde, zum Bilde Gottes schuf er ihn; und schuf sie als Mann und Frau.
Und Gott segnete sie und sprach zu ihnen: Seid fruchtbar und mehret euch und füllet die Erde und machet sie euch untertan und herrschet über die Fische im Meer und über die Vögel unter dem Himmel und über das Vieh und über alles Getier, das auf Erden kriecht.
Und Gott sprach: Sehet da, ich habe euch gegeben alle Pflanzen, die Samen bringen, auf der ganzen Erde, und alle Bäume mit Früchten, die Samen bringen, zu eurer Speise.
Aber allen Tieren auf Erden und allen Vögeln unter dem Himmel und allem Gewürm, das auf Erden lebt, habe ich alles grüne Kraut zur Nahrung gegeben. … Da ward aus Abend und Morgen der sechste Tag.
So wurden vollendet Himmel und Erde mit ihrem ganzen Heer.
Und so vollendete Gott am siebenten Tage seine Werke, die er machte, und ruhte am siebenten Tage von allen seinen Werken, die er gemacht hatte.
…

Q: Die Bibel (klassische LUTHER-Übersetzung), Kürzungen durch den Autor; vollständiger Text und weitere Übersetzungen unter: www.die-bibel.de

Die Bibel ist das zentrale Dokument des christlichen Glaubens. Die verschiedenen Interpretationen und Auslegungen in Religions-Richtungen, Strömungen, Orden oder Sekten ändert wenig an der Grundfrage der Entstehung des Lebens. Immer wird es von Gott – Kraft seiner Allmacht – einfach so erschaffen.
Für die Christen ist die Entstehungs-Geschichte entsprechend der Bibel der Ausgangs-Punkt des Lebens.
Auch das Judentum beinhaltet in ihrem Gesetz-Buch – der Thora (auch: Tora, Torah) – das 1. Buch Mose (neben den vier anderen). Aus diesem Grund gibt es im Judentum auch keine wesentlich anderen Betrachtungen zur Lebens- und Welten-Entstehung.
In anderen Religionen treten andere – manchmal auch mehrere – Götter auf oder sie erhalten andere Namen.
Auch wenn es uns gegenwärtig irgendwie anders erscheinen sollte, auch der Islam basiert u.a. auf der Thora, das die fünf Bücher Mose beinhaltet. Womit auch klar wird, dass die großen westlichen und orientalischen Religionen hinsichtlich der Welten- und Lebens-Erstehung eine einheitliche Basis haben. Die anderen Geschichten und Entwicklungen spielen für biologische Betrachtungen kaum eine Rolle.
Interessant ist, dass die wahrscheinlich historisch ältere Schöpfungs-Geschichte im folgenden 2. Buch Mose die Leistungen Gottes etwas anders dargestellt. Hier ist der Ausgangspunkt schon das trockene Land, was durch das Wasser belebt wird. In einem zeitlich nicht ganz genau umrissenen Schöpfungsakt entsteht zuerst Adam und dann aus einer seiner Rippen Eva. Gott schuf zuerst den Körper und dann den Geist. Im Unterschied zum 1. Buch Mose – wo Gott durch das Wort schafft – wird im 2. Buch quasi von einer handwerklicher Schöpfung gesprochen.
In vielen Religionen oder Weltanschauungen wird die Frage nach der Entstehung der Welt und des nicht-menschlichen Lebens einfach ignoriert. Es wird das Primat auf die Erschaffung des Menschen gelegt.

weitere große Welt-Religionen:
Hinduismus
Buddismus (kein Schöpfer, ein jungfräulich geborener Lehrer: Buddha; ignoriert den Ursprung / die Schöpfung; Nebensächlichkeit, weil Gottes-Sache)
Daoismus
Bahaitum
Konfuzianismus
Shinto(ismus)

japanische Mythologie (Ursprung aus dem Ei; zuerst nur Entwicklung von Göttern, dann die Erschaffung der Welt (eher so im Nebenbei))
ähnlich Pangu (chinesiche Schöpfungs-Geschichte; Gottheit Pangu schuf durch Wachstum vom Zwerg zum Riesen in 18'000 Jahren die Welt und dann durch Selbstopferung das Universum, die verschiedenen Körper-Teile wurden zu bestimmten Teilen der Welt. z.B. wurde aus der Haaren die Pflanzen, Wind und Donner entstanden aus dem Atem und der Stimme

weitere größere Glaubens-Richtungen in Europa, Afrika, Nord- und Süd-Amerika
Grundidee dieser Mythen ist eher die Entstehung des eigenen Volkes, der Entstehung der Welt wird eine eher untergeordnete Bedeutung zugewiesen; häufig ist ein fließender Übergang von den Gottheiten, über (historische) Stammes-Älteste oder -Führer usw. zu den heute lebenden Menschen beschrieben; Abstammung der Menschen häufig aus den verehrten Tieren; ansonsten ist die Natur von je her vorhanden

nord(europä)ische Mythologie ()

die Maya hinterließen eine Schöpfungs-Geschichte, in der zuerst die Welt geschaffen wurde und dann erste, gefühlslose, unvollkommene Menschen, sie und ihre Nachfahren wurden – zumeist aus Strafe – in Affen verwandelt; erst später entstanden die ersten vier echten Menschen, die sich dann in Stämmen weiterentwickelten

Der Kreatinismus ist quasi die fast wissenschaftliche Version der Schöpfungs-Lehre. Auch wenn es verschiedenste Varianten gibt, kann man man sagen, dass ein irgendwie existierender Schöpfer / Erschaffer / Kreator / Designer zumindestens das Leben erschaffen hat. Oft wird in die Schöpfung auch die Welt mit einbezogen.
Diskussionen gibt es über die "biblische" Unveränderlichkeit der erschaffenen Organismen, für die man ev. noch eine Mikro-Evolulation zugesteht, und einer möglichen Makro-Evoluation zu neuen Arten. Diese lässt aus neueren natur-wissenschaftlich Forschungen nicht mehr wegdiskutieren.

0.1.3.3. Evolutions-Theorien bzw. nicht-schöpferische Ansätze

Jean-Baptiste de LAMARCK (1744 – 1829) Konzept des Arten-Wandels
Irrtum hinsichtlich einer Vererbung von erworbenen Eigenschaften (als Grundprinzip)
LAMARCK war noch kein Materialist
Geoges CUVIER belegte die LAMARCKschen Standpunkte mit Fossilien; Baupläne der Lebewesen sind verwandt; Lebewesen können aussterben

Charles DARWIN (1809 – 1882) erstellte 1838 seine Evolutionstheorie; hielt sie aber über 20 Jahre zurück, weil er sich des Widerspruches zwischen seinen wissenschaftlichen Darstellungen und seinem eigenen Glauben und mit der Glaubenskirche bewußt war.
Er vermied es deshalb auch, sich zur Entstehung des Lebens ausführlich zu äußern.
Neben den gesammelten Präparaten und Erkenntnissen auf der Weltreise mit der Beagle gelten die Veröffentlichungen über das Bevölkerungs-Wachstum (1798) von Thomas Robert MALTHUS (1766 – 1834) und die Ausführungen von John GOULD (1804 - 1881) über die Galapagos-Finken zu den Initialien für die Evolutions-Theorie DARWINS.
Die DARWINsche Evolutions-Theorie besagt im Wesentlichen, dass die Organismen in der Natur um die begrenzten Ressourcen kämpfen. Dabei siegt der am besten Angepasste (- nicht der Stärke, wie häufig falsch beschrieben ("Survival of the Fittest")). Durch kleine Veränderungen entstehen unterschiedlich gut angepasste Individuen, die dann durch Konkurrenz innerhalb der eigenen Art und in Räuber-Beute-Beziehungen selektiert werden (natürliche Zuchtwahl, Selektion).
Die Kernaussagen von DARWINS Evolutions-Theorie sind:

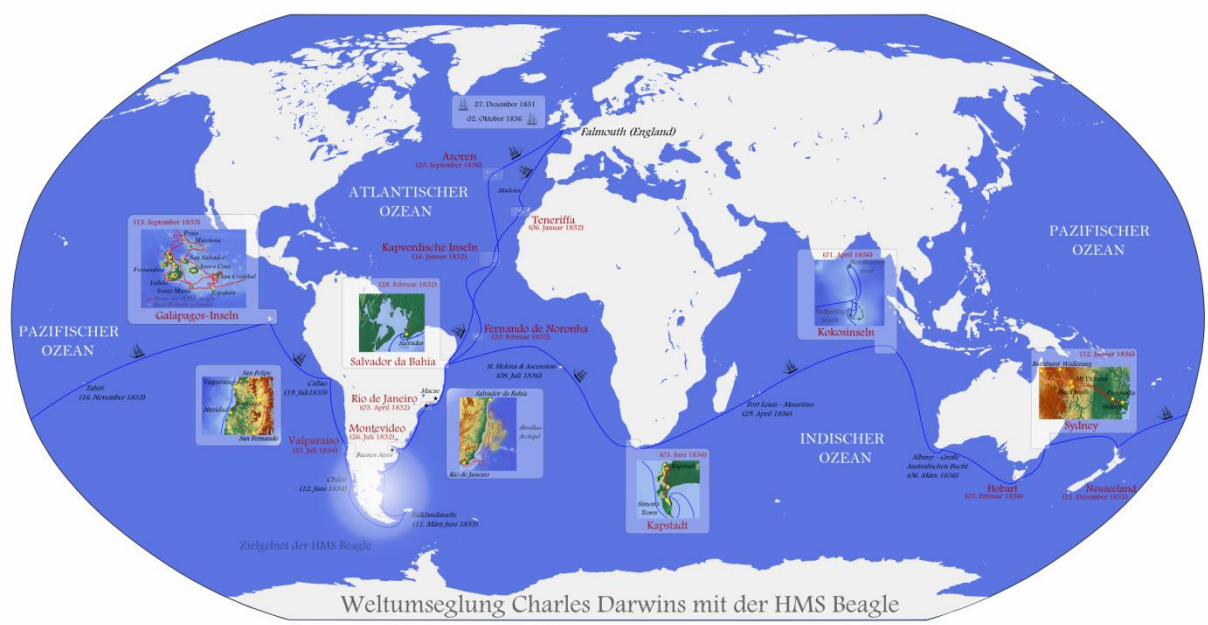

Charles DARWIN (1802 – 1882)
Q: de.wikipedia.org (John van Wyhe)

- jede Art / Population produziert mehr Nachkommen, als für die eigene Reproduktion notwendig wäre
- praktisch ist die Größe der Population immer gleichgroß (sie unterliegt aber (periodischen) Schwankungen)
- die Ressourcen (Lebensraum, Nahrung, …) sind begrenzt und ebenfalls relativ stabil

➔ es erfolgt ein Kampf der Individuen um die Ressourcen

- die Individuen einer Art / Population unterscheiden sich untereinander in (kleinen) Merkmals-Ausprägungen
- die meisten Merkmale und ihre Ausprägungen sind erblich

➔ Individuen, die schlechte Anpassungs-Merkmale zeigen, haben geringere Überlebens-Chancen und weniger oder keine Nachkommen; Individuen, die bessere Anpassungs-Merkmale zeigen, haben ´höhere Überlebens-Chancen und mehr Nachkommen
➔ diese langsam wirkende natürliche Zuchtwahl bewirkt eine immer bessere Anpassung an die Umwelt-Bedingungen

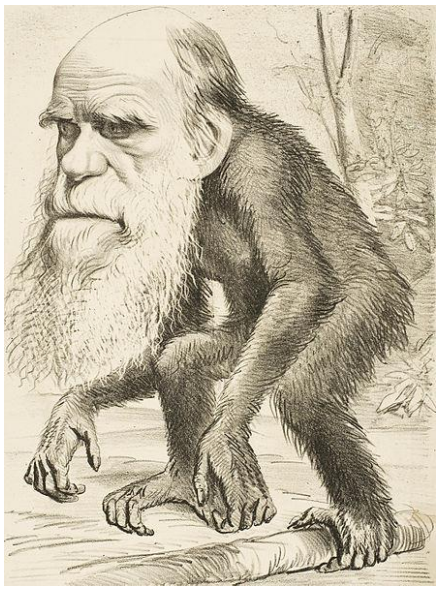


DARWINs Reise (1831 – 1836) auf der HMS "Beagle"
Q: de.wikipedia.org (Devil_m25)

Ein ähnliches Konzept (1858) stammt von Alfred Russel WALLACE (1823 – 1913). Als dieser seine Theorie DARWIN zur Begutachtung gab, veröffentlichte DARWIN seine Theorie praktisch kurz vor WALLACE. Das berühmte Hauptwerk heißt "On the Origin of Species" (dt.: "Über die Abstammung der Arten").
WALLACE und DARWIN haben so unabhängig voneinander die – heute als DARWINsche Theorie bezeichnete – Evolutions-Theorie erarbeitet.

Kern-Dreisatz: Überproduktion – Variation - Selektion

Die Kern-Aussage, dass der Mensch quasi vom Affen abstammt, empörte die weltanschaulichen Positionen vieler Mitmenchen von DARWIN sehr stark. Sie inspirierte einen Zeichner – zur heute weltberühmten Grafik – in der die These unwissenschaftlich dargestellt und DARWIN selbst verunglimpft wird.



Q: de.wikipedia.org (University College London Digital Collections)

Abstammungs-Theorie / Deszendenz-Theorie
Abstammung der heutigen Arten aus ursprünglichen Formen
monophyletische Lehre geht von einer Urform (Urzelle) aus
polyphyletische Lehren propagieren mehrere Ur- oder Grundstämme
diese Frage bei DARWIN und WALLACE noch ungeklärt, beide gingen in ihren Ursprungs-Aussagen immer nur bis zu einer Stammform zurück

Neodarwinismus
Weiterentwicklung der klassischen Evolutions-Theorie von DARWIN und WALLACE
August WEISMANN (1834 – 1914) arbeitet neue Erkenntnisse aus Genetik, Paläontologie, Systhematik und Populations-Biologie ein

synthetische Evolutions-Theorie (SET)
Theodosius DOBZHANSKY, Ernst MAYR und Julian HUXLEY (1937)
Evolutions-Faktoren beeinflussen den Gen-Pool von Arten / Populationen / Fortpflanzungs-Gemeinschaften; Evolution findet nur über die Wirkung der Evolutions-Faktoren statt
auch heute noch weiterentwickelt und durch neue Mechanismen und Faktoren erweitert
provokantes Zitat von DOBZHANSKY "Nichts in der Biologie ergibt einen Sinn, außer im Licht der Evolution."; DOBZHANSKY ist orthdoxer Christ und starker Kritiker der Kreationisten gewesen

(konsistente) erweiterte Synthese
Forscher der Gruppe "Altenberg-16" (John BEATTY, Werner CALLEBAUT, Sergey GAVRILETS, Eva JABLONKA, David JABLONSKI, Marc KIRSCNER, Alan LOVE, Gerd B. MÜLLER, Stuart A. NEWMAN, John ODLING-SMEE, Massimo PIGLIUCCI, Michael PURUGGANAN, Eörs SZATHMÀRY, Günter WAGNER, David Sloan WILSON, Gregory WRAY)
versucht einen neuen, breiter gefächerten (interdisziplinären) Ansatz
nimmt viele neue / weitere Evolutions-Faktoren hinzu
wichtige / aktuelle Diskussions-Punkte / wissenschaftliche Fragen:

- Wichtung der Embryonal-Entwicklung
- Ist Evolution immer graduell (in kleinen sichtbaren Schritten)?
- Ist Selektion das einzige organisierende Prinzip?
- Ebenen der natürlichen Selektion?
- Kontiniutät / Diskontinuität der Makro-Evolution
- Wie entstehen evolutinäre Neuheiten?
- exogene Einflüsse
- genomische Faktoren
- nicht-DNA-basierte Formen der Vererbung
- Notwendigkeit eines Paradigmen-Wechsels

Panspermie-Hypothese
Diese These besagt im Wesentlichen, dass das Leben aus dem Weltall stammt. Irgenwie sind Grundbausteine oder gar lebende Organismen auf die Erde gelangt und haben sich dann munter entsprechend der evolutionären Theorien weiterentwickelt. Wie es genau auf die Erde gekommen ist, da gibt es viele Hypothesen.
Als Quelle kommen z.B. Kometen in Frage, auf denen man auch heute noch organische Stoffe nachweisen kann, obwohl einzelne schon fast so alt sind, wie unser Sonnensystem.
Aber es kommen auch außerirdische Besucher in Frage, die z.B. aus Versehen mit ihren Stiefeln Mikroben od.ä. auf die Erde gebracht haben könnten. Es könnte natürlich auch die liegengebliebene "Mülltüte" mit verschiedensten Abfällen gewesen sein, die dann unter den reifen Bedingungen auf der Erde eine mustergültige Evolution hingelegt hat.
Die Außerirdischen könnte aber auch eines der größten Exprimente gestartet haben und vor 3 Mrd. Jahren einfach gezielt ein paar Organismen ausgesetzt haben, um zu sehen was daraus wird.
zu den Unterstützern und Befürwortern der Panspermie gelten so namhafte Wissenschaftler wie H. VON HELMHOLTZ, W. THOMSON (Lord KELVIN), S. ARRHENIUS, F. CRICK

Für die Panspermie-Theorie ergibt sich das Problem, dass sie das Phänomen der Lebensentstehung nur in eine andere Zeit und an einen anderen Ort deligieren. Das Grundproblem ist damit nicht gelöst: **Wie entsteht oder entstand Leben?**

0.1.3.3.1. einige moderne wissenschaftliche Standpunkte, Erkenntnisse und Theorien

da die Entstehung des Lebens wohl eher ein schleichender Prozess als ein konkretes Ereignis war, sprechen moderne Wissenschaftler heute auch mehr von der Biogenese
Biogenese meint eben einen (langwieriger) Prozess, während Entstehung des Lebens ein bischen nach einem konkreten Punkt-Erreignis klingt

physikalische Evolution (Entstehung des Weltalls nach dem Urknall, Entstehung von Galazien, Sternen, Planeten usw.; Entstehung von Kontineten und Meeren

chemische Evolution (Kosmochemie; Herkunft des irdischen Wassersgeologische Vorgänge; Bildung organischer Stoffe; Ursuppe; Mechanismen, die zur Herausbildung der Urzelle führten)
Koazervate Alexander OPARIN ()

Bildung organischer Moleküle aus anorganischen Harold C. UREY und Stanley L. MILLER (1953)

Mikrosphären aus Protenoiden; Sidney W. FOX

Ribozyme; Thomas R. CECH

Hyperzyklus nach Manfred EIGEN

selbstreplizierende Moleküle Julius REBEK jr.
selbstreplizierende Strukturen an Pyrit-Oberflächen

chemische Evolution von Ton-Mineralien bis zu replizierenden Systemen

biologische Evolution
Händigkeit biologischer Moleküle; Autokatalyse bei Proteinen und Nukleotiden; Art-Bildung, Weiterentwicklung der Arten, …)

Katastrophen-Theorie von Geoges CUVIER (1769 – 1832)
als zoologiescher Paläontologe gelang es ihm Zusammenhänge zwischen den Proportionen bestimmter Knochen und Körper-Regionen aufzuzeigen, so dass die Rekonstruktion eines Tieres aus wenigen Knochen usw. möglich wird
glaubte an unveränderliche Arten, die aber durch bestimmte äußere Faktoren (z.B. Natur-Katastrophen) aussterben können, Lücke wird durch Schöpfung mit neuer Art besetzt

Populations.Genetik (1930) Ronald Aylmer FISHER (1890 – 1962)

Thomas Hunt MORGAN Untersuchungen zu Vererbung, Mutationen, Gen-Kartierung bei der Fruchtfliege

Julian HUXLEY Verknüpfung von Genetik und Evolution(s-Theorien)

Ernst MAYR Fortpflanzungs-gemeinschaften, Art-Bildung durch geographische Isolation

Eduard PFLÜGER (1829 – 1910)
aus heutiger Sicht spekulierte er recht gut
nahm (1875) an, dass sich unter den Bedingungen der Urerde bestimmte organische Stoffe bildeten und (daraus) auch Polymere entstanden
diese bildeten dann die Komponenten für lebende Systeme

George Gayland SIMPSON Konzept der Makro-Evolution

G. Ledyard STEBBINS Evolution der Pflanzen

Sewall WRIGHT Populations-Genetik; Gendrift und die adaptive Landschaft

Aufbau des genetischen Materials (- der DNS) James WATSON und Francis CRICK

Entschlüsselung der genetischen Code's (1961) durch Warren NIRENBERG und Heinrich MATTHAEI

Systemtheorie

molekular-genetische Stamm-Bäume

Evolutionäre Entwicklungs-Biologie (EvoDevo)

Kooperation und Symbiogenese (Zell-Evolution)

für biologische Betrachtungen uninteressant sind weitere Evolutions-Ebenen, wie die maschinell-technische und die informatische Evolution. Sie deuten sich derzeit mehr revolutionär an, werden aber sicher in der Zukunft evolutionären Charakter erlangen (Roboter reproduzieren und entwickeln sich selbst; Symbiose biologischer, technischer und informatischer Systeme; Quanten-Computer).

in der modernen Wissenschaft wird auch darüber diskutiert, ob Leben nicht vielleicht ein universelles Prinzip / eine fundamentale Eigenschaft des Universums oder eine noch unbekannte Triebkraft ist
Leben als aufstrebende Eigenschaft der Natur

> Wer nichts weiss, kann alles erklären.
> *(unbekannter Autor)*

Nach der Gaia-Theorie von LOVELOCK und den Betrachtungen zu einem Novozän geht die Evolution in Richtung technische Informations-verarbeitende Systeme (Cyborg's, …) weiter und wird uns biologische Systeme über kurz oder lang ablösen.

0.1.3.4. Diskussion der verschiedenen Ansätze zur Entstehung des Lebens

Allgemein wird in den Glaubens-Richtungen akzeptiert, dass der Gott (in allen seinen Formen und mit allen verschiedenen Namen) nicht von uns Menschen erkannt und bewiesen werden kann.
Die Materialisten / Atheisten sehen es aus anderen Gründen auch so, weil sie die Existenz der höheren Mächte ablehnen und sich klar sind, dass sie wissenschaftlich niemals die Nicht-Existens einer oder mehrere Gottheit(en) beweisen können.
Für die an höhere Mächte glaubenden Menschen ist es meist ein Grundsatz, dass ihr Gott etwas ist, wass der menschlichen Intelligenz, Wissenschaft und Neugier nicht zugänglich ist.

biblische Schöpfungs-Geschichte (/ -Theorie)
Die Reihenfolge der Entwicklung ist nachvollziehbar, widerspricht aber derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnissen. Problematisch ist der Nachweis ausgestorbener Arten und Stämme (Bau-Konzepte), die nicht in der Bibel usw. erwähnt werden.
Die Interpretation des Begriffes Tag wird sicher heute kaum noch jemand mit dem heutigen irdischen Tag in Beziehung setzen. Mit Sicherheit war ein göttlicher Tag eine völlig andere – eben Gott-basierte – Zeit-Dimension.
Schwierig wird es aus meiner Sicht für die Gläubigen, die den Wahrheitsgehalt der Bibel bzw. den eines anderen Glaubensbuch (Koran, Thora, Talmud, …) zur absoluten Glaubensgrundlage machen und vielleicht sogar fanatisch verfolgen.
Diese Tendenz ist besonders seit den Glaubeskriegen und der protestantischen Reformation (ab 1517) zu beobachten. Mit jedem Detail, welches die Wissenschaft widerlegt bzw. durch kräftige Argumente für unwahrscheinlich erklärt, schwindet die Basis des Glauben oder es müssen abenteuerliche Umdeutungen gemacht werden. Dabei würden diese Erkenntnisse gar nicht die Grundfrage des Glaubens angreifen, sie machen nur die Weitergaben, Überlieferungen, Übersetzungen, Interpretationen und Deutungen unglaubwürdig.
Selbst der Nachweis, dass der Text der Bibel fast 500 - 1000 Jahre mündlich wirklich unverändert weitergegen wurde, ist nicht möglich, oder ob gar Teile der bilischen Texte garnicht mehr in der neuzeitlichen Bibel auftauchen. Die vielen Veränderungen in den folgenden 1500 Jahre der schriftlicher Form lassen sich weitgehend nachvollziehen und belegen. Der heutige – allgemein akzeptierte – Text ist das Ergebnis vieler Abwandlungen, Anpassungen, Abschreibfehler und Interpretationen. Es ist sicher auch schwer bis unmöglich, die genaue Bedeutung / Nutzung eines Wortes (einer völlig anderen Sprache) zu jener Zeit exakt zu rekonstruieren. Vielleicht war die Jungfrau, die ein Kind gebar nur die "junge Frau", wie es die alten Texte sagen, oder damals gab es eben eine andere Wortbedeutung für "Jungfrau".

Der kreationistische Ansatz ist in vielen Fragen sehr wissenschaftlich aufgebaut. Trotz alledem kann auch er die Existenz Gottes od. ähnliche Mächte nicht beweisen. Aus diesen Umstand heraus suchen die Kreationisten in der Natur nach den Spuren, die eine Schöpfung verraten. So wie so mancher menschliche Geistes-Blitz (revolutionäre Ideen) müsste auch das intelligente Design der Natur / des Lebens durch völlig neue Entwicklungen oder Objekte ohne eine vorherige Dahin-Entwicklung sichtbar werden.
Für mich haben die Kreationisten vor allem darin eine Bedeutung, dass sie den Finger in die – manchmal verschwiegenen und überlebten – Wunden der Naturwissenschft legen. Sie lassen keine einfachen Theorien durch und prüfen gegen. Trotz der verschiedenen Bemühungen sind es die Naturwissenschaftler, die aus den Auseinandersetzungen gestärkt hervorgehen. Ihnen gelingt es ihre Theorien weiterzuentwickeln, während die Kreatinisten nur nach neuen Haaren in der Suppe suchen können. Dabei kommen sie aber ihrem großen Ziel nicht wirklich näher.
Begriffs-Spiele bzw. –Verzerrungen um eine sogenannte Mikro-Evolution, die im Gegensatz zur "Makro"-Evolution möglich sein soll, erscheinen in sich schon widersprüchlich. Wenn es

im Bereich der Arten oder ev. auch von Grundtypen Veränderungen mit Anpassungs-Tendenzen gibt, dann gibt es scheinbar doch eine Evolution (quasi so, wie DARWIN sie umrissen hat). Gleichzeitig widerspricht die Mikro-Evolution der in vielen Bibel-Auslegungen enthaltenen absoluten Art-Konstanz.

Mit Spannung erwarten wir die neuen Entwicklungen um die erweiterte Synthese. Auch wenn sie "nur" die Weiterentwicklung der Lebens klären kann, wird eine Gott-freie Lebens-Entstehung immer wahrscheinlicher.

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

0.1.3.5. Betrachtungs-Ebenen in der Biologie

Die Biologie ist durch eine extreme Tiefe von Struktur-Ebenen gekennzeichnet. Biologie beginnt mindestens auf der Molekül-Ebene und endet vorerst auf der Ebene des belebten Planeten (→ Gaia-Theorie; Biosphäre). Dazwischen existieren viele Zwischen-Ebenen, die zum einen Inhalt von Biologie-Teilgebieten sind oder aber bei Analyse von biologischen Systemen immer auch mit beachtet werden müssen.
Hinter der einen oder anderen Ebene stecken ganze Wissenschaften. Für die Bearbeitung von Molekülen und Metabolismen (z.B. im Stoff- Energiewechsel) benötigen wir die (organische) Chemie.
Betrachtet man nur die Cytologie, dann bewegen wir uns schon über fünf Ebenen hinweg.

Moleküle, Atome
Metabolismen / chemische Reaktionen / Interaktionen
Zellorganellen / Zell-Bestandteile / Kompartimente
Zellen
Gewebe
Organe
Organ-Systeme
Organismen
Populationen
Lebensgemeinschaften / Biozönosen
Ökosysteme
Biosphäre

Aufgaben:

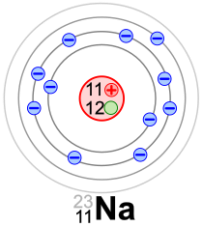
1. *Geben Sie zu jeder Betrachtungs-Ebene an, wie diese beobachtet oder ge- bzw. vermessen werden kann!*

0.1.3.6. chemisches Basiswissen / chemische Grundlagen der Biologie

ganz, ganz kurze Wiederholung
ausführlicher in den Skripten 🕮 **Allg. Chemie 1 (Stoffe)**, 🕮 **Allg. Chemie 3 (Reaktionen)**, 🕮 **Org. Chemie 2 (Derivate)**, 🕮 **Org. Chemie 3 (Makromoleküle)** (die Namen sagen sicher schon genug zu den enthaltenen Themen aus)
ev. zum Nachschlagen und Nachlernen

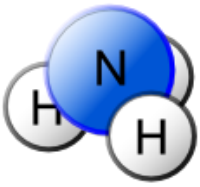
Atome, Elemente, Isotope, Moleküle

Jeder Stoff besteht aus Atomen. Wir unterscheiden derzeit 118 Elemente, d.h. 118 chemisch verschiedene Atom-Arten. Hauptkriterium zur Unterscheidung der Atom-Arten ist die Anzahl der Protonen im Atomkern.
Neben den Protonen befinden sich auch noch Neutronen im Atomkern. Sie dienen als Klebstoff für die Protonen, die sich sonst wegen ihrer positiven Eigenladung abstoßen würden. Bei vielen Atom-Arten gibt sogenannte Isotope. Dies sind Atomkerne mit unterschiedlicher Neutronen-Anzahl, aber immer der gleichen Protonen-Anzahl. So gibt es beim Kohlenstoff (Symbol: C … Cohlenstoff) die (natürlichen) Isotope 12, 13 und 14. Das Isotop C-12 – oder auch ^{12}C – ist das häufigste C-Isotop.
Die Isotope ^{12}C und ^{13}C sind stabil, das Isotop ^{14}C ist radioaktiv und zerfällt mit einer Halbwerts-Zeit von rund 5'700 Jahren.



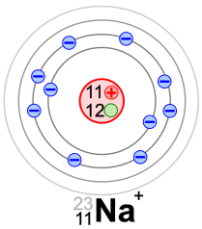
Radioaktive Strahlung kann man mit speziellen Meßgeräten (z.B. GEIGER-Zähler) oder Foto-Filmen nachweisen. Schwarz-weiß-Fotomaterial wird durch die Strahlung geschwärzt.

Sind mehrere – aber abzählbare viele – Atome in einer Struktur (chemisch) verbunden, dann heißen die Objekte Moleküle. Die Elemente Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff existieren in der Natur nur als Moleküle und haben deshalb die Formlen O_2, N_2 und H_2. Die Zwei steht für die Anzahl der Atome dieses Elementes in dem Molekül. Viele Moleküle bestehen aus mehreren Elementen. Typische Beispiele sind Wasser (H_2O), Ammoniak (NH_3) und Schwefelwasserstoff (H_2S).



Ionen

Haben Atome nicht die gleiche Anzahl von Elektronen in der Atomhülle, wie sie Protonen im Kern haben, dann werden diese Ionen genannt. Bei überschüssigen Elektronen sprechen wir von Anionen. Häufig auftretende Anionen sind das Chlorid-Ion (Cl^-) und das Hydroxid-Ion (OH^-). Fehlen Elektronen ist das Ion positiv geladen und wird auch als Kation bezeichnet.



Bekannte Kationen sind das Natrium-Ion (Na^+), das Calcium-Ion (Ca^{2+}) und das Wasserstoff-Ion (H^+).

Chemiker verwenden statt dem Wasserstoff-Ion eher die realistischere Molekül-Struktur Hydronium-Ion (H_3O^+) (ganz exakt auch Oxonium-Ion genannt), weil das Wasserstoff-Ion, das praktisch nur ein Proton ist, nie frei vorkommt.

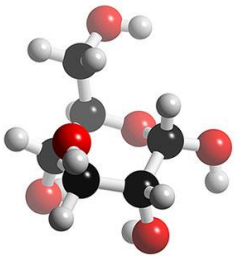
Moleküle können ebenfalls Ionen sein.

organische Stoffe

Alle Cohlenstoff-Verbindungen außer die Cohlenstoff-Oxide, die zugehörigen Ionen und deren Salze werden als organische Stoffe bezeichnet. Organische Stoffe dominieren in lebenden Systemen.

Besonders die chemischen Abkömmlinge (Derivate) der Kohlenwasserstoffe (reine Cohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen) kommen bei Organismen vor. In Derivaten ist mindestens ein Wasserstoff-Atom durch ein anderes Atom – zumeist Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel oder Posphor – ausgetauscht (substituiert).

Die substituierten Atome ergeben funktionelle Gruppen, die die Eigenschaften des Molekül's und dementsprechend auch des Stoffes entscheidend bestimmen. Wichtige Stoff-Gruppen sind die Alkohole (Alkanole; fkt. Gr.: -OH), die Aldehyde (Alkanale; -CHO) die Carbonsäuren (-COOH) und die Amine ($-NH_2$).



Kugelstab-Modell des Glucose-Molekül's

allgemeine Reaktions-Typen

Säure-Base-Reaktionen

Säuren sind Stoffe, die ein Wasserstoff-Ion (Proton) abgeben können (Definition nach BRØNSTED).

Eine klassische (anorganische) Säure ist Chlorwasserstoff:

$$\underset{\textbf{Säure}}{HCl} \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$ ***Protonen-Abgabe***

Chemiker schreiben diese chemische Reaktion eher so:

$HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$ ***Protonen-Abgabe***

Säure

weil sie wissen, dass Protonen niemals frei vorkommen, und deshalb immer von einem anderen Stoff aufgenommen werden. (populär umschrieben: Dieser Stoff ist noch geiler auf die Protonen, als es die Säure ist.)
Basen sind quasi der Gegenpart zur Säure. Sie nehmen Protonen (Wasserstoff-Ionen) auf:

$NH_3 + H^+ \rightleftharpoons NH_4^+$ ***Protonen-Aufnahme***

Ammoniak Ammonium-Ion

Die moderne Gleichung sieht so aus:

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ ***Protonen-Aufnahme***

Ammoniak entzieht dem Wasser ein Proton und wird dadurch zum basisch wirkenden Hydroxid-Ion.
Säuren und Basen reagieren sehr gerne miteinander und bilden dann ein Salz und Wasser. Diesen Reaktions-Typ nennen wir Neutralisation:

$H_3O^+ + Cl^- + NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^- + 2\ H_2O$

gelöste **Säure** gelöste **Base** gelöstes **Salz**

Säure-Base-Reaktionen funktionieren nur in Wasser. Das Wasser selbst kann sowohl als Säure, als auch als Base reagieren. Es ist ein **Ampholyt**.

$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

Säure **Base**

Redox-Reaktionen

Redox-Reaktionen bestehen aus einer Oxidation und einer Reduktion, die gleichzeit ablaufen. Hier werden Elektronen abgegeben (→ Oxidation) oder aufgenommen (→ Reduktion).
Vielfach haben Oxidationen etwas mit Sauerstoff zu tun, das muss aber nicht so sein.
Bei der Reaktion von Magnesium mit Sauerstoff:

$2\ Mg + O_2 \longrightarrow 2\ MgO$

gibt das Magnesium 2 Elektronen ab:

$Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2\ e^-$ ***Elektronen-Abgabe (Oxidation)***

und der Sauerstoff nimmt diese 2 Elektronen auf. (populär umschrieben: Der Sauerstoff ist sehr geil auf die (Außen-)Elektronen des Magnesium's, mehr als das Magnesium.):

$O + 2\ e^- \longrightarrow O^{2-}$ ***Elektronen-Aufgabe (Reduktion)***

Da der Sauerstoff molekular vorkommt, müssen beide Reaktionen doppelt ablaufen, so dass sich die obige Redox-Reaktions-Gleichung ergibt.
Für das Verständnis von Redox-Reaktionen bei organischen Stoffen sollten Sie sich zuerst mit dem Konzept der Oxidations-Zahl beschäftigen (→ 🕮 **Allg. Chemie 3 (Reaktionen)**). Hier würde dies jetzt zu weit abschweifen. Wir zeigen hier eine typische "organische" Redox-Reaktion bei der Reaktion von einem Aldehyd mit Sauerstoff zu einer Carbonsäure.

-3 +1 +1 +1 -2 ±0 -3 +1 +3 -2 -2 +1

$$2\,CH_3-CHO + O_2 \longrightarrow 2\,CH_3-COOH$$

Der Cohlenstoff der funktionellen Gruppe (-CHO) wird von der Oxidations-Stufe +1 nach +3 (in der Säure-Gruppe) oxidiert, während der Sauerstoff von ±0 nach -2 reduziert wurde.

Reaktions-Typen der organischen Chemie

Bei organischen Stoffen geht es bei Reaktionen um die Veränderungen der Moleküle.

Substitutionen

sind Reaktionen, bei denen ein Atom oder eine Atom-Gruppe ausgestauscht wird.

$$CH_3-CH_3 + Cl_2 \longrightarrow CH_3-CH_2-Cl + HCl$$

Als allgemeines Reaktions-Schema könnte man dies so schreiben:

$$\mathbf{A + B \longrightarrow C + D}$$

meint eigentlich: $A\text{-}X + B\text{-}Y \longrightarrow A\text{-}Y + B\text{-}X$

X und Y sind die ausgetauschten Atome bzw. Atom-Gruppen. (Natürlich kann man z.B. auch A und B als ausgestauschte Atome bzw. Atom-Gruppen betrachten. Meist verstehen wir die größeren Molekül-Stücke als die Basis-Strukturen.

Veresterung / Kondensation / Hydrolyse

Eine besondere Substitution ist die Veresterung. Darunter verstehen wir die Reaktion einer Säure mit einem Alkohol zu einem Ester:

$$\underset{\text{Ethansäure}}{CH_3-COOH} + \underset{\text{Ethanol}}{HO-CH_2-CH_3} \rightleftharpoons \underset{\text{Ethansäureethylester}}{CH_3-COO-CH_2-CH_3} + H_2O$$

Weil bei dieser Reaktion ein kleines Molekül (hier: Wasser) gebildet wird, spricht man auch von einer Kondensation. Die Rück-Reaktion vom Ester zur Säure und einem Alkohol wird Hydrolyse genannt, weil dabei Wasser notwendig ist.

Additionen

passieren gewöhnlich an Doppel-Bindungen. Diese wird aufgespalten und Atome bzw. Atom-Gruppen können sich anlagern.

$$\underset{\text{Propen}}{CH_3-CH=CH_2} + Br_2 \longrightarrow \underset{\text{1,2-Dibrompropan}}{CH_3-CHBr-CHBr}$$

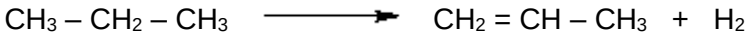
Als allgemeines Reaktions-Schema könnte man dies so schreiben:

$$\mathbf{A + B \longrightarrow C}$$

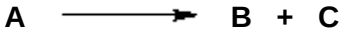
Die passende Rück-Reaktion wäre eine Eliminierung

Eleminierungen

als chemische Reaktionen sind dadurch charakterisiert, dass Atome oder Atom-Gruppen abgespalten / abgegeben werden (Üblicherweise werden dabei Mehrfach-Bindungen gebildet.):



Die Abspaltung von Wasserstoff wird auch Dehydrierung genannt.
Als allgemeines Reaktions-Schema könnte man dies so schreiben:

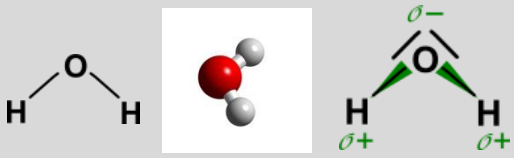


 (c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Exkurs: Kurzvorstellung wichtiger Grundstoffe der Zellen

Um sich in der Welt der Zelle zurechtzufinden, brauchen wir einige elementare Kenntnisse über die wichtigsten Grundstoffe in den Zellen. Die folgendenden Informationen sind als absolutes Minimum zu verstehen. Ich empfehle dringend, sich noch einmal ein passendes Schulbuch oder eine andere geeignete Literatur (z.B. 🕮 **Skript: Organische Chemie für Biologie und Ernährungslehre**) vorzunehmen, um das Wissen hinsichtlich der organischen Stoffe aufzufrischen.

Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße zählen zu den Energie-reichen (organischen) Nährstoffen. Sie werden primär von Pflanzen gebildet und dann über die Nahrungsketten verteilt. Lebewesen bestehen neben dem Haupt-Bestandteil Wasser (60 – 70%) im Wesentlichen aus Eiweißen (10 – 20%), Fetten (4 – 8%) und Kohlenhydraten (4 – 8%). Die restlichen Prozente werden durch Nucleïnsäuren, Mineralstoffe, Vitamine, Farb-, Duft- und Geschmacksstoffe gebildet.

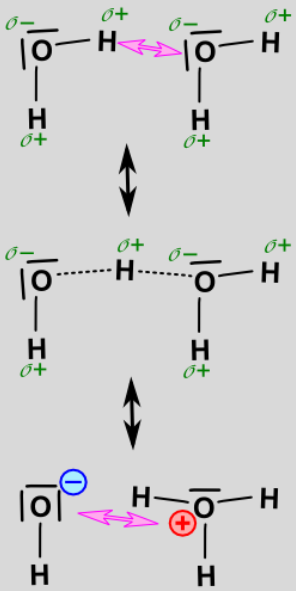


Wasser (Struktur-Formel, Molekül-Modell, Partial-Ladungen und Verschiebung der Elektronen-Paare)
Q: www.3Dchem.com

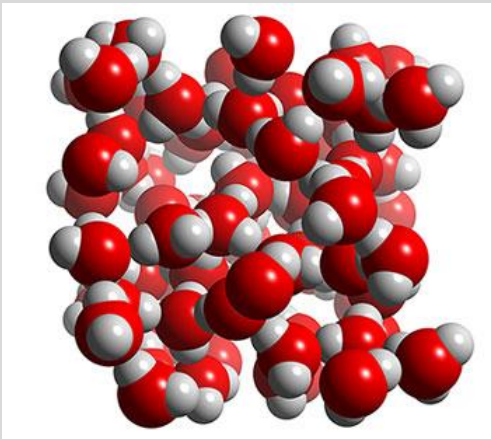
Um für die Leser / Kursteilnehmer mit weniger Teilchen-Vorstellungen die Größen-Verhältnisse deutlicher zu machen, sind in Abbildungen ab und zu auch mal Wasser-Moleküle zum Vergleich mit dargestellt.

Wasser:

Alle Lebewesen (und Zellen) enthalten als Hauptbestandteil Wasser. Durchschnittlich kann man mit ungefähr 70% rechnen. Je nach Lebensraum bzw. Lage im Organismus schwanken die Wasser-Anteile aber stark.
Wasser ist das bedeutenste Lösungmittel. Durch seine polaren Eigenschaften (Molekül ist ein Dipol) löst es vorrangig polare Stoffe (z.B. Salze).
Die Wasser-Moleküle umhüllen zu lösende Ionen oder andere polare Strukturen mit sogenannten Hydrat-Hüllen. Dabei ziehen sich jeweils die unterschiedlichen Ladungen oder Partial-Ladungen an. Auch untereinander ziehen sich die Wasser-Moleküle relativ stark an. Die Kräfte können so stark sein, dass zeitweilig (temporär) einzelne Wasserstoff-Ionen aus den Wasser-Molekülen entrissen werden. Die nächstgelegenen Moleküle nehmen diese Ionen kurz auf und geben sie später wieder an andere Spender-Wasser-Moleküle ab / zurück. Unzählige Wasser-Moleküle bilden dabei ein sehr dynamisches Netzwerk (Cluster, Haufen). Die spezielle Situation der quasi gemeinsamen Nutzung von Wasserstoff-Ionen bzw. –Atomen wird Wasserstoff-Brücken-Bindung genannt. Sie ist für viele der besonderen Eigenschaften des Wassers verantwortlich.



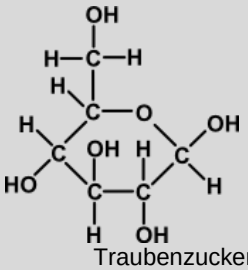
Wechselwirkungen zwischen zwei Wasser-Molekülen (oben: polare Kontakte; mittig: Wasserstoff-Brücken-Bindung; unten: Ionen-Bildung (links: Hydroxid-Ion; rechts: Hydronium-Ion))



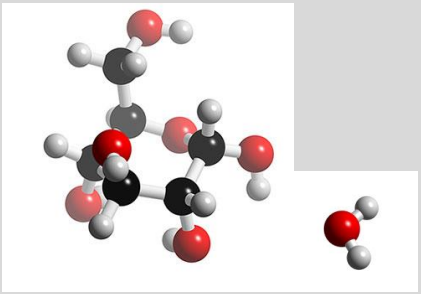
Wasser-Cluster aus vielen Wasser-Molekülen
Q: www.3Dchem.com

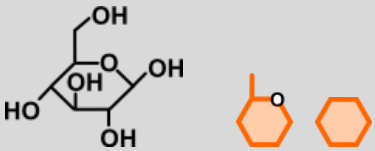
Kohlenhydrate (Saccharide, Zucker):

Kohlenhydrate sind vor allem Energie-Träger, Speicher-Stoffe, aber auch Baustoffe.
Zu den Kohlenhydraten zählen z.B. Traubenzucker (Glucose), Haushalts-Zucker (Saccharose), Stärke (z.B. Amylose) und Zellstoff (Cellulose).
Traubenzucker stellt für sehr viele größere Saccharide eine Art Grundbaustein dar. Wegen seiner Struktur verwendet man oft ein Sechseck als Modell. Die Summenformel für Glucose lautet $C_6H_{12}O_6$. Einfache Zucker, wie z.B. die Glucose oder auch der Fruchtzucker (Fructose), sind sogenannte **Einfachzucker (Monosaccharide)**. Sind zwei Einfachzucker in einem gemeinsamen Molekül vereint, dann sprechen wir von **Zweifachzuckern (Disacchariden)**. Weitere Einfachzucker können die Kette verlängern. Wir kommen dann zu Dreifachzuckern (Trisacchariden), **Mehrfachzuckern (Oligosacchariden)** und **Vielfachzuckern (Polysacchariden)**.
Verbindungen von Kohlenhydraten mit ihresgleichen oder anderen biochemischen Verbindungen werden allgemein **Glycoside** genannt. Homoside bestehen aus gleichen Bausteinen, Heteroside aus unterschiedlichen.
Die Einfachzucker spielen vor allem als (bio-)chemische Grundstoffe und als Energie-Lieferanten eine Rolle. Sie sind allgemein gut in Wasser löslich. Zwar sind Monosaccharide deutlich größer als Wasser-Moleküle, aufgrund ihrer vielen polare Gruppen können sich aber die umgebenden Wasser-Moleküle anheften. Dadurch sind Einfach- und Zweifach-Zucker-Moleküle i.A. gut löslich.
Innerhalb der Photosynthese wird aus Cohlendioxid und Wasser die Glucose gebildet, welche dann direkt oder indirekt (z.B. andere Zellen od. andere Lebewesen) wieder zur Energie-Gewinnung (Zell-Atmung oder Gärung) genutzt wird.
Vielfachzucker sind schlecht(er) oder gar nicht in Wasser löslich. Sie eignen sich deshalb besonders gut als Speicherstoffe (z.B. Stärke).



Traubenzucker (= Glucose) (Struktur-Formel)


Traubenzucker und Wasser (Molekül-Modelle)
Q: www.3Dchem.com

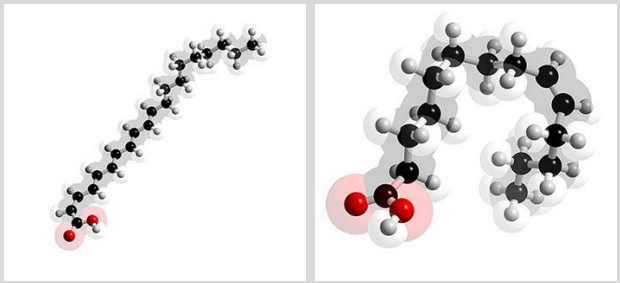


Traubenzucker (Gitter-Struktur-Formel (links) und vereinfachte schematische Modelle (rechts))

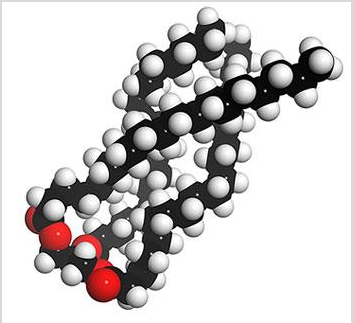

Vielfachzucker (Modell)

Fette:

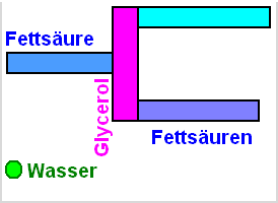
Natürliche Fette (z.B. Oliven-Öl, Schweine-Schmalz, …) sind Gemische aus verschiedenen Fett-Molekülen-Arten. Fett-Moleküle bestehen aus einem Glycerol-Baustein (Glycerin-Baustein) und drei Fettsäure-Bausteinen. Bei den Fettsäuren gibt es gesättigte und ungesättigte (- also mit Doppel-Bindungen im Molekül). Gesättigte Fettsäuren haben einen ausgesprochen linearen Bau. Die ungesättigten Fettsäuren enthalten an den Stellen mit Doppel-Bindungen stabile Knicke.
Als Modell hat sich ein E eingebürgert. Der senkrechte Strich steht für das Glycerol und die drei waagerechten für die Fettsäuren. Im freien Zustand – also z.B. in Fett-Kristallen oder flüssigen Ölen haben die Fett-Moleküle aber eher die Form eines Y. In diesem Modell stellen alle drei Striche eine Fettsäure dar und das Glycerol liegt im zentralen Verbindungspunkt.
Fett sind besonders gute Energie-Speicher, weil sie eine hohe Energie-Dichte besitzen und Wasser-unlöslich sind.


Fettsäure Moleküle (gesättigte und ungesättigte Fettsäure)

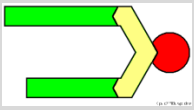


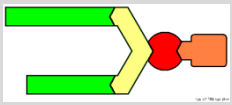

Fett-Molekül (Triglycerid) in der E-Form (schematisches und Molekül-Modell)
Q: www.3Dchem.com

Fette sind vorrangig unpolare Moleküle, die zum polaren Lösungsmittel Wasser keine zwischenmolekularen Beziehungen aufbauen können. In unpolaren Lösungsmitteln, wie z.B. Ether, Benzin usw. lösen sie sich aber sehr gut. Zwischen den Fett-Molekülen und den Teilchen der Lösungsmittel wirken unpolare VAN-DER-WAALS-Kräfte.
In Zellen kommen verschiedene Abkömmlinge (sogenannte Derivate) der Fette vor. Dabei sind ein, oder selten zwei, Fettsäure(n) durch einen anderen Baustein ausgetauscht.
Eine Gruppe von Abkömmlingen sind die Phospholipide. Sie enthalten anstatt einer der drei Fettsäuren einen Phosphat-Rest im Molekül. Beim Lecithin ist z.B. noch eine weitere Molekül-Struktur im Molekül enthalten – das Cholin.



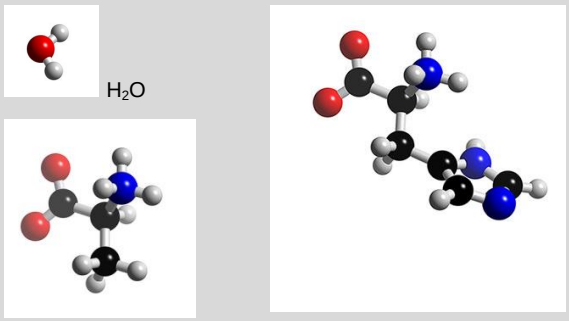
Fett-Molekül, schematisch (Y-Form)


Phospho-Lipid (ein Fett-Derivat)
(grün .. Fettsäure, gelb .. Glycerol, rot .. Phosphorsäure)


Fett-Derivat Lecithin
(orange .. Cholin)

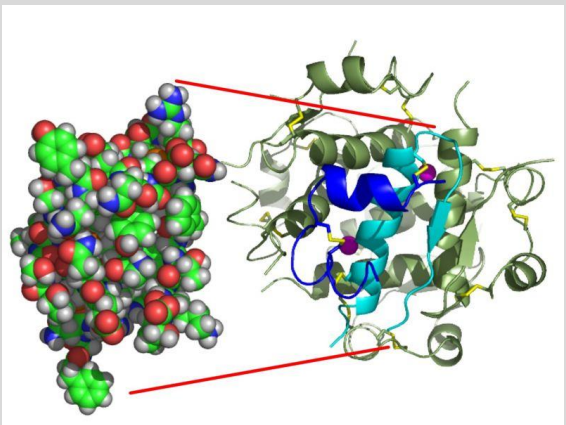
Eiweiße (Proteïne):

Eiweiße sind aus Aminosäuren aufgebaut. In der gesamten belebten Welt werden im Prinzip nur 20 verschiedene Aminosäuren für den Aufbau von Proteïnen benutzt.
Aminosäuren enthalten neben einer entständigen (terminalen) Säure-Gruppe noch eine basische Amino-Gruppe.
Diese ist immer am 2. C-Atom angeordnet. Die verschiedenen Aminosäuren unterscheiden sich hinsichtlich des weiteren Molekül-Restes.
Als Modell findet man häufig farbige rechte Winkel. Die Schenkel sollen die beiden funktionellen Gruppen darstellen. Die Farben stehen für die verschiedenen Reste – also praktisch für die verschiedenen Aminosäuren.
Die Reihenfolge der Aminosäuren ist genetisch (in der DNS) festgelegt und bestimmt über die Struktur und damit auch über die Funktion(en) eines Proteïns. Die Verbindung von einzelnen Aminosäuren nennen wir Peptide. Zur Bildung eines Peptides reagiert immer ein Base-Ende (einer Aminosäure oder eines Peptides) mit dem Säure-Ende der nachfolgenden Aminosäure. Eiweiße bzw. Proteine sind praktisch nichts anderes als Polypeptide. Die Polypeptid-Ketten (auch Primär-Strukturen genannt) sind aufgrund verschiedenster Eigenschaften der Aminosäuren mal langestreckt und mal verknäullt (Sekundär-Strukturen). Durch interne Bindungen werden die räumlichen Gebilde dann stabilisiert (Tertiär-Strukturen). Natürlich sind auch Kombinationen von beiden Strukturen möglich. Bei sehr vielen Proteinen sind mehrere Peptid-Ketten (Tertiär-Strukturen) zu einer funktionsfähigen Quartär-Struktur – dem eigentlichen Protein – zusammengefasst.
Eiweiß-Moleküle gehören mit zu den größten Molekülen in einer Zelle (noch größer sind nur noch die Polynukleotide → DNS und RNS).
Ein Großteil der Proteine fungiert als Enzyme. Das sind Bio-Katalysatoren. Sie sorgen durch einen chemischen Trick dafür, dass chemische Reaktionen unter den Bedingungen einer lebenden Zelle ablaufen können. Wie normale Katalysatoren liegen auch sie nach der chemischen Reaktion unverändert vor und können dann die Reaktion wiederholt ablaufen lassen.

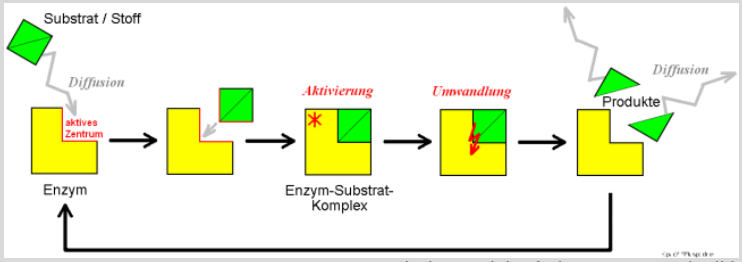


zwei Beispiele für Aminosäuren (Alanin u. Histidin)
Q: www.3Dchem.com


Reaktion eines Dipeptids mit einer Aminosäure zu einem Tripeptid (Verlängerung der Primär-Struktur) schematisches Modell


Insulin-Monomer (Molekül-Modell) als Teil des fertigen Insulins (Band-Modell); das Monomer ist eine Tertiär-Struktur, das fertige Protein der Quartär-Struktur
Q: de.wikipedia.org (Isaac Yonemoto)

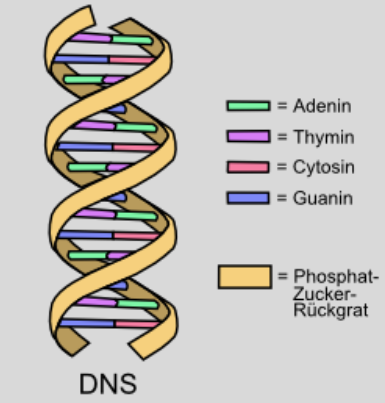
Andere Proteine dienen als Informations-Stoffe (z.B. Hormone (Insulin)), als Transport-Stoffe (z.B. Haemoglobin), als Baustoffe (z.B. Keratin), als Schutz–Stoffe (z.B. Antikörper) und als Rezeptoren (z.B. bei Nerven-Zellen).
Proteine sind gewissermaßen die Werkzeuge und Arbeitstiere der Zellen. Ohne sie ist Leben (derzeit) nicht denkbar. Unsere Erde ist im Weltall der Ort des Protein-Lebens.



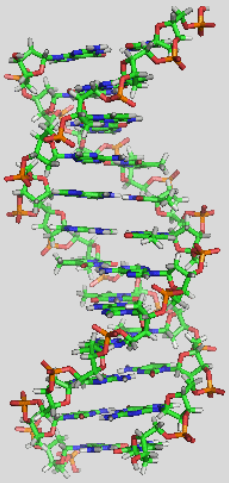
Arbeits-Kreislauf eines Enzyms (gelb)

Nucleïnbasen:

Nucleinbasen sind elementarer Bestandteil der Erbsubstanzen RNS (RNA) und DNS (DNA). Mit Phosphorsäure- und Zucker-Resten bilden die Nucleinsäuren sogenannte Nukleotide (abgekürzt: A, T, C und G) und aus ihnen dann lange Riesen-Moleküle (Makromoleküle). Im Falle der RNS bleibt das Riesen-Molekül auch einsträngig. Bei der DNS kombinieren sich praktisch zwei Stränge zu einer Strickleiter-ähnlichen Strukur. Aufgrund bestimmter Eigenschaften bilden immer zwei Nucleinsäuren ein Päarchen (A=T, C≡G; sozusagen die Stufe der Strickleiter). Das DNS-Molekül ist um bestimmte Eiweiße (Histone) gewickelt und dann noch mehrfach zum Spiralen und Schleifen aufgeschraubt / helikalisiert. Die fertig aufgewickelten DNS-Strukturen kennen Sie vielleicht schon als Chromosomen oder in der weniger aufgewickelten Form als Chromatin im Zellkern.
Durch die Anordnung der Nucleotide in den Makromolekülen werden die Erbinformationen kodiert. Jeweils drei Nukleotide (Triplett) kodieren eine Aminosäure für die zu bildende Peptid-Kette. Im DNS-Molekül benötigt somit die Codierung einer Aminosäure drei Strickleiter-Stufen. Vorrangig werden also Informationen für die Herstellung von Proteinen im genetischen Material gespeichert.
Nach Meinung einer immer größer werdenden Wissenschaftler-Zahl sind aber eher die Nucleinsäuren in Form der Erbsubstanzen die eigentlichen Antreiber für die Lebensvorgänge. Sie sehen unsere Erde eher als Ort des Nucleinsäure-Lebens (DAWKINS' Theorie von den "egoistischen" Genen).

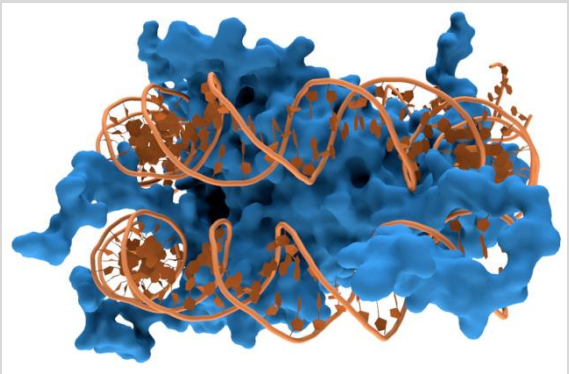


Ausschnitt aus einem DNS-Molekül (schematisch)
Q: de.wikipedia.org (Forluvoft + geänd.: dre)




H_2O

DNS-Modell (Atom-Stab-Modell)
Q: de.wikipedia.org(Zephyris)


DNS (braun) um ein Histon (blau) gewickelt
Q: en.wikipedia.org (Thomas Splettstoesser)

Aufgaben:

1. *Erklären Sie hydrophoben Eigenschaften unpolarer Moleküle!*
2. *Ionen, wie z.B. das Natrium- und das Chlorid-Ion verfügen über sogenannte Hydrat-Hüllen. Erklären Sie, wie diese aussehen und wie sie zustande kommen!*
3. *Auf dem Etikett der Chemikalien-Flasche für Traubenzucker steht "D-Glucose".*
   a) *Was besagt das D vor dem Substanznamen? Was wäre die Alternative?*
   b) *Notieren Sie die Strukturformel für D- und die andere Glucose in der FISCHER-Projektion!*
4. *Warum kommen Fett-Moleküle in einem Öl vor allem in der Y-Form vor, während sie an einer Öl-Wasser-Grenzfläche eher die E-Form annehmen? Erklären Sie!*
5. *Flüssige Fette (Öle) und feste Fette bestehen häufig ausgleichgroßen Molekülen. Wie können die unterschiedlichen Aggregatzustände erklärt werden?*
6. *Informieren Sie sich über die möglichen Funktionen der Proteine in und an Zellen (und Lebewesen)! Notieren Sie sich immer auch 2 Beispiele dazu!*
7. *Gibt es bei den Aminosäuren auch D- und die anderen Formen? Zeigen Sie dies an einem Beispiel!*
8. *Warum heißen die großen Nukleine eigentlich Nukleinsäuren, obwohl sie doch aus Stickstoffbasen aufgebaut sind? Klären Sie diesen Widerspruch auf!*

für die gehobene Anspruchsebene:

9. *Ermitteln Sie die Anzahl unterschiedlicher Fett-Moleküle, wenn für die Synthese 3 verschieden lange Fettsäuren zur Verfügung stehen!*
10. *Ermitteln Sie, wieviel Peptide es geben kann, wenn für eine rein chemische Synthese 5 unterschiedliche Aminosäuren zur Verfügung stehen!*
11. *Ermitteln Sie die Anzahl möglicher Peptide mit einer Kettenlänge von 2, 3, 4 und 5 Aminosäuren! Was sagt die Reihe über die Anzahl möglicher Proteine in biologischen Systemen aus?*
12. *Erstellen Sie ein Diagramm für die Ergebnisse aus Aufgabe 11!*

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Exkurs: Größen-Verhältnisse von zellulären Stoffen

Sich die Größe von Molekülen vorzustellen, ist eine der großen Probleme vieler Kursteilnehmer in der Cytologie. Schon die reinen Länge-Maße und ihre Umrechnung ist vielen nicht bekannt.
Deshalb versuchen wir hier wenigstens ein Minimum an Vorstellung zu entwickeln. Die unten abgebildeten Moleküle sind im Maßstab 1 : 1'000'000 dargestellt. Ein Millimeter (mm) auf einem A4-Blatt entspricht dann einem Nanometer (nm) in der Natur.

1 **m**m =	1'000 **µ**m =	1'000'000 **n**m =	1'000'000'000 **p**m
***Milli**meter*	***Mikro**meter*	***Nano**meter*	***Pico**meter*
10^{-3} m =	1'000 * **10^{-6}** m =	1'000'000 * **10^{-9}** m =	1'000'000'000 * **10^{-12}** m

.
Wasser
(0,25 x 0,19 nm)

●
Glucose
(0,6 x 0,4 nm)

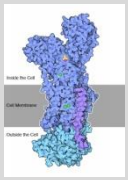

Fett-Molekül
(3 x 1 nm)

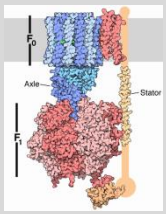

ATP
(2 x 2 nm)


Hämoglobin
(roter Blutfarbstoff)
(d=6,5 nm)


Enzym
(Alkoholdehydrogenase)
((5-) 10 (-25) nm)

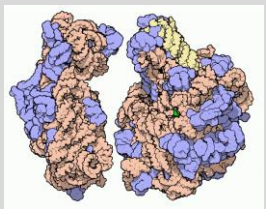

Adrenalin-Rezeptor
(Protein)
(d=8 – 10 nm)


Natrium-Kalium-Pumpe
(Protein)
(d= 8 nm, h= 24 nm)



ATP-Synthase
(Protein)
(d= 16 nm, h=30 nm)


RNA-Polymerase
(d=)


Ribosom
(kl. und gr. Untereinheit)
(d=30 nm)

wäre in diesem Maßstab schon 1,7 m lang und rund 2 mm dick

Viren-DNS
(l=1.700 nm, d= 2 nm)


Kollagen
(Bindegewebs-Eiweiß)
durchschn. Faser:
(l=200 nm, d= 2,5 nm)

Bilder-Quellen: de.wikipedia.org, www.rcsb.org, da.wikipedia.org, www.3Dchem.com (z.T. geänd.: Dre)

→ Molekül-Visualisierung: https://www.chemie-interaktiv.net/jsmol_viewer_4a.html

weitere Links:
https://molsurfer.h-its.org (Protein-Molekül-Betrachter mit Anzeige spezieller Protein-Eigenschaften)

Aufgaben:

1. ***Eine durchschnittliche Zelle wird mit einer Länge von ungefähr 100 nm angegeben. Wie lang wäre 1 nm (aus der Zellwelt / Realität), wenn Sie die (Durchschnitts-)Zelle auf die Größe Ihres Unterrichtsraumes vergrößern würden?***

für die gehobene Anspruchsebene:

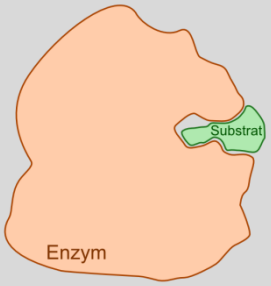
2. ***Bei Kohlenhydraten gibt es sogenannte Spiegelbild-Isomere. Erkundigen Sie sich, was es damit auf sich hat! Was bedeuten die Angaben D- bzw. L- vor einem Kohlenhydrat-Namen? Welche biologische Bedeutung haben die Spiegelbild-Isomere (Enatiomere)?***
3. ***Recherchieren Sie, ob es auch bei Aminosäuren solche Spiegelbild-Isomere gibt! Klären Sie auch hier die biologische Bedeutung ab!***

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Exkurs: Bedeutung der Proteine für das Leben

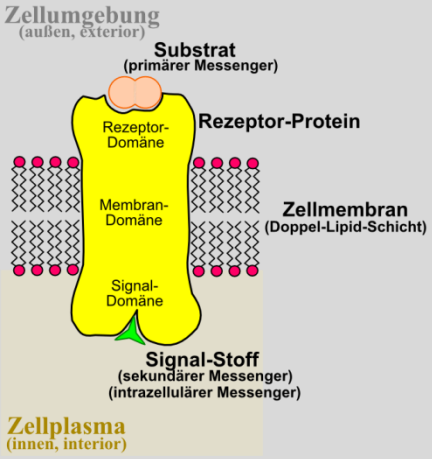
Wir stellen die einzelnen Protein-Gruppen und –Funktionen hier nur kurz vor. Sie finden aber immer Hinweise auf andere Scripte, in denen Bau und Funktionen wesentlich weiterreichender dargestellt werden.

Enzyme



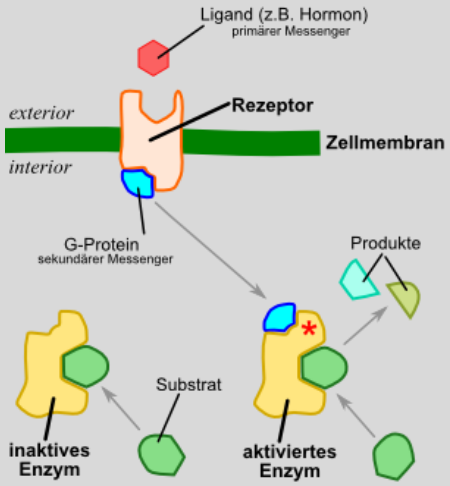
Enzyme sind die wohl wichtigsten Proteine in Zellen. Sie sorgen dafür, dass die chemischen Reaktionen des Zell-Stoffwechsels unter Zell-Bedingungen ablaufen können. Dazu gehören z.B. die typischen Temperaturen von nur 0 – 40 °C, das wässrige Millieu und ein pH-Wert um den Neutralpunkt.
Enzyme sind praktisch Katalysatoren, die einzelne Reaktionen (Reaktions-Schritte) beschleunigen bzw. verlangsamen. Am Ende der Reaktion liegen sie unverbraucht vor und können wiederum die gleiche Reaktion durchführen.
Die Ausgangsstoffe (Substrate) werden in einer speziellen Kontaktstelle (aktives Zentrum) angelagert. Dadurch wird das Enzym aktiv und verändert den Stoff (/ das Substrat). Das oder ev. auch mehrere Endprodukt(e) werden abgespalten. Ev. muss das Enzym noch durch spezielle Stoffe (Coenzyme) oder Energie-Träger (z.B. ATP) wieder aktiviert werden. Dann steht es wieder für eine Wiederholung der Reaktion bereit.
Eine wesentlich weiterreichende Darstellung der Enzyme finden Sie in den Scripten **🕮 Biologie – Stoff- und Energiewechsel** bzw. **🕮 Ernährungslehre – Stoff- und Energiewechsel**.

Rezeptoren



Über Rezeptoren werden im Wesentlichen Informationen (Reize) aus der Umgebung erfasst. Dabei handelt es sich zumeist um irgendwelche Stoffe, die für die Zelle interessant sind. Neben Nährstoffen können das chemische Signale von anderen Zellen sein, aber auch das Vorhandensein von gefährlichen Stoffen (oder Umgebungs-Bedingungen). Allgemein spricht man von (primären) Messengern oder Substraten.
Rezeptor-Proteine besitzen i.A. mindestens zwei verschiedene Bereiche (Domänen). Mit der einen (Rezeptor-Domäne) nehmen sie Kontakt zu den relevanten Stoffen auf. Dies erfolgt meist das Schlüssel-Schloß-Prinzip. Der Stoff passt also irgendwo genau in die Rezeptor-Domäne und bewirkt dann eine strukturelle Veränderung des gesamten Proteins (durch die Membran-Domäne hindurch).
Diese führt dann an einem anderen Bereich – der Signal-Domäne – zu einer Stoffwechsel-Reaktion oder zum Abspalten eines anderen Signalstoffes (sekundärer Messenger; z.B. G-Protein). Der interne Signalstoff beeinflusst nun direkt bestimmte Stoffwechsel-Vorgänge, z.B. dadurch, dass er ein Enzym blockiert oder aktiviert.
Genauere und umfassende Informationen können Sie in den Skripten **🕮 Biologie – Cytologie** und **🕮 Biologie - Neurophysiologie** finden.

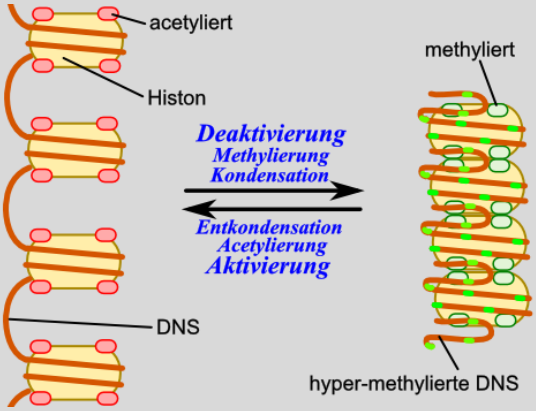
Signalstoffe / Hormone / Transmitter



Diese Proteine dienen vor allem der Informations-Übertragung über größere Entfernungen. Einzeller müssen sich in ihrem Lebens-Millieu z.B. über weite Entfernungen informieren. In Mehrzellern bedarf es der Kommunikation verschiedener Organe oder Organ-System z.T auch über größere Entfernungen und längere Zeiträume hinweg.
Viele Signalstoffe dienen aber auch der intrazellulären Kommunikation. Dabei ist die Gruppe der G-Proteine eine der Wichtigsten.
Allen Signalstoff gemeinsam ist, dass sie selbst nicht arbeiten usw. usf. Sie informieren nur. Dadurch beeinflussen sie die Stoffwechsel-Vorgänge eher in der Funktion eines Befehls-Gebers oder –Überbringers.
Die Wirkung von Pheromonen – also Sexual-Lockstoffen (z.B. bei Schmetterlingen) ist legendär. Dort reichen wenige Moleküle um ein Männchen anzulocken. Diese können die duftenden Weibchen über Kilometer hinweg riechen und auch finden.
Das Funktionieren von Signalstoffen, Transmittern, Hormonen usw. ist fast immer an zugehörige Rezeptoren geknüpft.

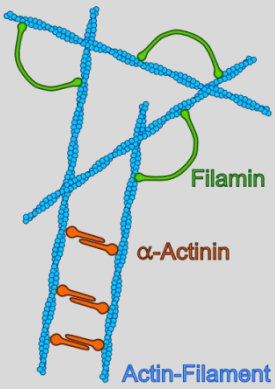
In den Scripten 🕮 **Biologie - Cytologie** und 🕮 **Biologie - Neurophysiologie** finden Sie weitere Details und ausführliche Darstellungen der ablaufenden Prozesse bezüglich Rezeptoren, Signalstoffen und Transmitter.

Gen-Regulatoren / Transkriptions-Faktoren



Diese Klasse der Proteine hat vieles mit Rezeptoren und einiges mit Signalstoffen gemeinsam. Sie blockieren oder aktivieren den Zugang zu der Genen auf dem genetischen Material der Zelle. Sogenannte Histone dienen als Träger für die dünne DNA. Durch unterschiedliche Komprimierung (Helikalisierung) wird die DNA zum Ablesen freigelegt oder verborgen.
Transkriptions-Faktoren sitzen z.B. im Start-Bereich von Genen und verhindern oder aktivieren das Ablesen der genetischen Informationen.

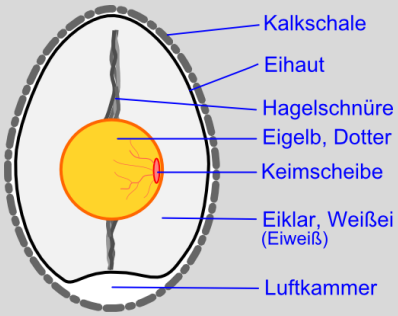
Baustoffe (Struktur-Proteine)



Proteine, die als Baustoffe dienen finden wir vor allem im sogenannten Zell-Skelett. Dieses besteht aus verschiedenen Arten von Fasern, die aus Millionen von Protein-Bausteinen – allgemein Monomere genannt – aufgebaut sind. Recht gut kann man das in der nebenstehenden Abbildung am Actin-Filament (Actin-Faser) erkennen. Jedes einzelnes blauer Kügelchen ist ein Actin-Monomer. Erst als Polymer (- also mit "unendlich" vielen Bausteinen -) kann es seine Aufgaben realisieren.
Faser-förmige Protein-Strukturen dienen zur Versteifung und Verspannung der Zellen. Die anderen in der Abbildung dargestellten Stoffe sind ebenfalls Proteine.
Andere Fasern (Tubulin-Fibrillen) sind gleichzeitig auch Transport-Wege, an denen sich Bewegungs-Proteine entlang hangeln.
Weiterhin gehören z.B. die Kollagene, die Keratine od. die Seiden-Proteine zu den häufig

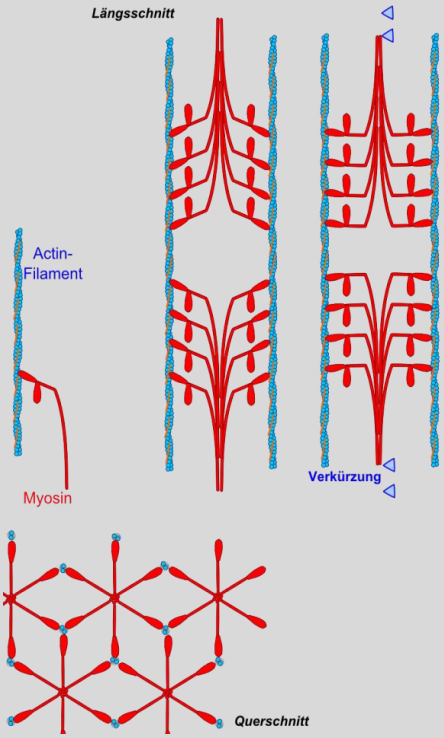
vorkommenden Proteinen mit Baustoff-Funktionen.
Weitere Informationen zur Zell-internen Bau-Proteinen und deren Funktionieren können Sie im Script 🕮 **Biologie - Cytologie** nachlesen.

Speicherstoffe (Reservestoffe)



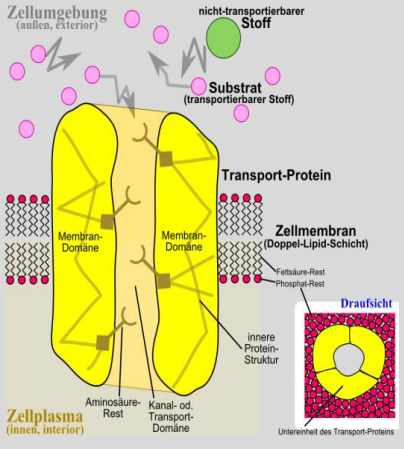
Jeder kennt das Eiklar (Eiweiß) der Hühner-Eier. Natürlich ist dies primär nicht dazu da, um uns als Nahrungs-Quelle fürs Frühstück zu dienen. Die eigentlichen Speicherstoffe (Ovalbumine) sind natürlich für die heranwachsenden Küken gedacht. Es ernährt sich von diesen Reserven, welche die Henne ihren Nachkommen als Start-Hilfe mit auf den Weg gibt. Ähnlich verhält es sich mit gespeicherten Proteinen in den Samen vieler Pflanzen (z.B. Bohnen, Soja, Getreide, …).
Häufig vorkommende – Speicher-Proteine sind: Globuline, Legumine und Viciline (Hülsenfrüchte), Prolamine und Gluteline (Süßgräser), Casein (Milch von Säugetieren), …
Ein besonderes Protein ist das Ferritin, das große Mengen von Eisen-Ionen speichert.

Bewegungs- / Motor-Proteine
(kontraktile Proteine)



Das Myosin ist eines der wichtigsten Bewegungs-Proteine in unserem Körper. Es ist der eigentlich aktive Teil in unserer (quergestreiften) Skelett-Muskelatur. Gruppen von Myosin- und Actin-Monomeren bilden langestreckte Strukturen, in denen dann letztendlich die Miniatur-Struktur-Veränderungen am Myosin zu großen Muskel-Kontraktionen zusammengefasst werden.
Andere Motor-Proteine in der Zellwand von Bakterien treiben die Drehbewegung der Geißeln an. Deren schraubige Bewegung bewirkt dann die Vorwärts-Bewegung des Bakterium.
Die Motor-Proteine Dynein und Kinesin hangeln sich z.B. an Tubulin-Fasern durch die Zelle. An ihnen angebunden können kleine oder größere Moleküle, aber auch – für ihre Verhältnisse – sehr große Bläschen (Vesikel) sein. Diese werden dann durch die Zelle gezogen.

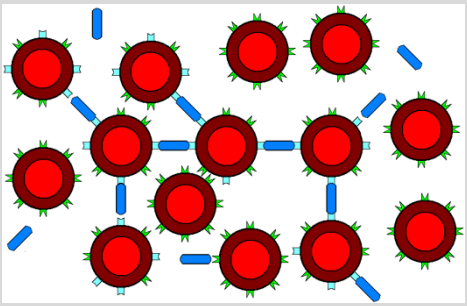
Transport-, Kanal- und Pumpen-Proteine



Die meister Transport-Proteine sind integrale Proteine der verschiedenen Membranen. Im Falle der Zellmembran stellen sie z.B. den Stoff-Austausch zwischen der Außenwelt und dem Zellplasma her. Sie arbeiten fast immer selektiv, d.h. sie lassen nur bestimmte Stoffe passieren und bei einigen ist auch nur eine Transport-Richtung möglich. Wir unterscheiden passive und aktive Transport-Proteine. Die aktiven benötigen für ihre Areit zusätzliche Energie, die passiven nicht. Der erhöhte Energie-Einsatz wird z.B. dafür genutzt, Konzentrations-Gefälle aufzubauen (Pump-Funktion). Praktisch wird noch mehr von dem ausgewählten Stoff auf die Seite transportiert, die sowieso

schon mehr enthält.
Passive Transporter realisieren nur den Konzentrations-Ausgleich (selektive Permeation).
Eine große Bedeutung haben die Ionen-Pumpen in unseren Nervenzellen. Hier sorgen sie für die notwendigen Potential-Bildungen (elektrische Spannung), damit Erregungen transportiert werden können.
In den Scripten 🕮 **Biologie - Cytologie** und 🕮 **Biologie - Neurophysiologie** finden Sie weitere Details und ausführliche Darstellungen der ablaufenden Prozesse.

Abwehrstoffe / Antigene / Toxine
(Abwehr-Proteine)


beginnende Verklumpung von roten Blutkörperchen durch Antikörper (dunkelblau)

Diese Klassen der Proteine beschäftigen sich mit der Abwehr von Fremden. Dazu gehören (Art-)fremde Proteine genauso, wie fremde Organismen (z.B. Parasiten, Krankheits-Erreger, …).
Bei Antigenen handelt es sich nicht dirket um Gene, sondern es sind Erkennungs-Merkmale gemeint, die zur Unterscheidung von Eigenem und Fremden dienen. Sie sind meist protogener Natur und befinden sich an den Außen-Seiten von Zell-Membran usw.
Beim Menschen kennen wir die Antigene der Blut-Gruppen. Dies sind Proteine, die in den Zell-Membranen der roten Blutkörperchen sitzen und diese sozusagen markieren.
Anti-Körper sind genau zu den Antigenen passende Gegenstücke (Schlüssel-Schloß-Prinzip). Sie setzen sich an die Antigene und blockieren diese dadurch. Da die Anti-Körper zumeist zwei Andockstellen (Y-förmiger Bau) besitzen kann es nach und nach zur Verklebung (Glutination) mehrerer Antigen-behafteter Objekte kommen. Die Antikörper dienen auch als Signal-Markierung für Freß-Zellen, die dann die fremden Objekte zerstören.
Toxine sind Proteine, die bei fremden Organismen zumeist dramatische Stoffwechsel-Veränderungen hervorrufen. Praktisch wird die fremde Zelle / der fremde Organismus damit vergiftet. Toxine werden auch aktiv zur Jagd eingesetzt. Viele Toxine (z.B. Butulinus-Toxin) sind so giftig, dass man mit wenigen Milligramm die gesamte Erd-Bevölkerung ausrotten könnte.

Farbstoffe


Sonnenblumen

Farbstoffe dienen primär gar nicht der Färbung von Zellen oder Organismen. Vielmehr sind Farbstoffe entweder Licht-Empfänger (z.B. Chlorophyll, Melatonin) oder erst in zweiter Instanz farblich bedeutsam. Das Melatonin ist der braune / schwarze Farbstoff in unserer Haut, der uns vorrangig gegen zu starkes UV-Licht schützt.
Ein bekannter Farbstoff aus unserem Blut ist das Hämoglobin. Seine Funktion liegt primär im Sauerstoff-Transport.
Die rote Farbe ist eher ein Nebeneffekt, der dann aber auch wieder andere Funktionen übernehmen kann. Denken wir da z.B. an die Signalgebung beim Erröten. Bei anderen Tieren ist der Blutfarbstoff z.B. blau oder grün. Die primäre Funktion ist aber die gleiche, wie beim Hämoglobin.
Viele Farbstoffe, wie z.B. die Blüten-Farben oder die Körper-Farben haben natürlich wirklich eine Farb-Funktion. Sie locken andere Organismen an oder schrecken sie ab.


Violetter Rötelritterling

Weiterhin sind auch noch ganz andere Proteine und Protein-Gruppen bekannt. Deren Funktionsweisen gehen z.T. aber weit über das für dieses Script angedachte Niveau hinaus.
Zu diesen Proteinen gehören z.B. die Chaparone – die Faltungs-Proteine. Sie falten die aus den Ribosomen kommenden Polypeptid-Ketten (Primär-Strukturen) zu Proteinen, welche danach dann erst ihre eigentlichen Funktionen ausfüllen können.
Dem Namen nach erwähnenswert sind auch Blutgerinnungs-Faktoren, Zeitgeber-Proteine und auto-fluoreszierenden Proteine (z.B. bei Quallen und Bakterien).
Durch immer tiefergehende Forschungen werden immer neue – z.T. auch völlig überraschende – Funktionen bekannt. In Zukunft werden hier dann bestimmt auch mehr Protein-Gruppen näher ausgeführt werden.

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Exkurs: Struktur-Ebenen von Proteinen

Im vorherigen Exkurs haben wir die große Anzahl von Funktionen aufgezeigt, die durch Proteine realisiert werden. Eine Ursache hierfür ist sicher, die unterschiedlichste Kombinations-Reihenfolge von Aminosäuren, die in einem Polypeptid möglich sind. Aber dies ist nur ein Teil des großen Geheimnisses.

Die pure Reihenfolge der Aminosäuren in einem Polypeptid wird durch das genetische Material bestimmt. In der Protein-Biosynthese (Translation → 🕮 **Genetik 2**) werden die Aminosäuren entsprechend dem genetischen Code zu einem Polypeptid verbunden. So eine Kette von (aneinander gebundenen) Aminosäuren (hier im Drei-Buchstaben-Code) bezeichnen wir als **Primär-Struktur**. Die benachbarten Aminosäuren sind immer mit einer **Peptid-Bindung** (**-**) verbunden.

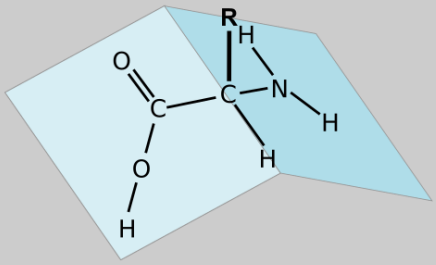
…-Glu-Asp-Gly-Val-…

…**-**Glu**-**Asp**-**Gly**-**Val**-**…

Nur an den Enden bleiben die ursprünglichen Reste erhalten (hier **HO**-Trp-…-Met-**NH_2** **OH** für die Säure-Gruppe und **NH_2** als Amino-Gruppe).

Da alle Bindungen innerhalb der Kette Einfach-Bindungen sind, ist die gesamte Primär-Struktur recht beweglich. Je höher die Temperatur ist, umso beweglicher ist die Kette. Die Bindungen sind aber so stark, dass die Kette erst bei sehr hohen (Lebens-feindlichen) Temperaturen zerreist.

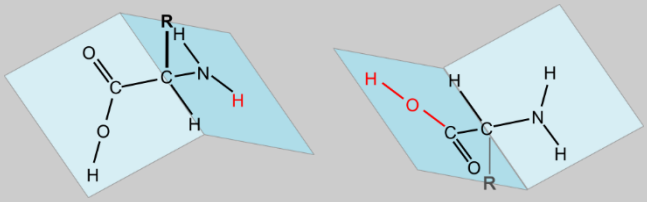
Schaut man sich die innere Struktur genauer an, dann erkennen wir die typische Tetraeder-Anordnung der Reste bei typischen C-Atomen in organischen Verbindungen. Bei einer einzelnen Aminosäure ist dies zum einen die Säure-Gruppe (hier links) und zum anderen die Amino-Gruppe (hier rechts). Für diese beiden Gruppen denken wir uns Ebenen in die Struktur. Dann können wir später die unterschiedlichen Orientierungen besser erkennen.



Hinter **R** (dritte Bindung) versteckt sich der gesamte Molekül-Rest, der die genaue Aminosäure bestimmt.

Das gebundene Wasserstoff-Atom (nach gerichtet, vierte Bindung) spielt für die weiteren Betrachtungen keine Rolle.

Bei der Reaktion von zwei Aminosäuren reagiert die Amino-Gruppe der einen mit der Säure-Gruppe der anderen. Die interagierenden Atome sind in der Abbildung rechts hervorgehoben. Die zweite Aminosäure orientiert sich auf Grund der gegenseitigen räumlichen (sterischen) Behinderung der Reste (**R** und **R'**) so, dass sie um 180° gedreht ist.

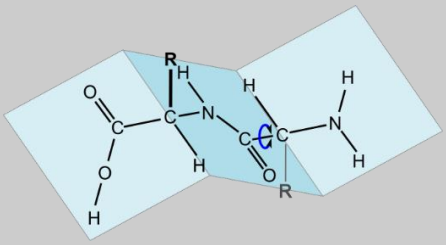


Es findet dann eine Substitutions-Reaktion statt, bei der Wasser abgespalten wird.

Die neue Gruppe -NH-CO- wird Peptid-Gruppe genannt. Sie bildet dann das Rückgrat von Polypeptid-Ketten.

Das so gebildete Dipeptid hat insgesamt nun eine abgewinkelte Struktur, die wir an den eingezeichneten Ebenen gut nachvollziehen können.

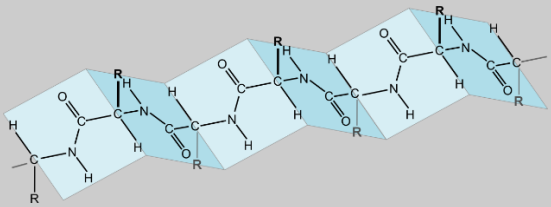
Die oben erwähnte Drehbarkeit ist rechts nur für eine der Bindungen eingezeichnet.



An den endständigen Resten können jetzt weitere Aminosäuren angebunden werden. Mit einer weiteren Aminosäure wird es eine Tripeptid, dann ein Tetrapetid usw. usf. Am Ende erhalten wir das besprochene Polypeptid in seiner Ketten-förmigen Primär-Struktur.

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

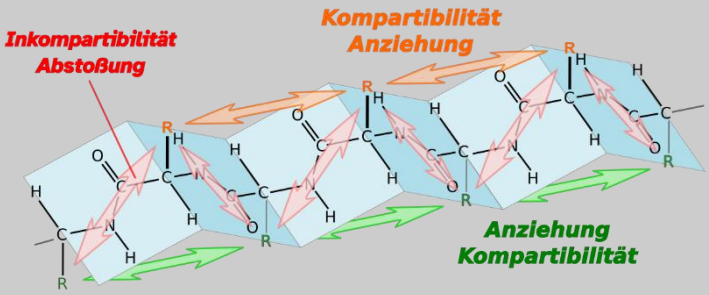
Die Reste (R, R', …) unterscheiden sich in vielen chemischen Eigenschaften. Besonders herausragend ist zuersteinmal die Löslichkeit in Wasser. Manche Aminosäuren (z.B. Arg, Lys, Glu) sind hydrophil, also gut in Wasser löslich. Andere (z.B. Ala, Leu, Trp) sind dagegen hydrophob (Wasser-feindlich, Wasser-abweisend).



Ausschnitt aus einer Polypetid-Kette

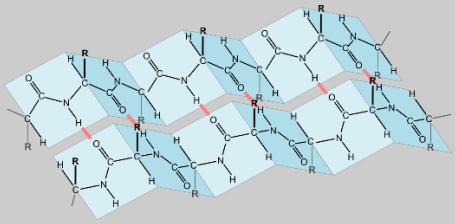
Sobald die Peptid-Ketten etwas länger sind, drehen sich einzelnen Aminosäuren so hin, dass sie jeweils mit gleichartigen anderen dichter beieinander liegen. Haben zwei aufeinanderfolgende Aminosäuren, Reste mit entgegengesetzten Eigenschaften, dann stoßen sie sich maximal ab.

Unter Umständen können so zwei ausgedehnte Strukturen entstehen, die auch in aktiven Proteinen sichtbar sind.

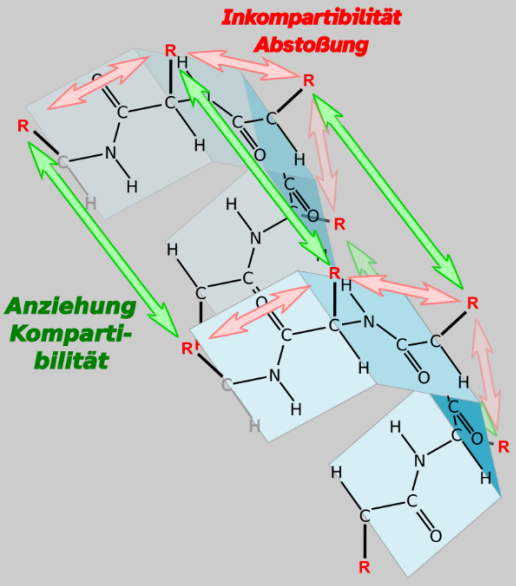


Eine Variante ist das Faltblatt (exakt: β-Faltblatt). Hier wechseln sich die hydrophilen und hydrophoben Aminosäure-Reste ab. Die Hydrophoben ordnen sich gemeinsam auf der einen und die hydrophilen auf der anderen Seite an.

Bei längeren Peptid-Ketten können sich Faltblatt-Strukturen quasi nebeneinanderlegen. Hier sorgenden Wasserstoff-Brückenbindungen (in der Abbildung rechts **rot**) zwischen den nebeneinanderligenden Faltblättern für eine weitere Stabilisierung.



Die zweite Möglichkeit ist die Bildung einer schraubigen Struktur – der sogenannten Helix (exakt: α-Helix).

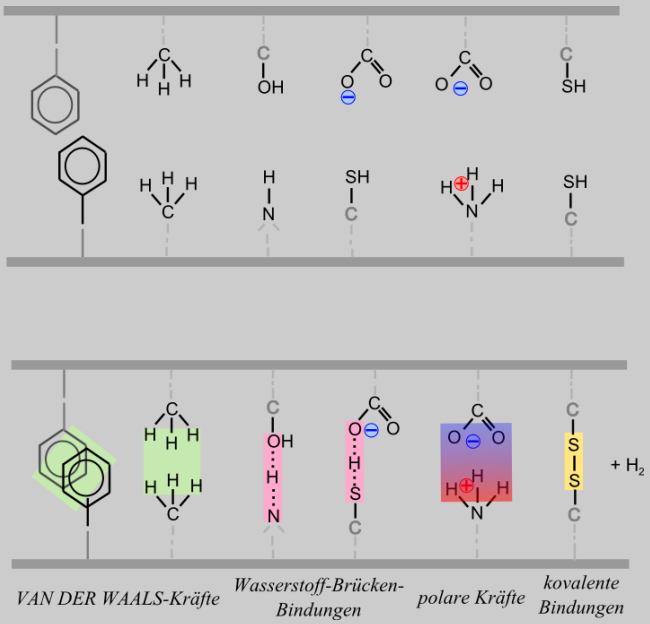


In der Helix sind vor allem die Kompartibilitäten bei längeren Abschnittenn der Primär-Struktur wichtig. Meist sind es hydrophobe Aminosäuren, die eine helikale Anordnung induzieren. Die nebeneinander liegenden Reste sind mehr oder weniger kompartibel zueinander. Eine geringe Abstoßung stabilisert die Struktur.

Helix bzw. Faltblatt-Anordnung werden als **Sekundär-Struktur** eines Protein's verstanden. Das stabilisierende Element sind hier kompartible Eigenschaften der Aminosäure-Reste.

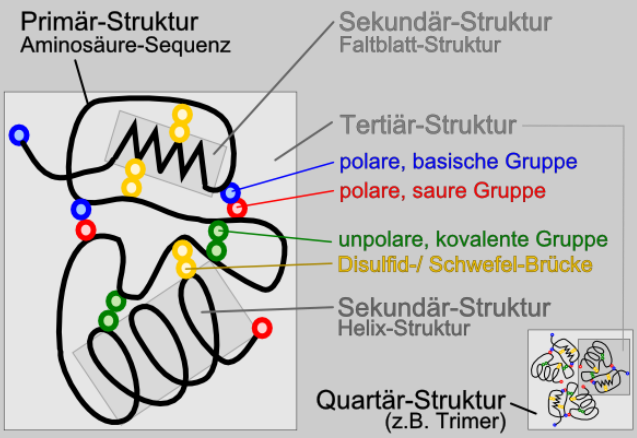
In der **Tertiär-Struktur** von Peptid-Ketten interagieren die Reste etwas weiter entfernter Aminosäuren auf der chemischen Ebene. Es werden mehr oder weniger starke Bindungen geknüpft, die zu einer vernetzten Struktur mit vielen chemischen Brücken führen.

Aromatische Ringe oder kovalente Reste werden durch (unpolare) VAN-DER-WAALS-Kräfte zusammengehalten.
Teilweise polarisierte Gruppen mit Wasserstoff-Atomen können Wasserstoff-Brückenbindungen ausbilden. Sie sind tendenziell etwas stärker als die unpolaren Kräfte.
Bilden sich an den Resten echte Ionen, dann können unter ihnen starke polare Kräfte zu quasi Salz-artigen Strukturen führen.
Am stärksten sind echte Atom-Bindungen zwischen bestimmten Atomen. Besonders erwähnenswert sind dabei die Disulfid-Brücken, die durch die chemische Reaktion von zwei Schwefel-haltigen Aminosäuren entstehen können.



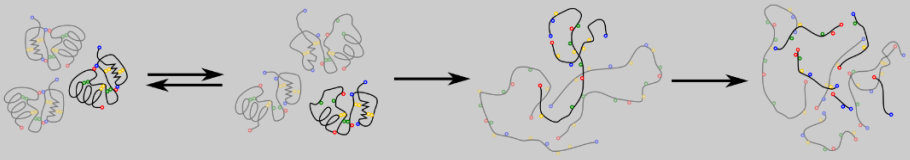
Die Bildung von Sekundär- und Tertiär-Strukturen passiert nach der Synthese der Polypeptid-Kette (Primärstruktur).
Die Faltung selbst kann durch die Wärmebewegung der Kette oder durch unterstützende Proteine (sogenannte Chaparone) erfolgen. Die genauen Mechanismen werden derzeit intensiv erforscht.

Tertiär-Strukturen sind meist schon Funktions-fähige Proteine. In vielen Fällen kombinieren sich mehrere Tertiär-Strukturen zu **Quartiär-Struktur**en.
Für den Zusammenhalt sorgen vorrangig Wasserstoff-Brückenbindungen, aber auch andere Bindungs- und Kräfte-Möglichkeiten sind möglich.
Sind die gleichen Tertiär-Strukturen beteiligt spricht man von Homomeren. Mehrere verschiedene Tertiär-Strukturen bilden dementsprechend Heteromere. Die Anzahl der Tertiär-Strukturen wird vielfach ebenfalls mit in den Struktur-Namen mit einbezogen.



So kann es z.B. Heterotrimere oder Homotrimere geben. Die abgebildete Quartiär-Struktur ist demnach eine Homotrimer – also eine Gesamt-Struktur aus drei gleichen Tertiär-Strukturen (Monomeren).
Im Allgemeinen werden alle Funktions-fähigen / "natürlich-funktionieren" Proteine als Quartiär-Struktur verstanden.

Bei der Denaturierung werden je nach Stärke der denaturierenden Kraft einzelne Struktur-Ebenen beeinflusst.



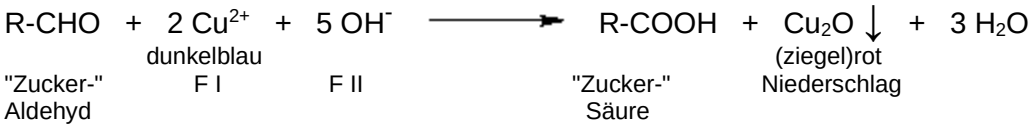
Danach kann das Protein seine natürliche Funktion nicht mehr erfüllen.

0.1.3.7. chemische Nachweise für ausgewählte Grundstoffe von Zellen

Nachweis von Glucose mit der FEHLINGschen Probe

Grundlagen / Prinzipien:

Glucose und einige andere Einfach- oder zweifach-Zucker enthalten eine reaktionsfähige Aldehyd-Gruppe. Genau diese wird mit der FEHLINGschen Probe nachgewiesen. Der Versuch ist nicht für Glucose usw. spezifisch, weil eben auch andere Substanzen mit einer Aldehyd-Gruppe auf den Test ansprechen. Chemisch exakt werden mit der FEHLINGschen Probe verschiedene reduzierende Zucker / Stoffe nachgewiesen. Die folgende chemische Gleichung zeigt den wesentlichen Teil der Reaktion:



Das Aldehyd wird also zur Säure oxidiert. Im Gegenzug werden die Cupfer(II)-Ionen zu Cupfer(I)-Ionen reduziert. Es entsteht ziegelrotes Cupfer(I)-oxid, welches ausfällt. Die Farb-Veränderungen hängen von den Stoffmengen ab und können von gelb, orange bis grünlich ausfallen. Alle diese Farb-Veränderungen zählen als positives Ergebnis.

Als weitere Aldehyd-Nachweise gelten die Silberspiegel-Probe und der Test mit Fuchsin-schwefliger Säure. Während die Silberspiegel-Probe mit reduzierenden Zuckern funktioniert, spricht der Test mit der Fuchsin-schwefligen Säure **nicht** an. Diese selektive Reaktion kann zu Unterscheidung von Aldehyden und reduzierenden Zuckern genutzt werden.

Im biologischen Kontext kann davon ausgegangen werden, dass es sich letztendlich um einen reduzierenden Zucker in der Probe handelt.

Materialien / Geräte:

Reagenzgläser, Reagenzglas-Ständer, Reagenzglas-Zange, FEHLINGsche-Lösungen I und II, Wärmequelle (Brenner od. auch ein Topf mit fast kochendem Wasser)

Hinweise:

Es emphiehlt sich jeweils eine Blindprobe (mit Wasser als Probe) und eine Positiv-Probe (mit einer vedünnten Glucose-Lösung) zu machen, um die ev. beobachteten Farb-Veränderungen besser einschätzen zu können.

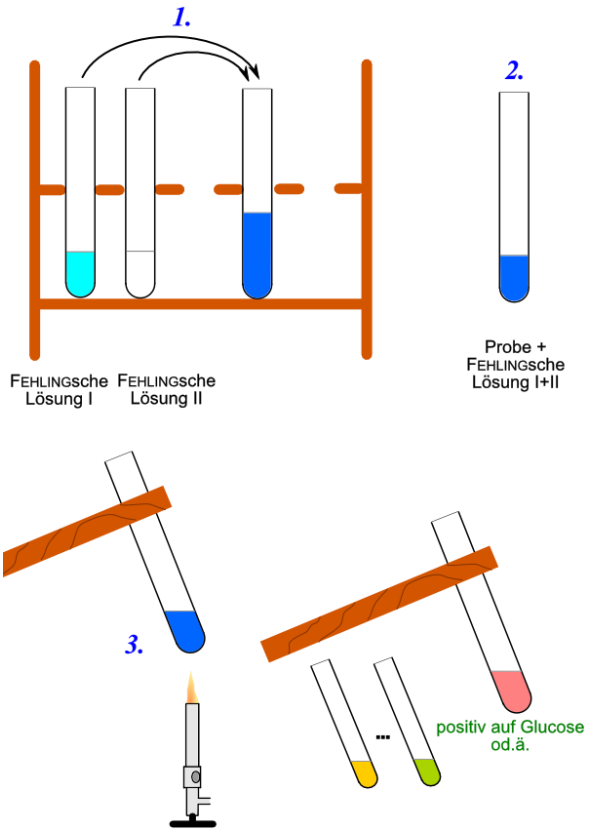
Vorbereitung:

Die FEHLINGschen Lösungen I und II müssen vor dem Versuch im Verhältnis 1 : 1 gemischt werden. Es reicht für einen Versuch jeweils 1 ml der Einzel-Lösungen.

Feste Proben müssen ev. mit Wasser aufgelöst werden. Schlecht lösliche Test-Substanzen sollten ev. länger Zeit bekommen, um sich zu lösen bzw. leicht erwärmt werden.

Durchführung / Ablauf:

- frische FEHLINGsche Lösung (dunkelblau!) wird zur Probe dazugegeben
- erwärmen bis kurz vor dem Siedepunkt



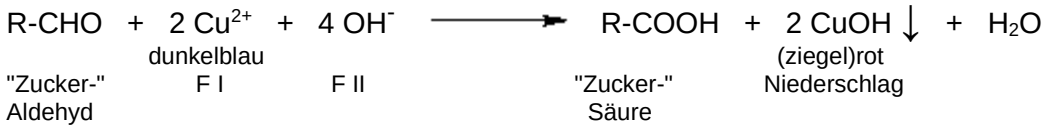
Nachweis von Glucose mit der BENEDICT-Probe

Grundlagen / Prinzipien:

Da die FEHLINGsche Probe mit einer stark ätzenden Natriumhydroxid-Lösung arbeitet, geht man heute immer mehr zu einem Glucose-Nachweis nach BENEDICT über. Hierbei werden nachhaltige und ungefährlichere Chemikalien benutzt.

Das grundsätzliche Vorgehen und auch die optischen Effekte sind äquivalent zur FEHLINGschen Probe, so dass wir hier auf eine Besprechung verzichten.

Die BENEDICT-Lösung I besteht aus Natriumcitrat und Natriumcarbonat in Wasser. Diese beiden Salze bilden eine leicht basische Lösung. Für die BENEDICT-Lösung II wird Cupfer(II)-sulfat in Wasser gelöst.

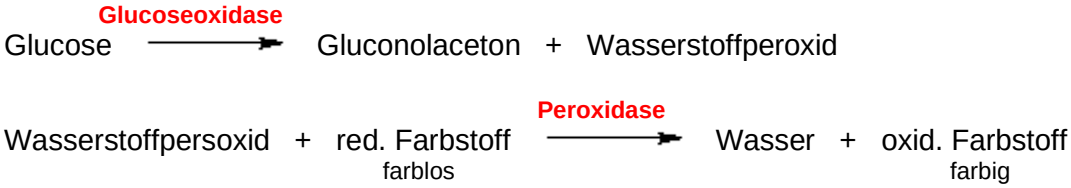


Glucose-Nachweis mit Teststreifen (GOD-Test; Zucker-Nachweis im Urin)

Grundlagen / Prinzipien:

Aus der Diabetes-Diagnose sind Test-Stäbchen zum Prüfen von Urin auf Zucker (Blutzucker = Glucose) bekannt. Die Test-Stäbchen sind sehr selektiv für Glucose, andere Zucker werden **nicht** erfasst. Je nach Test-Stäbchen sind nur qualitative bis hin zu semiquantitativen Ergebnissen möglich. Hier muss man die Packung bzw. das Beiblatt beachten.

Die Test-Streifen sind u.a. mit einem Enzym (Glucoseoxidase (GOD)) und einem Farbstoff präpariert. Ist Glucose in der auf die Test-Streifen aufgetropfte Lösung vorhanden, dann wandelt das Enzym diese in ein Aceton um. Als Nebenprodukt wird Wasserstoffperoxid gebildet. Dieses Wasserstoffperoxid reagiert mit dem zuerst farblosen Farbstoff zu einem farbigen. Die Farbstoff-Umbildung wird durch ein zweites Enzym (Peroxidase (POD)) verstärkt. In einfachen Wortgleichungen könnte man das so ausdrücken:



Materialien / Geräte:

Urin-Test-Stäbchen

Vorbereitung:

Da die Test-Stäbchen sehr empfindlich auf Glucose reagieren, kann man auch versuchen, mit stark verdünnten Proben zu arbeiten.

Durchführung / Ablauf:

- Benutzung der Test-Stäbchen lt. Anweisung auf Packung od. Beipack-Zettel

Nachweis von Stärke mit der LUGOLschen Probe / Stärke-Nachweis mit Iod-Kaliumiodid-Lösung

Grundlagen / Prinzipien:

Die Makro-Moleküle der klassischen Stärke-Arten Amylose, Amylopektin und Glycogen haben eine mehr oder weniger spiralige Struktur. In diese spiraligen Abschnitte passen genau Iod-Moleküle. Dabei bildet sich ein spezieller Komplex aus Stärke und Iod. Dieser ist blau gefärbt. Bei Makro-Molekülen mit kleineren spiraligen Abschnitten (z.B. bei Amylopektin und Glycogen) verschiebt sich Farbe ins violette bis rötliche.
Die LUGOLsche Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung) enthält neben Iod auch noch Kaliumiodid. Dadurch wird immer eine ausreichende Menge an gelöstem Iod realisiert. Iod selbst löst sich nicht besonders gut in Wasser.

Materialien / Geräte:

Tüpfelplatte od. Reagenzglas; LUGOLsche Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung)
alternativ: Objektträger + Deckgläschen; Wasser; LUGOLsche Lösung

Hinweise:

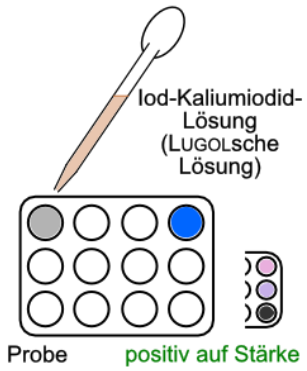
Versuch muss bei Zimmer-Temperatur durchgeführt werden, da sonst die spiraligen Strukturen so stark in Bewegung sind, dass sich kein Iod einlagern kann.
Man kann angefärbte Stärke-haltige Proben auch gut mikroskopieren. Sehr gut sind dafür verschiedene Mehle geeignet. Je nach Stärke-Art und -Anteil sind verschiedene Färbungen und Strukturen zu beobachten. Sie können z.B. zur Unterscheidung verschiedener Mehle genutzt werden.

Durchführung / Ablauf:

- feste Proben auf Tüpfel-Platte geben und LUGOLsche Lösung drauftropfen
- bei sehr intensiver Färbung (schwarz) ev. mit Wasser verdünnen

alternativ:

- auf Objektträger einen Tropfen Wasser geben
- eine Prise des Untersuchungs-Materials in den Tropfen geben
- Deckgläschen auflegen und einmal Mikroskopieren
- einen Tropfen LUGOLsche Lösung direkt neben / an das Deckgläschen tropfen (Lösung zieht sich automatisch unter; sonst mit einem kleinen Stück Filterpapier auf der anderen Seite absaugen / durchziehen)

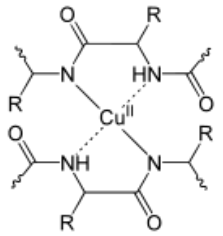


 (c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Nachweis von Eiweißen / Peptiden mit der Biuret-Reaktion

Grundlagen / Prinzipien:

Die Biuret-Reaktion ist eine Komplexbildungs-Reaktion zwischen bestimmten Peptiden und Cupfer(II)-Ionen. Die Reaktion ist zwar nicht besonders spezifisch, aber sehr empfindlich. Schon sehr geringe Menge Peptid führen zum positiven Ergebnis. Aus den freien, hellblauen Cu^{2+}-Ionen bilden sich violette Komplexe. Im biologischen und trophologischen (Ernährungs-) Kontext kann aber bei einem positiven Ergebnis auf Proteine geschlossen werden.



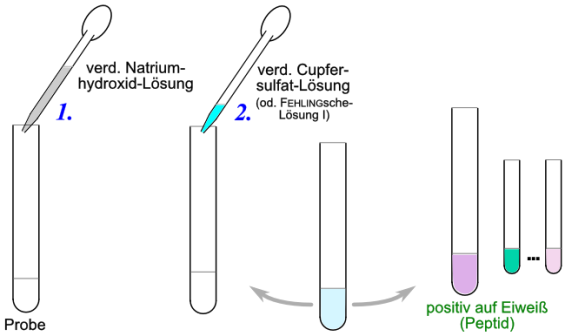
Molekül-Ausschnitt
Q: de.wikipedia.org
(Yikrazuul)

Materialien / Geräte:

Reagenzgläser; Reagenzglas-Ständer; verdünnte Natriumhydroxid-Lösung (Natronlauge); verdünnte Cupfersulfat-Lösung
(ersatzweise: FEHLINGsche Lösung I)

Durchführung / Ablauf:

- Probe in ein Reagenzglas geben und gut mit verdünnter Natriumhydroxid-Lösung versetzen
- einige Tropfen verd. Cupfersulfat (od. FEHLINGsche Lösung I) dazugeben und schütteln



Hinweise:

Die Biuret-Probe spricht auch auf Harnstoff an.

Nachweis von Eiweißen mit Ninhydrin

Grundlagen / Prinzipien:

Der Nachweis mit Ninhydrin ist von freien Aminogruppen abhängig. Diese sind besonders bei kurzen Peptiden und freien Aminosäuren vorhanden. Allgemein gilt der Ninhydrin-Test als sehr empfindlich. Schon Schweiß-Abdrücke (Finger- oder Hand-Abdrücke) auf Filterpapier bringen einen positiven Test hervor.
Ninhydrin ist eine farblose, aromatische Verbindung (Monomer), die in Anwesenheit von Amino-Gruppen (od. Ammoniak) zu einem violetten Dimer reagiert. Der farbige Stoff heißt auch RUHEMANNS Purpur.

Materialien / Geräte:

Ninhydrin-Lösung oder Ninhydrin-Sprühlösung; Reagenzgläser oder Filterpapier als Probenträger

Hinweise:



Beim Umgang mit Ninhydrin ist vorsichtig zu arbeiten. Haut- und Augen-Kontakt ist unbedingt zu vermeiden. Sollte doch Ninhydrin-Lösung auf die Haut oder in die Augen gelangen, dann ist unbedingt mit reichlich Wasser zu spülen. Beim Verschlucken oder Augen-Kontakt ist ein Arzt-Besuch oder der Kontakt zur Gift-Zentrale (Giftnotruf 0361 – 730 730) anzuraten.
Eine Wärme-Quelle (Heizung, Mikrowelle, …) ist nicht notwendig, beschleunigt aber die Farb-Bildung.

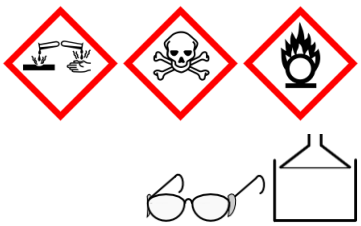
Durchführung / Ablauf:
- flüssige Proben in ein Reagenzglas geben oder an einer unberührten Stelle auf Filterpapier tropfen
- wenige Tropfen Ninhydrin-Lösung ins Reagenzglas dazugeben oder Filterpapier mit Ninhydrin-Sprühlösung fein besprühen
- Filterpapier (ev. auf Heizung etc.) trocknen lassen

Nachweis von Eiweißen mit der Xanthoprotein-Reaktion

Nur als Demo-Experiment durch geschultes Personal!

Grundlagen / Prinzipien:
Die Xanthoprotein-Reaktion ist sehr charakteristische Nachweis-Reaktion. Sie ist aber, wegen der Verwendung von konzentrierter Salpetersäure, auch nicht ungefährlich. Kittel, Handschuhe und eine Schutzbrille sind hier Pflicht.
Praktisch werden auch nur aromatische Aminosäuren nachgewiesen. Diese sind aber, bis auf wenige Ausnahmen, in fast allen Proteinen vorhanden.
Die aromatischen Reste bestimmter Aminosäuren reagieren mit der Salpetersäure unter Bildung einer charakteristischen gelben Nitro-Verbindung.

Materialien / Geräte:
Kittel, Schutzbrille, Handschuhe; Reaganzgläser; konzentrierte Salpetersäure; Brenner

Hinweise:

Salpetersäure ist ätzend und giftig. Besonders konzentrierte Salpetersäure ist stark ätzend und entzündend wirkend (Brand-fördend). Haut- und Augen-Kontakt sind unbedingt zu vermeiden. Bei Kontakt muss die Säure schnell mit viel Wasser abgespült werden.
Beim Verschlucken oder Augen-Kontakt ist ein Arzt-Besuch oder der Kontakt zur Gift-Zentrale (Giftnotruf 0361 – 730 730) anzuraten.
Am Arbeitsplatz sollten sich keine unnötigen brennbaren Stoffe und Materialen befinden.
Schüler dürfen das Experiment nur mit verdünnter Salpetersäure durchführen!

Durchführung / Ablauf:
- Probe in Reagenzglas geben und mit einigen Tropfen konzentrierter Salpetersäure betropfen oder beschichten
- vorsichtig erwärmen

Zusatzuntersuchung:
- gibt man Ammoniak oder Natronlauge zum gelben Niederschlag, dann kommt es zur Orange-Färbung (Gegenprobe zur Absicherung des Ergebnisses)

Hinweisreaktion auf Proteine über Denaturierungs-Versuche

Grundlagen / Prinzipien:
Proteine denaturieren bei Temperaturen über 60 °C. Diesen Effekt kann man auch für eine Probe auf einen Protein-Gehalt benutzen. Voraussetzung ist aber eine mehr oder weniger klare Lösung.

Materialien / Geräte:
Reagenzglas, Eiweiß-Lösung, heißes Wasser-Bad oder Brenner

Hinweise:
beim Erhitzen über dem Brenner kann es zum Siede-Verzug kommen

Durchführung / Ablauf:
- Probe bzw. Eiweiß-Lösung in Reagenzglas (ersatz-weise Teeglas od.ä.) geben
- Reagenzglas in heißes Wasserbad stellen / halten (ersatz-weise über Brenner erwärmen)

Zusatzuntersuchung:
Denaturierungen lassen sich auch mit Brennspiritus (94%iger Ethanol) oder Essigessenz (25%ige Ethansäure) erreichen; ev. muss noch leicht erwärmt werden

Nachweis von Fetten mit Sudan-III

Grundlagen / Prinzipien:
Sudan-III ist ein Farbstoff, der sich praktisch nicht in Wasser, aber sehr gut in Fetten oder Fett-ähnlichen (unpolaren) Stoffen löst. Die orange Farbe der Verbindung ist sehr intensiv.

Materialien / Geräte:
Sudan-III-Lösung od. Sudan-III-Pulver; Reagenzgläser (alternativ für mikroskopische Untersuchungen: Objektträger mit Deckgläschen); für feste Proben auch Tüpfelplatte nutzbar

Hinweise:
Sudan-III steht in Verdacht, Krebs auszulösen. Der Umgang sollte also unbedingt vorsichtig und extrem sparsam erfolgen. Alternativ können Carotinoide (Farbstoffe aus Möhren, Paprika, …) benutzt werden. Die Beobachtungen müssen aber deutlich genauer erfolgen. Dazu sollte man im Vergleich eine ungefärbte Probe verwenden.

Durchführung / Ablauf:
- Probe in ein Reagenzgals oder auf Tüpfelplatte bzw. Objektträger geben
- Sudan-III-Lösung drauftropfen (ev. alternativ sehr wenig Pulver dazugeben)
- feste Proben können leicht erwärmt werden, um sie flüssig zu machen

Zusatzuntersuchung:
Wässrige Phasen lassen sich gut mit Methylenblau anfärben. Im Mikroskop können so auch Emulsionen (Milch, Kosmetik-Creme's, Majonäse, Magarine, …) auf ihre Bestandteile untersucht werden.

Größen-Verhältnisse rund um biotische Systeme und ihre Bestandteile und Bildungen



Achtung! Skalierung und Abstufung erfolgt hier in einer logarithmischen Skala. Das bedeutet, ein Teilstrich stellt immer eine größere oder kleinere Zehner-Potenz dar! Nur so lassen sich so große Spannen von Werten sinnvoll darstellen.

Real-Größe (Größen-Bereich)	**Objekt**	**Beobachtungs-Möglichkeit(en)**	**logarithmische Größen-Skala**
		direkt	
	Wal (Länge)		
	Giraffe (Höhe)		
	Mensch (Größe)		
	Nerven-Faser, Mensch		
	Muskel-Zelle, Mensch		
		Lupe	
	Haar, Mensch		
0,15 mm	Eizelle, Mensch	Licht-Mikroskopie	
30 µm	Spermium, Mensch (Länge)		
10 – 50 µm	Eucyte, Eukaryote		
8 µm	Zellkern		
4 – 8 µm	Chloroplast		
1 – 3 µm	Mitochondrium		
0,1 – 1,0 µm	Bakterien-Zelle, Procyte, Prokaryont	Elekronen-Mikroskopie	
0,01 – 0,1 µm	Virus		
10 nm	Protein		
		nicht direkt	
1 nm	Molekül (klein)		
0,1 nm	Wasserstoff-Atom		

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Aufgaben:

1. *In einem Kurs ist ein hartnäckiger Streit entbrannt, nach wieviel weiteren Teilstrichen (Skalen-Einheiten) die Länge 0 m = 0 mm = 0 µm = … erreicht wird. Einige vertreten die Meinung, das würde schon mit dem nächsten Teilstrich passieren, andere meinen erst nach 3 Teilstrichen. Setzen Sie sich mit den Standpunkten auseinander und schlichten Sie den Streit!*
2. *Ermitteln Sie von einer Pflanze in Ihrem Kurs-Raum (od.ä.), einem Guppy, einem Schäferhund, die Länge und Höhe Ihrers Kurs-Raum's und einem Baum neben Ihrer Bildungs-Einrichtung die Größe und ordnen Sie die Objekte dann in die Skala ein!*
3. *Wählen Sie weitere 10 biotische oder künstliche Objekte, ermitteln Sie deren Größe und ordnen Sie diese dann in die Skala ein!*

Nachrichten und Informationen aus Literatur, Presse und Internet:

GENOME

Leben am Limit

Das kleinste bisher bekannte Genom eines Organismus haben US-Forscher um Nancy Moran von der University of Arizona in Tuscon entschlüsselt. Das Bakterium Carsonella ruddii besitzt nur 159 662 Basenpaare und 182 Gene. Zum Vergleich: Das Erbgut des Menschen besteht aus rund 3 Milliarden Basenpaaren und rund 30 000 Genen. Bakterien bringen es normalerweise auf mehrere Millionen Basenpaare. Da C. ruddii die Gene für den Aufbau seiner Zellhülle und den Stoffwechsel fehlen, kann es nur in Symbiose mit Blattflöhen überleben. Die Wissenschaftler meinen, dass die Bakterien dafür im Laufe der Evolution einen Teil ihrer Erbinformationen sozusagen mit natürlicher Gentechnik auf die Flöhe übertragen haben. Die Mikroorganismen versorgen diese im Gegenzug mit Aminosäuren, die die Insekten nicht selbst herstellen können.

Mit der Entdeckung des Mini-Genoms muss möglicherweise auch die Definition von "Leben" neu überdacht werden. Bisher ging man davon aus, dass Organismen mit mindestens 300 Genen als "lebendig" gelten können.



Leben in einem Blattfloh: Bakterien mit Mini-Genom (gelb markiert).

/Q: IN: Bild der Wissenschaft 1/2007 S. 9/

Nachrichten und Informationen aus Literatur, Presse und Internet:

Sensation: Bakterien fressen Arsen

Washington – Forscher der Nasa haben im Mono Lake, einem Salzsee in Kalifornien, eine sensationelle Entdeckung gemacht: Arsen fressende Bakterien. Der Fund revolutioniert die gängige Lehrmeinung über die Grundbausteine irdischen Lebens – dazu gehörte das hochgiftige chemische Element bisher nämlich nicht. Nun muss auch die Suche nach Beweisen für außerirdisches Leben überdacht werden.

Vor der Entdeckung der Bakterien galt der Grundsatz, dass jede Lebensform sechs chemische Elemente bracht: Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel und Phosphor. Letzteres dient zum Bau vieler Zellmoleküle wie Nukleinsäuren, Proteine oder Fettstoffe. Doch der neue Mikrobenstamm GFAJ-1 verzichtet auf Phosphor. Stattdessen ernähren sich die Keime von Arsen. Sie bauen das Gift sogar in ihr Erbgut ein. Eine Sensation für die Forscher. "Dieser Organismus ist noch keine wirklich fremde Lebensform, die einem Stammbaum anderen Ursprungs entsprießt", sagte Forscher Paul Davies. Aber der Keim bilde vielleicht nur die Spitze des Eisbergs: "GFAJ-1 könnte ein Indiz sein für unheimlichere Organismen.

/Q: Ostseezeitung Sonnabend/Sonntag 4./5. Dezember 2010 S. 8/

Exkurs: Arsen-fressende Bakterien GFAJ-1

Das Bakterium GFAJ-1 gehört zur Gruppe der Gammaproteo-Bakterien. Zu dieser Gruppe gehören auch so bekannte Bakterien, wie die Darm-Bakterien (*(s) Echerichia coli* kurz: *E. coli*) oder die Salmonellen (*(s) Salmonella spec.*).

GFAJ-1 ist ein extremophiles Bakterium, was aus rein menschlicher Sicht gesehen bedeutet, dass es unter extremen (Lebens-feindlichen) Bedingungen existieren kann.

Gefunden hat man das Bakterium im kalifornischen Mono Lake – einem sehr Salz- und Arsen-haltigen und basischem See. Er leigt an der zentral-östlichen Grenze zu Nevada. Der See liegt in einem abflusslosen Becken, dass sich zum Ende der Eiszeit mit Wasser gefüllt hat. Die Verdunstung und der neuzeitige Wasser-Entnahme werden teilweise durch die Gletscher-Schmelze der umliegenden Gebirge ausgeglichen. Dabei kommt sehr Calciumcarbonat-haltiges Wasser in den See. Der pH-Wert beträgt 10 (mittelmäßig basisch).

Kleine Salzwasser-Krebschen (*(s) Artemia monica*) – die nur hier vorkommen (endemisch) – bilden die Nahrungsgrundlage für ein einzigartiges Ökosystem. Vor allem Vögel ernähren sich beim Durchzug von diesen Krebsen. Fische können unter den pH-Bedingungen nicht überleben.

GFAJ-1 kommt zwar fast ohne Phosphor aus – entwickelt sich aber bei guter Phosphor-Versorgung besser als unter Arsen-Bedingungen.

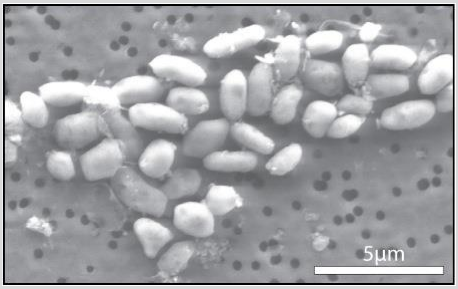
Bei Phosphor-Mangel und ausreichender Arsen-Versorgung werden im genetischen Material (DNS) und in Proteinen Phosphor-Atome durch Arsen ersetzt. Im genetischen Material steckt Phosphor z.B. in der Phosphorsäure (Phosphat), die abwechselnd mit dem Zucker Desoxyribose die tragenden Helixstrukturen bilden.

Je nach Umgebungsbedingungen (Phosphor ←→ Arsen) kommt es zu unterschiedlichem Aussehen (Dimorphismus) der Bakterien.

Derzeit werden die Aussagen über das Bakterium GFAJ-1 und deren "Entdeckung" intensiv diskutiert. Bei der Erforschung könnten methodische Mängel aufgetreten sein.



Lake Mono in Kalifornien
Q: de.wikipedia.org (Mila Zinkova)



Bakterium GFAJ-1 auf einem Arsen-haltigen Nährmedium
Q: de.wikipedia.org (© US-gov nasa)

Methode: Erstellen einer MindMap

MindMap's sollen Gedanken / Begriffe / … ungeordnet, aber schon etwas hierrarchisch strukturiert darstellen. Gerade bei theoretischen Begriffs-Systemen kann eine MindMap zur Verbesserung der Übersichtlichkeit und der Abhängigkeiten beitragen.
Eine Filterung der dargestellten Verbindungen / Begriffe sollte erst in einem nachfolgenden Schritt vorgenommen werden.
MindMap's werden häufig bei ersten Team-Treffen benutzt, um die Ideen ganz frei und ungezwungen zu sammeln. Oft sind es die scheinbar unmöglichen Ideen, die zu etwas wirklich Innovativen führen.

Arbeitsschritte:

1. Blatt (A4 od. A3) quer legen und in die Mitte das Thema oder den Schlüssel-Begriff notieren. Den Schlüssel-Begriff einkreisen oder einrahmen und ev. noch weiter hervorheben.

2a. Wenn die MindMap ganz klassisch aus Ideen / Assoziationen / Gedanken / … entwickelt werden soll, dann werden diese ungeordnet und ungefiltert um den Schlüssel-Begriff angeordnet

2b. Wenn die MindMap aus einem Text entwickelt soll, dann werden als Unterbegriffe z.B. die Kapitel-Themen oder andere auffällige Begriffe Stern-förmig um den Schlüssel-Begriff angeordnet

3. neue Begriffe / Stichworte werden mit den übergeordneten Begriffen mit einer Linie (Ästen) verbunden.
4. ev. Begriffe mit Sinnbildern / Symbolen / Rang-Nummern versehen
5. die neuen Begriffe werden (kurz) thematisiert und bei 2. fortgesetzt (meist hört man bei der 2. Verzweigung auf; kann auch unsymmetrisch angewendet werden)
6. Zusammenfassen ähnlicher Sachverhalte (möglichst im Konsens der beteiligten Personen)
7. ev. Löschen oder Vernachlässigen von weniger interessierenden Begriffen / Themen (nur im Konsens der beteiligten Personen)
8. ev. Übertragen in ein geeignetes Programm
9. Veröffentlichen der MindMap (für alle zugänglich machen)

geeignete (frei) Software:

- FreeMind ()
-

ConceptMap' sind erweiterte MindMap's. Bei ihnen werden die Verbindungs-Linien zwischen den Begriffen mit weiteren Informationen versehen. Außerdem ist eine größere Vernetzung der Begiffe möglich Und wohl auch gewünscht.

Methode: Erstellen einer ConceptMap

ConceptMap's sind recht ähnlich zu MindMap's. Statt einer Stern-förmigen Grund-Struktur sind alle Verbindungen zugelassen. Jede Verbindung bekommt ein oder zwei Pfeile zur Kennzeichnung der Wirk-Richtung. In der Mitte der Verbindung wird die Wirkung z.B. mit Verben, Stichpunkten, Beziehungs-Wörtern usw. usf. versehen.

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Arbeitsschritte:

1. Blatt (A4 od. A3) quer legen und in die Mitte das Thema / die Überschrift oder einen Schlüssel-Begriff notieren. Das Thema od.ä. einkreisen oder einrahmen und ev. noch weiter hervorheben.

2a. Wenn die ConceptMap ganz klassisch aus Ideen / Assoziationen / Gedanken / … entwickelt werden soll, dann werden diese ungeordnet und ungefiltert um den Schlüssel-Begriff angeordnet

2b. Wenn die ConceptMap aus einem Text entwickelt soll, dann werden als Unterbegriffe z.B. die Kapitel-Themen um den Schlüssel-Begriff angeordnet

3. neue Begriffe / Stichworte werden mit den übergeordneten Begriffen mit einer Linie (Ästen) verbunden.
4. mit einem oder zwei Pfeilen wird die Wirk-Richtung zwischen den Begriffen angezeigt
5. in der Mitte der Verbindungs-Linie wird die Art der Verbindung durch Begriffe, Wirk-Hinweise, Stichpunkte usw. usf. genauer spezifiziert (z.B. Verben, …)
6. Prüfen, ob Quer-Verbindugen existieren (dann bei 3. fortfahren)
7. die neuen Begriffe werden (kurz) thematisiert und bei 2. fortgesetzt

x. nach der Übertragung in ein Programm sollten die Begriffe usw. so angeordnet / verschoben werden, dass eine übersichtliche Abbildung entsteht (möglichst wenig Überkreuzungen)
x. Veröffentlichen des ConceptMap's

geeignete (freie) Software:

- **CmapTools** von: Institute for Human and Maschine Cognition (www.ihmc.us)
-

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

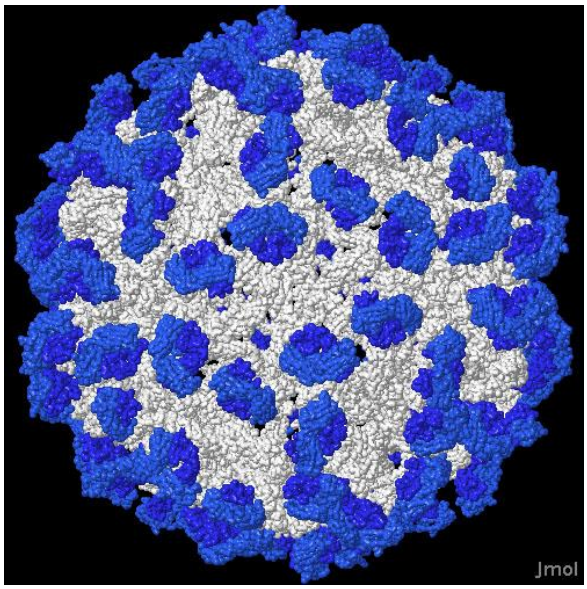
0.2. Grenzfälle des Lebens

Diesen Abschnitt sollten Sie vielleicht erst lesen, wenn Sie sich mit den biologischen Sachverhalten rund um die Zelle genauer auskennen. Ein solch breites Verständnis ist eigentlich erst am Ende dieses Kurses oder Skriptes zu erwarten. Trotzdem lassen wir diesen Abschnitt hier vorne stehen, weil er einfach zum Thema Leben und der Diskussion um diesen Begriff herum hinzugehört.
Wenn Sie jetzt also hier weiterlesen, dann sein Sie nicht enttäuscht, wenn Einiges oder Vieles völlig unklar ist und bleibt. Vielleicht ist es auch ein Argument, sich mit den folgenden Kapiteln viel genauer zu beschäftigen, um die Tragweite der Zusammenhänge und die Diskussionen besser zu verstehen.
Wenn Sie der logische Schritt-für-Schritt-Typ sind, dann lesen Sie einfach bei → 0.3. Einteilung der Organismen oder → 1. Bau der Zelle weiter und kehren dann zum Schluss (→ 4. Schlusswort) noch mal hierher zurück.
Aus historischen Gründen, aber auch weil es sonst keiner tut, beschäftigen sich die Biologen mit den nachfolgend beschriebenen lebenden (biologischen) und nicht-lebenden (biotischen) Objekten. Sie gehören – auch wenn sie z.T. selbst nicht "leben" – einfach zum Leben dazu. Um ständigen Diskussionen um den Begriff "Leben" aus dem Weg zu gehen, bezeichnen viele Wissenschaftler die Viren auch als subzelluläre bzw. probiotische Partikel oder Objekte.

Aufgaben:

1. Erstellen Sie eine eigene MindMap zum Thema Viren auf einem DIN A4-Blatt!
2. Sammeln Sie die "Geistes-Blitze" und "Gedanken-Strukturen" in einer gemeinsamen MindMap an der Tafel / am WhiteBoard!
3. Diskutieren Sie, welche Ideen man weglassen kann! Welche Gedanken lassen sich sinnvoll kombinieren?
4. Erstellen Sie mit Hilfe eines geeigneten Programm's eine MindMap

0.2.1. Viren – Leben oder nicht?



Dengue-Virus mit angehefteten Antikörpern (blau)
Q: www.rcsb.org

Viren bestehen im Prinzip nur aus genetischen Material (Nucleinsäuren; DNS oder RNS) und Hüll-Eiweißen. Damit enthalten sie zwar die beiden wesentlichen Stoff-Gruppen (Nucleotide und Amiosäuren bzw. Proteine), welche üblicherweise lebende Strukturen ausmachen. Sie sind aber selbst nicht lebensfähig. Ihnen fehlt dazu der eigene Stoff- und Energie-Wechsel.
Viren benötigen immer andere Zellen als Wirte. Sie borgen sich – besser: mißbrauchen – deren Stoffwechsel. Ihr genetisches Material enthält nur Informationen (Gene) zur Reproduktion der eigenen Hüll-Proteine und manchmal einige spezielle Enzyme zur Bearbeitung des eigenen Erbmaterials bzw. zur Manipulation des Erbmaterials der Wirtszelle und dessen Stoffwechsels.
Auch Größen-technisch stellen uns die Viren – wie auch die anderen probiotischen Objekte – vor enormen Vorstellungs-Problemen. Sie sind eigentlich nicht viel mehr als ein sehr großer Haufen Atome, die meist in einer abzählbaren Menge Makro-Moleküle stecken. Als Vergleich kann man sich die Größen-Verhältnisse von **normaler Zelle (Eucyte) : Bakterien-Zelle (Procyte) : Virus** ungfähr mit dem Verhältnis **Elephant : Katze : Mücke** vorstellen.
Praktisch kann man sich Viren wie kleine Roboter mit Injektionseinrichtung für das "infektiöse" genetische Material vorstellen, dass dann die Kontrolle über die Wirtszelle übernimmt. Aus biologischer Sicht und der dort praktizierten Definition für Leben fehlt schon das Merkmal eines zellulären Bau's. Sie stellen vielmehr einen Mischkristall aus wenigen – biologisch aktiven – Substanzen dar. Somit sind sie eher ein rein chemisches und damit abiotisches (also: totes) Gebilde.
Früher nahm man an, dass Viren vielleicht die Vorläufer für die "lebenden" Zellen gewesen sein könnten (Virus-first-Hypothese). Heute wird dies aber weitgehend abgelehnt. Viren brauchen immer Zellen zur eigenen Reproduktion. Die standen aber – wenn man dieser Entstehungs-These folgt – noch gar nicht zur Verfügung. Nichts-desdo-trotz kann man nicht definitiv ausschließen, dass die ersten Viren bzw. deren Bauteile schon in der Ursuppe vorgekommen sind und sich dann eigenständig entwickelt haben. Denkbar wäre aber auch ein externes, für sich eigenständiges Reproduktions-System, wie es z.B. im EIGENschen Hyper-Zyklus angedacht ist (→ 🕮 **Genetik**).
Denkbar ist auch ein Auswandern von Stücken des Erbmaterial's aus frühen Zellen. In dieser Theorie (Flucht-Hypothese). geht man vielmehr davon aus, dass Viren isolierte, parasitierende Stücke des Erbmaterials sind, die sich mit Protein-Hüllen umgeben / vereint haben.
Ein ähnlichen Ansatz findet man in der Chimären-Hypothese wieder. Hier betrachtet man die in vielen Zellen vorkommenden Transposomen als Ausgangs-Punkt einer Virus-Entstehung. Transposomen sind Abschnitte, die quasi von einer Stelle im Genom an eine andere Stelle springen (→ 🕮 **Genetik** → springende Gene). Irgendwie sind dann einige dieser Transposomen eigenständig geworden und konnten mit zusätzlichen Protein-Hüllen eigenständig "überstehen".
In einem alternativen Ansatz diskutieren einige Wissenschaftler, dass es sich bei Viren vielleicht um degenerierte – sehr ursprüngliche – Zellen handelt (Reduktions-Hypothese). Diese haben dann, um immer leichter und besser übertragbarer zu werden, alle "unnötigen" Elemente verloren. Übrig blieben die wesentlichen funktionellen Stoff des Lebens – die Proteine und die Nukleinsäuren.

Zuguterletzt soll noch erwähnt werden, dass Viren auch aus kosmischen Quellen stammen könnten (Panspermie-Hypothese). Zumindestens sind deren Bausteine auf kosmischen Körpern (Meteroriten, Kometen, …) schon nachgewiesen worden.
Alle Theorien zur Viren-Herkunft sind derzeit noch unbewiesen. Ob ein Beweis überhaupt jemals möglich wird, ist vollkommen offen. Ein Nachvollzug in einem Experiment od. Ähnlichem ist jedenfalls wenig aussichtsreich. Es würde ja auch nur beweisen, dass es so gewesen sein könnte, nicht, dass es so war.
In den letzten Jahren wird die "Lebens-Eigenschaft" von Viren auch wieder stärker diskutiert. Einige Wissenschaftler argumentieren, dass Viren – zumindestens das, was wir im Allgemeinen darunter verstehen – nur die Verbreitungs-Formen sind. Man könnte das mit einem Samen vergleichen. Die Verbreitungs-Einheit wird deshalb als Virion bezeichnet. Wenn die Virionen dann in ihrer Wirtszelle aktiv werden, dann befinden sie sich in ihrer eigentlichen (parasitären) Lebens-Phase. Diese Struktur wird dann Virozelle genannt (FONTERRE).
Letztendlich hängt alles an der Definition des Begriff's "Leben".

Aufgaben:

1. ***Suchen Sie sich aus verschiedenen Quellen (und nicht nur aus dem Internet) Angaben zu den Größen von normalen Zellen (Eucyten), Bakterien (Procyten) und Viren heraus! Setzen Sie diese Quellen-weise in Verhältniszahlen um! Ermitteln Sie dann über alle verfügbaren Quellen (innerhalb Ihres Kurses) die durchschnittlichen Größen-Verhältnisse!***
2. ***Entwickeln Sie einen eigenen Beispiel-Größen-Vergleich z.B. ausgehend von einem Kirsch-Kern oder einem Stecknadel-Kopf für einen Virus oder einem 18t-LKW oder Klassenraum für eine normale Zelle!***

0.2.1.1. Funktionsweise von Viren

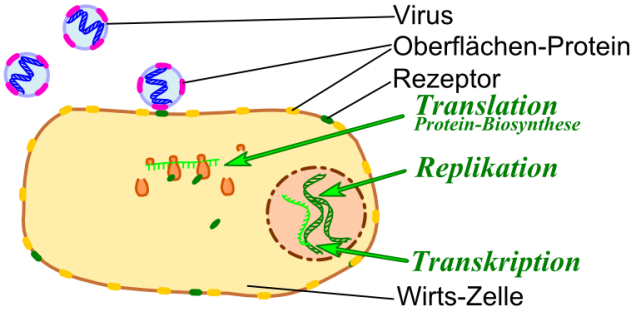
Viren fehlt der eigene Stoffwechsel. Sie sind deshalb auf einen Wirt angewiesen, der ihnen die notwenigen Stoffe für die Reproduktion (Vermehrung) herstellt.
Auswirkungen der Virus-Aktivität (Viren-Vermehrung) nennt man den zytopathischen Effekt. Besonders die Freisetzung der neuproduzierten Viren hat dramatische – meist tödliche – Folgen für die Wirtszelle. Aber auch schon der Missbrauch des Wirtszellen-Stoffwechsel bedingt eine Minderleitung der Wirts-Zelle hinsichtlich ihrer Funktion im Wirts-Organismus und ihrer eigenen Lebens-Vorgänge. Eine Zelle, die ihre Stoff- und Energie-Ressourcen für die Produktion von Viren-Teilen benutzt, kann nicht die gleichen Ressourcen für ihre eigenen Lebens-Vorgänge verwenden. Schnell entstehen Überschüsse (z.B. nicht abgebauter giftiger Stoffe) oder Mangel (z.B. an notwendigen Baustoffen).
Man unterscheidet zwei verschiedene "Lebens"-Zyklus-Arten bei den Viren. Eigentlich sind es mehr verschiedene / mögliche Phasen in der Existens eines Viruses.
Der klassische Existenz-Zyklus ist der **lytische Infektions-Zyklus**. Lytisch bedeutet dabei, dass die Wirts-Zelle am Ende aufgelöst / zerstört wird, um die neu-produzierten Virionen freizusetzen. Unter Virionen versteht man dabei die außerhalb einer Zelle vorkommenden Viren-Partikel, die klassischerweise nur aus RNS bzw. DNS und umhüllenden Proteinen bestehen.
Neben dem lytischen Zyklus kennt man auch noch den **lysogenen Zyklus**. Diesen kann man sich als Ruhe-Phase vorstellen.

0.2.1.1.1. lytischer Zyklus

Vor einer Infektion laufen der Stoffwechsel und die genetischen Vorgänge in der (Wirts-)Zelle noch völlig normal. Die Chromosomen werden ev. für eine spätere Zell-Teilung (Mitose oder Meiose (→ 3.1. Zell-Teilung)) verdoppelt. Diesen Prozeß nennen wir **Replikation** (→📖 **Genetik**).
Für den täglichen Bedarf benötigt die Zelle diverse Proteine. Diese werden nach einem speziellen Bauplan (mRNS) in der sogenannten **Translation** oder **Protein-Biosynthese** (→📖 **Genetik**) erzeugt. Der benötigte Bauplan (mRNS) selbst wird vorher vom Gesamt-Gen-Material (Genom) im Zellkern bzw. im Kernäquivalent abgelesen. Dieses passiert in der sogenannten Transkription (→📖 **Genetik**).
Irgendwann treffen sich Wirtszelle und Virus und das Drama nimmt seinen Lauf.

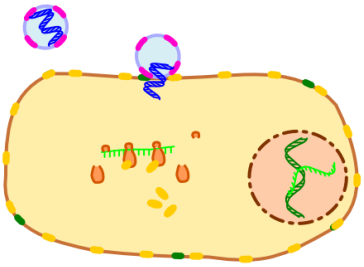
1. Adhäsion

Virus und Wirtszelle müssen zuerst einmal direkten Kontakt herstellen. Dies erfolgt über die Oberflächen-Proteine in der Viren-Hülle und speziellen Rezeptoren in der Zellmembran der Wirtszelle. Fehlen diese, dann ist keine Infektion möglich. Zwischen den Rezeptoren und den Hüll-Proteinen kommt es zur Ausbildung eines Komplexes. Oberflächen-Protein und Rezeptor passen exakt zueinander (Schlüssel-Schloß-Prinzip).



Sind Hüll-Proteine oder die Rezeptoren – z.B. durch Mutationen – verändert, dann ist eine Passung u.U. nicht mehr möglich. Meist ist dann auch keine Infektion (dieses Wirtes) mehr möglich.

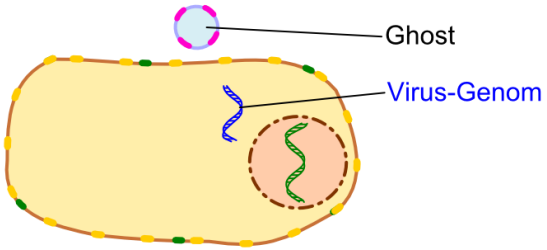
2. Injektion / Penetration



Nachdem der Kontakt zwischen Virus und Wirtszelle hergestellt ist, wird nun das genetische Material des Virus in die Zelle injiziert. Dazu muss meist mittels eines bestimmten Enzyms (zumeist in der Virus-Hülle enthalten) die Zellmembran und ev. vorher auch noch die umgebende Zellwand zerstört / aufgelöst werden. Die Enzyme, welche diese Aufgabe erledigen, heißen Lysozyme.

Die Protein-Hülle des Virus verbleibt außerhalb der Wirtzelle. Die leere Hülle wird Ghost (für: Geist) genannt. Sie zerfällt dann nach und nach oder wird vielleicht von den Wirtszellen gefressen (→ 2.1.3.3. Membran-verlagernde Transport-Vorgänge / Membran-basierte Transporte).

3. Initialisierung / Entpackung des genetischen Materials



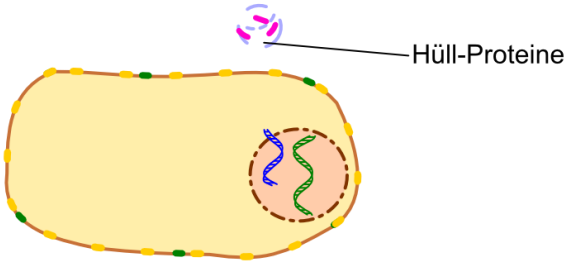
Das injizierte Gen-Material (DNS oder RNS) ist für Transport in der Virus-Hülle stark komprimiert (gefaltet und aufspiralisiert). Damit es jetzt weiter benutzt werden kann, wird es in die Normal-Form gebracht.

Bei RNS-Viren (Retroviren) und Wirtszellen mit Erbmaterial in DNS-Form muss teilweise auch noch eine spezielle Umsetzung des Viren-Genoms in Wirtzellen-taugliches Gen-Material erfolgen.

Dieser hochspezielle Prozess heißt **reverse Transkription** (🕮 **Genetik**).

Man spricht insgesamt vom Entpacken des Genoms. Die gesamt Phase von der Injektion bis zur beginnenden Replikation wird auch Eklipse genannt. Sie schließt auch die mögliche lysogene Phase bei verschiedenen Viren ein (→ 0.2.1.1.2. lysogener Zyklus).

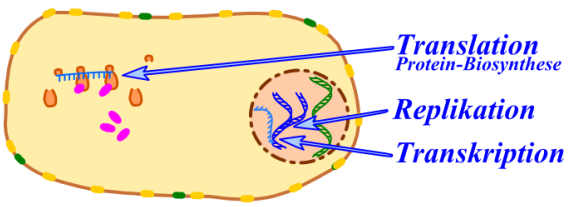
4. Integration



In den meisten Fällen wird das Viren-Gen-Material nun in das Wirtszelle-eigene Erb-Material eingebaut. Dazu schneiden spezielle Enzyme das Wirts-Material auf (z.B. an TATA-Boxen). An den freiliegenen Enden wird dann das Virus-Material – welches ebenfalls TA-TA-Enden hat – eingeklebt.

Vielfach folgt jetzt eine gewisse Ruhe-Phase, in welcher der Virus scheinbar inaktiv und scheinbar unschädlich ist.

In der Natur kommt es jetzt u.a. auch zu den Vorgängen, die als lysogener Zyklus gekennzeichnet werden (→ 0.2.1.1.2. lysogener Zyklus).

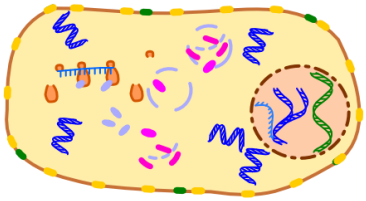


Weiterhin manipuliert der Virus von nun an den Stoffwechsel der Wirtszelle. Die Produktion Wirts-eigener Proteine wird weitesgehend eingestellt und alles für die Viren-Produktion vorbereitet.

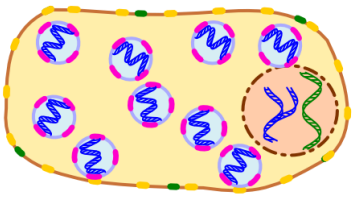
5. Gen-Expression

Das genetische Material des Virus übernimmt nun endgültig die Steuerung des Zell-Stoffwechsels.

Es werden jetzt fast nur noch Viren-Proteine hergestellt und das Viren-Genom vervielfacht. In der Zelle laufen ansonsten nur noch die elementaren Prozesse, welche die Wirtszelle quasi gerade so am Leben erhalten.
Es kommt bei den Wirten zu Funktions-Störungen oder –Ausfällen.
Dies sind die typischen zytopathischen Effekte.

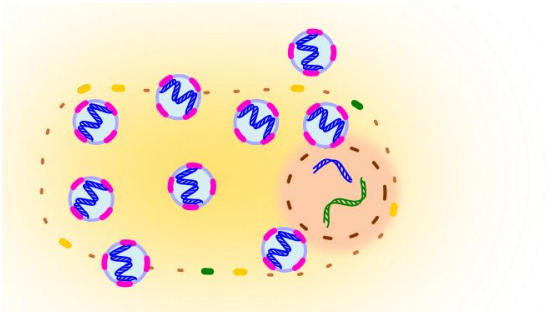


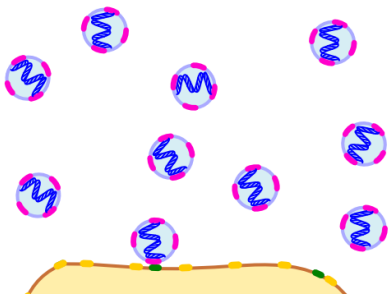
Wir nennen sie dann Krankheiten (Schnupfen, Grippe, AIDS, Corona, …).
Nur die Produktion der Viren-Teile läuft auf Hochtouren. Die Wirtzelle füllt sich so immer mehr mit Bau-Bestandteilen des Virus'.



6. Verpackung des genetischen Materials
Im vorletzten Schritt werden die Baubestandteile zu neuen Virus-Körpern zusammengesetzt.
Die Wirtszelle ist Stoffwechsel-mäßig völlig durcheinander und praktisch schon tot.
Eine Rückkehr zur normalen Stoffwechsel-Situation wäre auch nach einem Entfernen oder Zerstören der Viren (wie auch immer) nicht mehr möglich. Ev. wird jetzt schon eine Apoptose (/ der programmierte Zell-Tod) ausgelöst.

7. Lyse / Freisetzung
Durch weitere – parallel produzierte – Enzyme (sogenannte Lysozyme) wird nun die Zellmembran und ev. auch eine umgebende Zellwand der Wirtszelle aufgelöst. Damit ist die Wirtszelle entgültig gestorben und die Virionen können sich neue potentielle Opfer suchen.
Meist werden sie schon im Organismus des Wirtes fündig. Aber auch durch andere Verbreitungs-Wege steht den neuen Viren die "Welt" offen.





Aufgabe (zwischendurch):

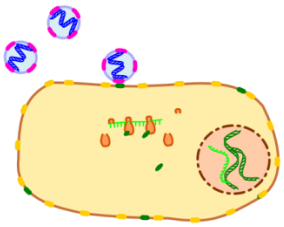
1. ***Welche Möglichkeiten für das Austricksen des lytischen Zykluses z.B. durch Impfungen etc. sehen Sie? Erläutern Sie, wie diese Tricks funktionieren sollen!***

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

0.2.1.1.2. lysogener Zyklus

Neben dem eigentlich für die Wirtszelle tödlichen Existenz-Zyklus gibt es noch einen verborgenen Abschnitt. Er wird **lysogener Zyklus** genannt.

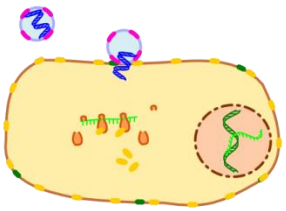
Der Begriff lysogen sagt soviel wie "das lytische Prinzip erzeugend". Typische Vertreter dieser Viren-Gruppe sind das HI-Virus (HIV) und die verschiedenen Herpes-Viren.



1. Kontakt / Adhäsion

Die Kontaktierung von Virus und Wirtszelle erfolgt analog zum lytischen Zyklus.

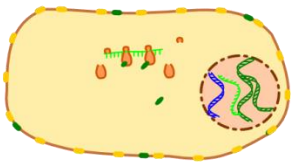
2. Injektion



Das genetische Material wird vom Virus injiziert und wandert nach der Enpackung in Richtung Zellkern bzw. Kernäquivalent.

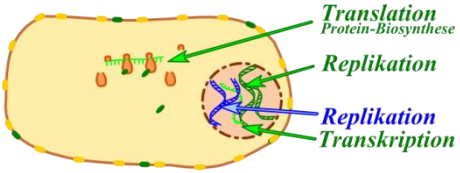
Retrovirales Erbmaterial (spez. RNS) wird durch die Aktivität der reversen Transkriptase – einem nur in speziellen Viren vorkommenden Enzym – in DNS umgewandelt.

3. Integration



Das Genom des Virus wird nun in die Wirts-Chromosomen eingebaut. Bei einigen Viren verbleibt das genetische Material der Viren aber auch in speziellen Übergangszuständen. Das können sogenannte Plasmide oder auch cccDNA sein. Diese Strukturen sind kleinere Ring-förmige Chromosomen – manchmal auch Minichromosomen genannt.

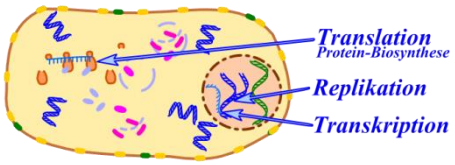
4. Ruhe



Diese Phase ist der eigentlich charakteristische Abschnitt des lysogenen Zyklus. Entgegen dem lytischen Zyklus kommt es jetzt nicht zur Umstellung des Wirtszellen-Stoffwechsels auf Viren-Produktion, sondern die Zelle agiert wie eh und je. Lediglich das Viren-Genom wird bei Zell-Teilungen mit dupliziert.

Die Ruhe-Phase ist aber nicht ungefährlich. Auch jetzt kann es zu Neu-Infektionen kommen. Werden z.B. infizierte Wirtszellen zerstört (z.B. aufgekratzt) oder gefressen, dann kann das Viren-Genom in weitere Zellen gelangen.

5. Übergang zum lytischen Zyklus



Durch einen externen Auslöser kommt es zur Aktivität des Viren-Genom. Damit wird die Wirtszell-eigene Protein-Produktion eingestellt oder auf ein Minimum reduziert und fort an Viren-Proteine und –Gen-Material hergestellt.

Es folgen nun die – schon vorne beschriebenen – Phasen **Gen-Expression bis Lyse** des lytischen Zyklus (→ 0.2.1.1.1. lytischer Zyklus).

Exkurs: schwanger wegen Retro-Viren?

Retro-Viren bauen ihr Erbgut in das der Wirtzellen ein. Dazu muss das als RNA vorliegende Gen-Material zuerst in DNA umgewandelt werden. Wie wir vorne gelernt haben, ist dies eigentlich ein "unnormaler" Vorgang. Die Retro-Viren verfügen dazu – als große Ausnahme unter den biologischen Objekten (Ich schreibe hier mit Absicht nicht Lebewesen!) – über das Enzym Reverse Transkriptase. Diese erledigt genau die Umsetzung von RNS in DNS. Den Einbau in die Wirts-DNS erledigt dann das virale Enzym Integrase.
Da nicht alle Viren wirklich krank machen und die Wirte auch nicht aufgrund des Viren-Befalls sterben, verbleiben viele Viren-Gene dauerhaft im Erbgut der Wirte. Bei Menschen schätzt man, dass rund 10% aus viralen Quellen stammt.
In vielen Fällen sind die Wirte sogar abhängig von der Viren-DNS. So ist beim Menschen die Einnistung der befruchteten Ei-Zelle in die Gebärmutter nur möglich, weil ein virales Gen für eine Trenn-Schicht zwischen beiden Organismen sorgt. Diese Trennschicht deaktiviert die Immun-Reaktion zwischen Gebärmutter und Plazenta. Plazenta und der Fötus sind ja eigentlich Fremd-Organismen und werden immunologisch vom mütterlichen Organismus angegriffen.
Heute wissen wir, dass bei allen Säugetieren solche viralen Gene für die Akzeptanz der Nachkommen im Inneren sorgen und damit sozusagen erst die Gruppe der Säugetiere ermöglichten.

Literatur-Empfehlung:

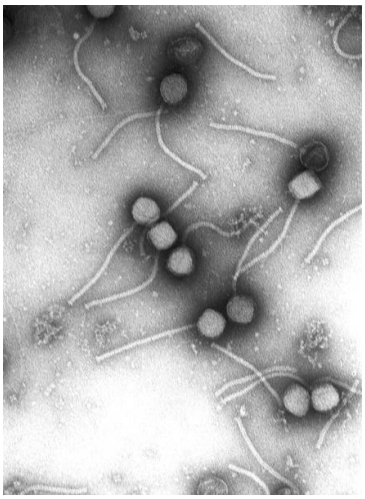
Exkurs: gefährliche Viren in der Schwangerschaft

Röteln

Literatur-Empfehlung:

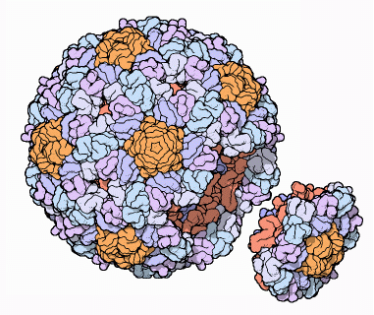
0.2.1.2. weitere Viren-ähnliche Strukturen

0.2.1.2.1. Bakteriophagen bzw. Phagen



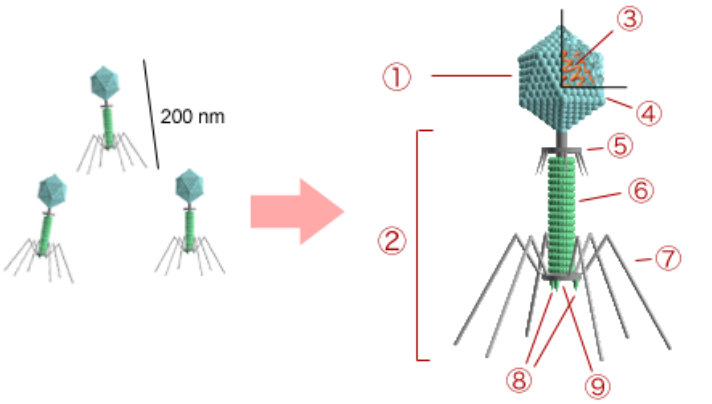
Gamma-Phagen
EM-Aufnahme
Q: de.wikipedia.org (PLoS (Vincent Fischetti + Raymond Schuch))

Bakteriophagen – bzw. Phagen allgemein – sind Viren, die Bakterien (Procyten) als Wirt benutzen.
Phagen gehören mit Größen zwischen 50 und 200 nm zu den Objekten, die mit Elektronen-Mikroskopen noch einigermaßen gut aufgelöst werden können.
Mit modernen Verfahren (z.B.: RÖNTGEN-Struktur-Analyse) und Computer-Modellen lassen sich die Protein-Strukturen sehr genau berechnen und dann zu 3D-Modellen zusammensetzen. Hier wird dann auch die Faszination für diese Objekte nachvollziehbar.
Eine Fein-Erkennung erfolgt meist über immunologische Tests. Sie sprechen auf spezielle Hüll-Proteine an, welche sich manchmal schon von Viren-Stamm zu Viren-Stamm unterscheiden.
Da die Phagen als Parasiten extrem an ihre Wirte angepasst sind und auf andere Zellen kaum ansprechen, können sie gut zur Bekämpfung der Wirte eingesetzt werden. Eine Gefahr für den Mensch selbst ist sehr unwahrscheinlich, da Phagen auf procytische Zellen spezialisiert sind. Der Mensch als eucytisches Lebewesen ist da außen vor.
Trotzdem besteht insofern ein Gefährdungs-Potential, das Phagen auch gegen Bakterien wirken könnten, die z.B. auf unserer Haut oder in unserem Darm (oder natürlich auch bei anderen Organismen) symbiotisch leben. Fallen diese Bakterien aus, kann es ohne Weiteres zu schwerwiegenden Veränderungen z.B. im Darm-Klima kommen.



Bakteriophage
Q: www.rcsb.org

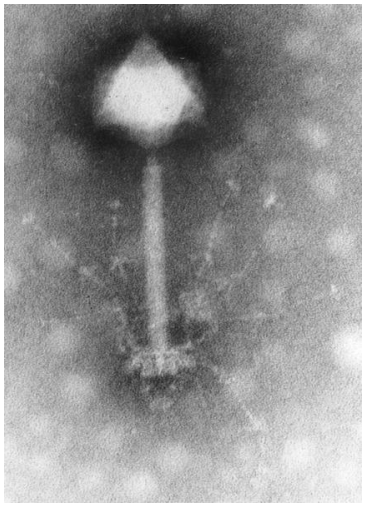
In der (populär-)wissenschaftlichen Literatur ist der **T4-Phage** sozusagen das Muster-Beispiel für Bakterio-Phagen. In Wirklichkeit ist er mit seiner hohen Komplexität eher ein Sonderfall. Aber er macht optisch einiges her und die Beziehungen zwischen Bau und Funktionsweise ist sehr einprägsam.



Bakteriophage T4 (schematisch)
Q: de.wikipedia.org (Y_tambe)

Der Kopf (1) enthält das genetische Matrial des Phagen. Die Hüll-Proteine bilden einen ikosaedrischen Kapsid (4). Er wird aus exakt 152 Einzel-Proteinen (Monomeren, (3)) zusammengesetzt.
Der Injektions-Apparat (2) ist eine sehr komplizierte Protein-Struktur. Der Hals (5) verbindet das Schwanzrohr (6) mit dem Kapsid. Die Schwanzfibrillen (7) und die Spikes (8) stellen den Kontakt zur Zellwand der Wirte her. Die Ringförmige Grundplatte (9) sitzt dann bei der Infektion direkt auf der Zellwand auf.
Durch deren zentrales Loch und das Schwanzrohr wird das genetische Matrial aus dem Kapsid in die Wirtszelle injiziert.

Virionen sind die Viren-Partikel, die außerhalb von Zellen vorkommen. Sie sind die klassische Protein-Nucleinsäuren-Kristall-Struktur. In dieser Form sind Viren praktisch inaktiv. Sie werden durch die verschiedenen Medien (Wasser, Luft, Blut, …) verbreitet und gelangen so zu ihren Wirtszellen.

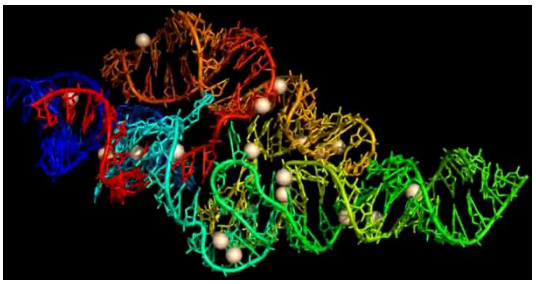


Phage S-PM2 aus Meerwasser
Q: de.wikipedia.org (PLoS (Hans-Wolfgang Ackermann))

0.2.1.2.2. Viroide

Viriode sind Protein-freie Viren. Sie bestehen nur aus Nucleinsäure in RNS-Form. Die eigentlich einstängige RNS ist dabei zu einem Ring geschlossen. Man kennt Viroide, die aus 240 bis 400 Nucleotiden bestehen. Mit anderen Worten: Ihr genetischer Code besteht aus gerade mal sovielen Buchstaben. Das genetische Alphabet besteht bekantermaßen ja auch nur aus den Buchstaben A, C, G und U. (In der RNA ist das U das Äquivalent für das T im DNS-Alphabet.)

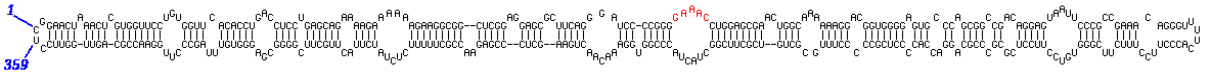
Der genetische Code wird nicht in Proteine umgesetzt, sondern das Viroid ist selbst als Ribozym katalytisch im Wirts-Stoffwechsel wirksam. Der Begriff Ribozym deutet die stoffliche Herkunft von den **Ribo**nucleinsäuren (RNS) und die besondere Funktion als En**zym** an. Normalerweise sind Enzyme vorrangig Protein-Strukturen. Ribozyme entsprechen den Ribosomen (→ 2.10. Ribosomen) in der echten Zell-Welt.



Ribozym
Q: BOINC-Bildschirmschoner (RNAworld-Projekt)

Für die Vermehrung des Viroids werden ausschließlich die Wirtszell-eigenen Enzyme genutzt / mißbraucht.

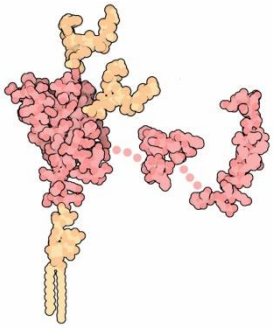
Derzeit sind Viroide nur bei Pflanzen bekannt.



Sekundär-Struktur des Viroids der Spindelknollensucht (Potato-Spindle-Tuber-Viroid (PSTV))
Q: de.wikipedia.org (Pngbot)

Man sieht heute die Viriode als molekulare Überbleibsel der chemischen Evolution. Sie könnten quasi sehr frühe / erste Vorstufen von lebenden Systemen gewesen sein.

0.2.1.2.3. Prionen



Prion
Q: www.rcsb.org

Prionen sind derzeit die kleinsten, nicht-zellulären und biologisch aktiven Objekte. Sie sind nur innerhalb von Zellen aktiv. Chemisch ähneln sie Proteinen.
Prionen besitzen häufig die Primärstruktur eines anderen Zell-eigenen Protein's. Wie alle Protein-Primär-Strukturen werden sie nach und nach von einem Ketten-förmigen zu einem räumlichen Gebilde gefaltet (→ Quatär-Struktur). Bei Prionen erfolgt diese Faltung aber andersartig. Umgangssprachlich würden wir sagen, sie sind im eigentlichen und übertragenen Sinn "falsch gewickelt". Dadurch ergeben sich ev. schon andere Sekundär-Strukturen, in jedem Fall aber andere Tertiär- und Quartär-Strukturen.
Das anders gefaltet Protein kann seine eigentliche / ursprüngliche Funktion nicht erfüllen. Es ist aus dieser Sicht heraus denaturiert / entartet.
Interessant ist, dass einige Prionen von den Zellen selbst gebildet werden. Scheinbar hat der normale Faltungs-Mechanismus oder die dabei benutzen Proteine (z.B. Chaperone) einen Schaden erlitten.
Wie alle Eiweiß-Strukturen würden sie normalerweise abgebaut werden, aber ein andersartiges Protein kann eben ev. auch wieder andere Aufgaben übernehmen. Und so scheint es bei den Prionen auch zu sein. Ihre andersartige Faltung ist sehr stabil und realisiert auch noch eine andere Funktion. Diese ist aber leider für die Wirtzelle nicht so günstig und führt zumeist zu schweren (Stoffwechsel-)Störungen. Scheinbar kann auch das "Kommando" zur Falsch-Faltung auch von einer Zelle auf die nächste übertragen werden.
Viroide und Prionen sind – stofflich gesehen – quasi die extremsten Aussenseiter biotischer Strukturen. Die Viroiden bestehen nur aus Nucleinsäuren und die Prionen nur aus Protein. Für das Biologie-interne Verständnis von "Leben" gehören beides unbedingt zusammen. Sie stellen die beiden stofflichen Grund-Elemente dar. Alles andere ist nur "Beiwerk" und Mittel zum Zweck, nämlich wieder Proteine und Nucleinsäuren herzustellen, zu koordinieren, mit Aktivität zu erfüllen und zu verändern.

Aufgaben im Vorfeld des Exkurses:

1. ***Im Haus einer (fast) ganz normalen (!!!) Groß-Familie ist ein Feuer ausgebrochen. Der Vater hat die Chance nach und nach immer nur eine Person aus dem Haus zu holen. Das brennende Gebäude kann jederzeit einstürzen. In welcher Reihenfolge (1-14) wird der Vater die Personen retten?***

Person	Zusatzinfo's	gerettet als …
eigene Mutter		
eigene Schwester	verheiratet	
Schwägerin	mit eigenem Bruder verheiratet	
eigener Großvater		
eigenes Kind	6 Jahre alt	
eigene Mutter		
eigene Frau	Mutter aller Kinder	
Kind aus der 1. Ehe der Mutter	18 Jahre alt	
Mutter der Frau		
eigener Vater		
eigene Großmutter		
eigener Bruder	verheiratet	
eigenes Kind	17 Jahre alt	
Vater der Frau		

   a) ***Fassen Sie die Rangfolgen aller Kursteilnehmer zusammen! (Noch nicht auswerten!!!)***
   b) ***Versuchen Sie Erklärungen für die von Ihnen erstellte Reihenfolge zu geben!***
   c) ***Werten Sie nun die Ergebnisse Ihres Kurses aus! Diskutieren Sie einzelne Rettungs-Folgen!***

2. ***Spielen Sie gegen wechselnde Partner das Spiel "Gefangenen-Dilemma" (praktische Version) mit immer 30 Runden! Spielen Sie zuerst gegen alle Gegner intuitiv und dann in einem zweiten Durchgang mit einer festen Strategie (z.B. 3x kooperieren und dannach 4x defektieren)! Wer erreicht wann und wie die meisten Punkte?***

Ursprungs-Spiel / -Situation:

Zwei Kriminelle, die gemeinsam einen Einbruch gemacht haben, werden getrennt gefasst und nun getrennt gefangengehalten und verhört. Für das Vergehen besteht eine Höchststrafe von 5 Jahren, die beide auch wegen ihrer Vergangenheit erhalten würden. Die Polizei und die Gesetzgebung bieten nun folgende Deals an:

		Krimineller B	
		schweigt	gesteht
Krimineller A	schweigt	1 / 1	-1 / -5
	gesteht	-5 / -1	-5 / -5

Punkte: A / B

Wenn einer unabhängig von dem anderen gesteht, dann erhält er die Minimalstrafe von 1 Jahr. Gestehen beide erhalten sie beide die Höchststrafe.
Sollten sie aber beide schweigen, dann kann man ihnen nichts nachweisen und sie behalten den erbeuteten Wert (von dem sie ein Jahr leben können).

praktische Version: (nach AXELROD)

Zum besseren Zählen werden nur positive Gewinnpunkte verwendet. Für's Kooperieren bekommen beide jeweils 5 Punkte. Beim gegenseitigen Defektieren (Bekämpfen, Entgegenwirken) erhalten sie je 1 Punkt. Im Falle des einseitigen Defektieren gewinnt der Defektierer 3 Punkte, während der andere leer ausgeht.

		Spieler B	
		kooperiert (schweigt)	defektiert (gesteht)
Spieler A	kooperiert (schweigt)	5 / 5	0 / 3
	defektiert (gesteht)	3 / 0	1 / 1

Punkte: A / B

optionale Aufgaben für reife Erwachsene:

1. ***Stellen Sie für sich selbst die folgende Tabelle auf und vergeben sie 4, 3, 2 und 1 Punkt(e) für die Menge und /oder Häufigkeiten von Zuwendungen (Taschen-Geld, Geschenke, gemeinsame Treffen, …) ihrer Großeltern! Verstorbene Großeltern werden nicht berücksichtigt! Die Benutzung der Punkt-Werte kann dann als Ausdruck der Menge bzw. des Abstandes benutzt werden! Also für große, fast gleichgroße Zuwendungen die 4 und die 3, bei großen Unterschieden z.B. 4 und 1.***

	mütterliche Seite		**väterliche Seite**	
	Großmutter	Großvater	Großvater	Großmutter
Zuwendungs-Punkte				

   a) Fassen Sie die Ergebnisse Ihres Kurses zusammen!
   b) Wie erklären Sie sich Ihre eigenen Ergebnisse und die in der Gruppe! (Die eigenen Ergebnisse dürfen Sie natürlich für sich behalten (Sie sind sicher sehr persönlich!)!

Exkurs: Egoismus und Kooperation

Einige der heiß diskutierten wissenschaftlichen Fragen sind immer noch die Fragen nach dem Ursprung des Lebens und seinem Antrieb sowie nach dem Motor der Evolution.
Der Evolutions-Biologe Richard DAWKINS stellte in seinem Buch "Das egoistische Gen" (org: "The Selfish Gene") eine mehr oder weniger neuartige, interessante und provokante Theorie vor.
Er behauptet darin, das Gene die eigentliche Ursache für die biologische Evolution sein.
Einfache RNA-Strukturen haben die Fähigkeiten bestimmte chemische Reaktionen zu katalysieren, aber auch ihre eigene Reproduktion zu befördern. Es "überleben" nur die Gene, denen es gelingt sich zu reproduzieren. Die Gene, die das am Besten schaffen, haben den größten Erfolg. Hier liegt der gemeinte "Egoismus" (besser vielleicht "Selbstsucht") vergraben. Gene sind an der eigenen – und möglichst besten – Verbreitung "interessiert".
Nun wissen wir auch, dass Gene auch irgendwie Proteine codieren. Praktisch werden auch hierbei die Gene am Besten überleben, denen es gelingt, die geeignetesten Proteine zur eigenen Reproduktion zu codieren und auch zu benutzen. Gene, die es also schaffen sich einen funktionierenden Protein-Apparat zunutze zu machen, werden erfolgreicher sein, als solche, deren Protein-Apparate nicht so effektiv funktionieren. Nach DAWKINS sind die Zellen nun nichts anderes, als diese Protein-Apparate.
Das, was auf Zell-Ebene funktioniert, setzt sich auf Organismen-Ebene fort. Die Gene, welche die effektivsten mehrzelligen Reproduktions-Apparate codieren, werden die anderen Reproduktions-Apparate (= Zellen) übertreffen.
Mutationen sorgen für immer neue Gen-Varianten, die in der Natur an der Tauglichkeit zur besten Reproduktion getestet (natürliche Auslese) werden.
In Zellen kommt es nun auch zum Miteinander von verschiedenen Genen. Dabei sind bestimmte Kombinationen erfolgreicher, als andere. Sie werden sich evolutionär durchsetzen. Die Gene kooperieren scheinbar miteinander. Praktisch ist aber jedes Gen für sich weiter "egoistisch".
Bei einer ungeschlechtlichen Fortpflanzung erscheint das schnell logisch. Was ist aber mit der sexuellen Fortpflanzung, da kommen ja auch Gene des Sexual-Partners ins Spiel? Bleibt da nicht nur eine 50%ige Chance der eigenen Gene für die nächste Generation?
Die Sache ist nicht ganz so einfach, wie es scheint. Zuerst einmal kommen die Gene bei sexuellen Arten immer doppelt vor. Von jedem Eltern-Teil erhalten die Nachkommen einen Chromosomen-Satz. Somit enthalten die Nachkommen immer 50% mütterliche und 50% väterliche Gene. Je nach Penetranz wirkt nur das eine Gen (Dominanz) und das andere hält sich zurück (Rezessivität) oder beide wirken parallel (Intermediärität). Trotzdem besteht für jedes Gen, die 50%ige Chance in einem Nachkommen wieder wirksam zu sein. Es ist aber in jedem Fall in den Nachkommen enthalten. Selbst, wenn es ein unterlegenes (rezessives) Gen ist, wird es in den Nachkommen weiterexisitieren und sich u.U. weiter verbreiten. Selbst ein schwächeres Gen profitiert noch von einem stärkeren. Das stärkere Gen selbst hat scheinbar erst einmal einen Nachteil. Es ist nicht mehr ganz so häufig im gesamten Gen-Pool vorhanden. Aber der evolutionäre Vorteil liegt in der besseren Chance auf das eigene "Überleben", wenn es z.B. zu Umwelt-Veränderungen kommt. Sollte jetzt das vermeintlich schwächere Gen besser an die neue Situation angepasst sein, dann gewinnt auch das vormals stärke Gen mit, auch wenn es jetzt unterlegen ist. Es wird wieder mitgeschleppt, wie vorher das ursprünglich rezessive.
Der wesentliche Vorteil der geschlechtlichen Fortpflanzung liegt also nicht in Gen-Weitergabe, sondern in der (Neu-)Kombination der Gene. Daneben sind die Gene bei der geschlechtlichen Fortpflanzung immer doppelt angelegt, was eine gewisse Ausfall-Sicherheit garantiert.
Auch in der Neu-Kombination (Nachkommen) werden also die "erfolgreichsten" Gene das Zepter übernehmen und für eine bestmögliche Reproduktion sorgen. So ist der Erfolg der "egoistischsten" Gene vorbestimmt.
Die Sache mit dem Sex hat nun noch einen Neben-Effekt. Die Weibchen sind per Defintion der Biologen, diejenigen Organismen einer Art, welche die größeren Geschlechtszellen produzieren. Zumeist kommen diese in einer kleineren Anzahl vor, da die Produktions-Ressourcen natürlich beschränkt sind. Die Männchen sind die mit der Vielzahl kleinerer Geschlechtszellen. Aus dieser Ungleichheit ergeben sich völlig andere Zielrichtungen und Strategien für die Geschlechts-Partner. Die Weibchen haben verhältnismäßig viel in die einzelne Geschlechtszelle (Eizelle) investiert. Ihr Bestreben besteht darin, diese Investition möglichst in die nächste Generation zu führen. Dazu kommen z.B. eine Brutpflege oder eine besondere Schutz-Ausstattung in Frage. Die Männchen haben viele Geschlechtszellen. Die Kosten für eine einzelne Samenzelle sind ziemlich gering. Die Männchen haben die beste Chance Nachkommen in der nächsten Generation zu haben, wenn sie möglichst viele Eizellen beglücken. Eine weitere Investition in die Nachkommenschaft scheint erst einmal nicht sinnvoll, da ja auch noch die Chance besteht, dass ein anderes Männchen mitgemischt hat. Praktisch sind es natürlich lt. DAWKINS die dahinterstehenden Gene, die die besonderen Funktionen (Ei-Schalen, Brutpflege, Männer-Auswahl, …) codieren. Die am Besten darin sind, haben den größten evolutionären Erfolg.

Aber warum arbeiten so viele Organismen zusammen? Warum beteiligen sich Männchen an der Brutpflege? Warum jagen Räuber im Rudel? Warum arbeiten tausende von nicht-fortpflanzungsfähigen Bienen für eine Königin? Warum behandeln die Tanten bei den Elephanten ein Junges der Leit-Kuh, wie ihr eigenes? Oder warum füttert eine Amme ein fremdes Kind?

Alle Zusammenarbeit – oder eben auch Kooperation genannt – erfolgt, weil es für die Gene auch indirekte Folgen ihrer Aktivität gibt. Ein Weibchen mit Genen zur Auswahl eines besten / erfolgreichen Männchens wird wahrscheinlich bessere Nachkommen haben. Männchen, die genau auf die Auswahl-Kriterien der Weibchen ansprechen (z.B. größtes Geweih) haben den besten Reproduktions-Erfolg. Nun kann das Weibchen aber auch Gene haben, die z.B. durch verschiedenste Tricks oder beobachtete Merkmale einen guten Vater selektiert. Also einen, der z.B. auch nach der Befruchtung da bleibt und sich an der Brutpflege beteiligt oder die gesamte Zeit für Schutz oder Nahrung sorgt. Nach außen kooperieren so beide Geschlechts-Partner. Im Inneren ist es der ewige Kampf der Geschlechter-Strategien.

Ein Seitensprung bringt vielleicht Vorteile für die Weibchen. Sie erhält den Samen von einem erfolgreicheren Männchen mit erfolgreicheren Genen, und lässt ihre Kuckuck-Kinder vom treusorgenden Vater (mit ebenfalls erfolgreichen Treue-Genen) aufziehen. Das gehörnte Männchen wird alle fremden Konkurrenten abwehren und das Weibchen umsorgen und dabei auch kontrollieren. Die Gene des treusorgenden Vater werden trotzdem, das eine oder andere Mal, zum Zug kommen.

Die Kooperation von Räubern, die eigentlich nur an der Weitergabe der eigenen Gene interessiert sind, geschieht ähnlich. Durch die Kooperation bringt es für alle einen Vorteil. Gemeinsam haben sie eine größere Chance eine Beute zu erlegen. Die Beute kann bei der gemeinsamen Jagd auch größer und stärker sein, als bei einer "egoistischen" Jagd. Alle Gene – und vor allem die Gene für die Kooperationen – gewinnen dabei.

Schauen wir uns den seltsamen Fall der Bienen an. Für uns erscheint es doch völlig idiotisch, dass die unfruchtbaren Arbeiterinnen für eine Königin arbeitet, die wiederum ihre Gene in rauen Mengen weitergibt. Die Arbeiterin hat keine Chance dazu, sie investiert nur Zeit und Energie. Betrachtet man aber die Gen-Verhältnisse, dann sieht das Ganze anders aus. Die Arbeiterin und die Königin haben die gleichen Gene – sind sind genetische Klone (Gen-identische Abbilder). Für die Arbeiterin ist es praktisch genauso, als würde sie ihre eigenen Nachkommen und Geschwister aufziehen. Sie hat die gleichen erfolgreichen "egoistischen" Gene, wie ihre Befehlshaberin. Alle Mitglieder im Insekten-Staat sind zu 100% genetisch gleichstämmig. Durch eine erfolgreiche Arbeit in der Kolonie gibt sie ihre Gene indirekt zu je 50% über die nächste weibliche Linie (neue Königin) und zu ebenfalls 50% über die männlichen Drohnen an die nächste Generation weiter.

Na gut, aber was soll das mit der Amme? Auch hier spielen die Gen-Verhältnisse die entscheidende Rolle. Nehmen wir das Beispiel einer Großmutter, die sich um das Kind ihrer Tochter oder ihres Sohn kümmert. Im Kind stecken immer noch 25% ihrer eigenen Gene. (Daneben stammen noch 25% von dem Partner, den sie selbst – nach ihren genetischen Kriterien – ausgewählt hat, und die ja auch bestens sein soll(t)en.) Da lohnt es sich schon, Energie und Zeit für den "fremden" Nachwuchs zu investieren.

Kooperation wird von immer mehr Wissenschaftlern als eine der wichtigsten, wenn nicht sogar der wichtigsten Triebkraft der Evolution angesehen. Dafür sprechen u.a. synergetische Effekte, d.h. der Gesamt-Effekt ist größer als die Summe der Effekte einzelner Ursachen / Gene.

Ob dies aber als wirklich vorherrschendes Prinzip funktioniert, muss noch nachgewiesen werden. Vielleicht ist es ja nur ein Neben-Effekt von "Egoismus" – sozusagen der "Super-Egoismus" zweier oder mehrerer Gene.

Im Fortsetzungs-Buch "", das eher für Fachleute geschrieben wurde, sind die möglichen Gen-Wirkungen noch viel weiter gefasst. DAWKINS beschreibt sogar indirekte Wirkungen in Parasiten der Gen-Träger.

Literatur-Empfehlung:

DAWKINS, Richard: Das egoistische Gen.-Springer Verl.; Rowohlt Taschenbuch Verl.; Spektrum Akad. Verl..-1978 - 2006

für Laien und biologisch Vorbelastete oder Interessierte; gut verständlich, tiefgreifend und bis zum Ende immer wieder interessant und überraschend

Fragen und Aufgaben:

1. *Welche Merkmale kennzeichnen ein lebendes System?*
2. *Vergleichen Sie die folgenden Systeme hinsichtlich der Merkmale des Lebens!*

a)	Einzelzelle des Menschen	Mensch (als Gesamt-Objekt)
b)	Hausmaus	Computermaus
c)	stehendes Auto (unbesetzt)	fahrendes Auto (mit Fahrer)
d)	Wald	(Planet) Erde

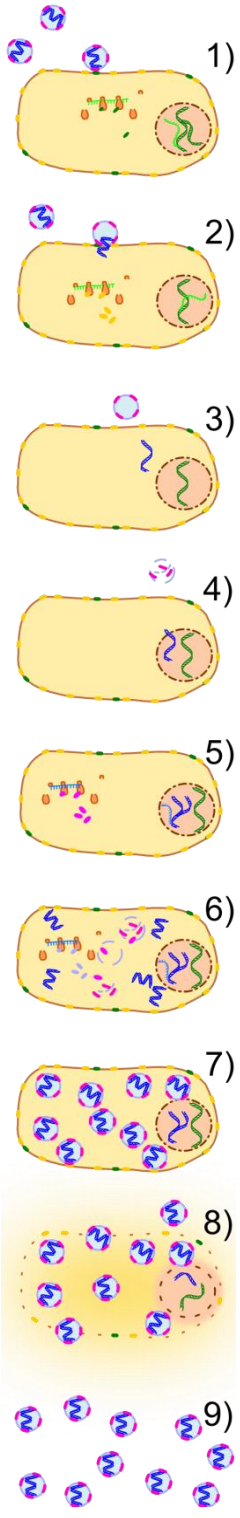
3. *Klassifizieren Sie die nachfolgenden Objekte und Systeme als lebende und nichtlebende Systeme! Geben Sie kurze Begründungen für Ihre Zuordnung an!*
   - *a) Elephant*
   - *b) Apfel-Baum*
   - *c) Pantoffeltierchen*
   - *d) Solar-Taschenrechner*
   - *e) Brennessel*
   - *f) Stein-Pilz*
   - *g) Stalagniten-Stalaktiten*
   - *h Darm-Bakterium*
   - *i) Schnupfen-Erreger*
   - *j) Zelle einer Haus-Maus*
   - *k) Haus-Maus*
   - *l) Haus mit Mäusen*
4. *Wenn beim Menschen einzelnen Zellen und auch der gesammte Organismus als lebende Systeme eingestuft werden, muss dann nicht auch die Erde und das Weltall als lebendes System anerkannt werden?*

für die gehobene Anspruchsebene:

5. *Benennen und erläutern Sie den abgebildeten Vorgang!*

provokante Frage für FREAKS:

6. *Stellt Gott (wenn er denn existiert) ein lebendes System in unserer Welt dar?*



0.2.2. weitere und besondere biotische Strukturen

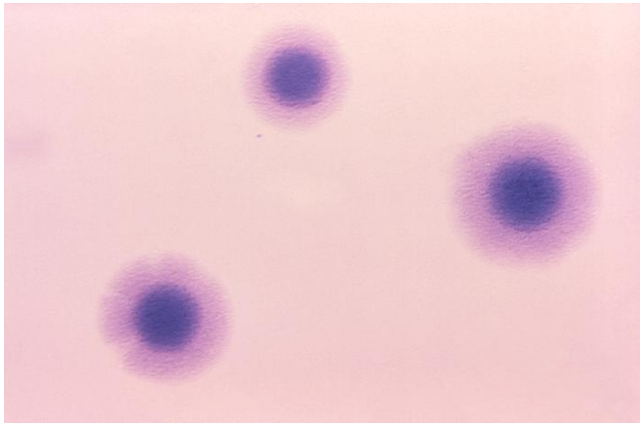
Während die Viren – zumindest im engeren Sinne – nicht zu den lebenden Objekten zählen, haben die folgenden Strukturen alle üblichen Merkmale des Lebens. Rickettsien, Mycoplasmen und Chlamydien parasitieren an oder in anderen (eucytischen) Zellen. In ihrer evolutionären Entwicklung haben sie die eine oder andere biochemische oder Lebens-Funktion verloren oder reduziert. Ein Überleben wurde dann (nur noch) durch eine parasitäre Lebensweise möglich oder eben effektiver möglich.
Prinzipiell könnten wir die genannten Mikroorganismen auch später direkt bei den Procyten besprechen. Sie spielen aber in der Schul-Biologie eine sehr untergeordnete Rolle. Dies ist vor allem ihrer extravaganten und parasitischen Lebensweise geschuldet. Da sie quasi die untere Grenze des Lebens darstellen, besprechen wir sie lieber hier bei der Diskussion des Themas "Leben".

Aufgaben:

1. ***Informieren Sie sich – z.B. auf den nachfolgenden Seiten – über Mykoplasmen, Rickettsien und Chlamydien!***
2. ***Überprüfen Sie für jede Gruppe, ob sie im Sinne der Definition des Lebens zu den echten biologischen Objekten gezählt werden können bzw. dürfen!***

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

0.2.2.1. Mykoplasmen



Mykoplasmen
Q: www.cdc.gov (Arum + Jacobs)

Das auffälligste Merkmal der Mykoplasmen ist die fehlende Zellwand. Sie sind also mit der GRAM-Färbung nicht zu charakterisieren.
Die deutsche Bezeichnung ("Mykoplasmen") deutet auf eine Pilz-artige Verwandtschaft hin. Der Wortstamm "plasma" wird häufig für wandlungsfähige oder bewegliche Objekte verwendet. Man spricht auch von einer pleomorphen (veränderlichen) Gestalt.
Ihr wissenschaftlicher Klassen-Name *Mollicutes* (in der Skript-eigenen Schreibung also *(c) Mollicutes;* → Taxonomische Ebenen:) bedeutet soviel wie "weichhäutig".
Mykoplasmien können auch außerhalb ihrer Wirtzellen leben, für die erfolgreiche Vermehrung sind sie aber auf viele Stoffe und das Millieu der Wirtszellen angewiesen. Besonders Fettsäuren, Aminosäuren und Nucleotide werden aus der Wirtzelle entnommen. Sie sind also Parasiten oder auch Kommensalen ("Mitesser"). Ihre Energie-Versorgung erfolgt aerob bis fakultativ anaerob.
Da sie als Parasiten viele Stoffwechsel-Vorgänge nicht mehr durchführen (können), benötigen sie auch nur eine kleinere Anzahl an Genen, als vergleichbare andere Zellen. Die meisten Gene sind wahrscheinlich in der Evolution nach und nach verloren gegangen und damit die Bindung an die Wirtszellen verstärkt worden. Man spicht von einer degenerativen Evolution (abweichende, zerstörendende, Verlust-bestimmte Evolution).
Mykoplasmen sind für viele Erkrankungen beim Menschen bzw. bei Tieren verantwortlich. Hier seien z.B.:

- die von *(s) Mykoplasma pneumoniae* hervorgerufene atypische Pneumonie (Lungen-Entzündung), Mittelohr-Entzündung und Meningitis (Hirnhaut-Entzündung)
- die Harnröhren-Entzündung (verursacht durch *(s) Mycoplasma genitalium*)

und ev. auch

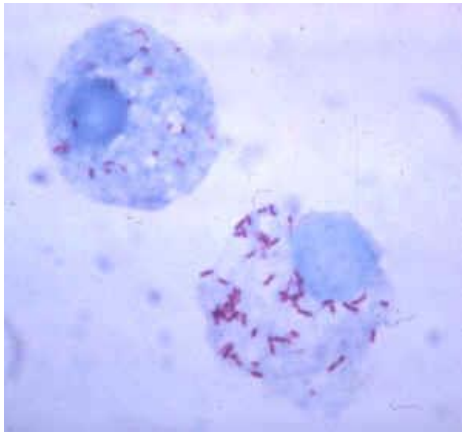
- das Chronische Erschöpfungs-Sydrom (CFS, chronic fatigue syndrome)

genannt.
Gegenüber Antibiotika sind sie deutlich weniger empfindlich als andere Bakterien oder die im Folgenden beschriebenen biotischen Strukturen. Das liegt daran, dass die populären Antibiotika, wie z.B. die Penicilline, eigentlich den Aufbau der Zellwand als Angriffs-Punkt haben. Da Mykoplasmien aber nicht über eine solche Umhüllung verfügen, sind die biochemischen Wirkungen durch solche Antibiotika sehr begrenzt.
Der Nachweis von Mykoplasmen erfolgt über genetische Methoden (Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR)) oder spezielle Nährböden. Die Nährböden sind dabei so präpariert, dass nur (spezielle) Mykoplasmen darauf überleben können.

Aufgabe:

Wie müsste so ein Nährboden für Mykoplasmen ausgestattet sein, wenn man üblicherweise mit Proben arbeitet, die sowohl Bakterien als auch Mykoplasmen enthalten könnten? Begründen Sie Ihre Zusammenstellung!

0.2.2.2. Rickettsien



Rickettsien (gefärbt) in Wirtszellen
Q: de.wikipedi.org (US CDC (DO11.10))

Eigentlich müßte man RICKETTSien schreiben, denn die erste Art dieser Bakterien-Gruppe wurde von Howard Tayler RICKETTS entdeckt. Er untersuchte das "Rocky Mountain"-Fleckfieber und fand die verdächtigen Mikroorganismen im Blut infizierter Menschen sowie in verschiedenen Vieh-Zecken. Er infizierte sich später selbst bei der Arbeit mit den Keimen und starb dann am Fleckfieber.
Der Name ist mitlerweise so in den biologischen Sprachgebrauch übergegangen, dass man ihn kaum noch mit dem Entdecker in Zusammenhang bringt.
Rickettsien sind GRAM-negativ und sehr vielgestaltig (polymorph). Sie sind rund 100 nm dick und können bis 10 µm (10'000 nm) lang werden. Das Formen-Spektrum reicht von der (runden) Kokken-Form bis zu ovalen Stäbchen.
Trotz ihrer engen Verwandtschaft zu den Bakterien bilden sie keine Sporen.
Sie leben parasitisch in tierischen Zellen und verfügen über einen eigenen vollständigen Stoffwechsel. Trotzdem können sich nur innerhalb der Wirtzelle durch Quer-Teilung vermehren. Das Cytoplasma der Wirtszelle ist ihr normaler Lebensraum (od. auch Lebens-Milieu genannt).
Die Freisetzung der Rickettsien aus der Wirtzelle erfolgt durch Exocytose (→ Exocytose:). Es kann aber auch zur Auflösung (Lyse) der Wirtzelle kommen.
Beim Eindringen bildet sich ein Komplex aus einem Bakterien-eigenen Protein (rOmpB; in dessen Zellwand) und einem Protein des $Wirt_S$. Seltsamerweise ist es ein Protein (Ku70), dass eigentlich nur im Zellkern vorkommt. Irgendwie gelangt es aber auch zur Zellmembran der Wirtzelle und hilft der Rickettsie beim Eindringen. Das Protein wird als "molekulare Handlanger" bezeichnet, da es quasi die eigene Zelle "verrät" und den Feind eindringen "läßt". Als Leser sollten Sie das Ganze gelassen sehen. Das Protein hat kein Bewußtsein und damit kann es auch nicht verantwortlich oder ein Verräter sein. Vielmehr nutzt die Rickettsie einfach eine evolutionäre Schwachstelle der Wirtszelle aus. Auch das tut sie nicht bewußt, es haben sich diejenigen Rickettsien durchgesetzt, die diesen Schwachpunkt durch eine zufällige Mutation "gefunden" haben.
Das genetische Material der Rickettsien ist dem der Mitochondrien eines bestimmten eucytischen Einzellers sehr ähnlich. Dieser Einzeller (*(s) Reclinomonas america)* hat in seinen Mitochondrien das bisher größte bekannte Genom (Gesamtheit des genetischen Materials). Man nimmt nun an, dass sich in diesen Einzellern das ursprüngliche genetische Material der Mitrochondrien am besten erhalten hat. Mit Hilfe der Ähnlichkeit der Genome der procytischen Rickettsien und der Mitochondren einer sehr einfachen Eucyte kann man die Endosymbionten-Theorie (→ 2.7. Zellorganellen) stützen. Diese versucht zu erklären, wie scheinbar ohne große evolutionäre Zwischenstufen Eucyten z.B. mit Mitochondrien entstehen konnten. Die Beweiskraft wird noch dadurch unterstützt, dass auch Rickettsien innerhalb von Eucyten leben.
Neben dem "Rocky Mountain"-Fleckfieber werden auch andere fiebrige Erkrankungen von Rickettsien verursacht. Dies sind z.B.:

- das Zecken-Biss-Fieber (nicht zu verwechseln mit der Borreliose und der FSME (Frühsommer-Hirnhaut-Entzündung)
- die Rickettsien-Pocken

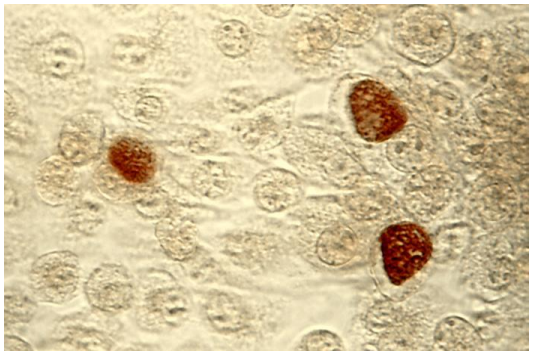
und

- die BRILL-ZINSSER-Krankheit (epidemisches Fleckfieber).

Der infizierte Körper versucht sich durch Temperatur-Erhöhung (Fieber) der infektiösen Mikroben zu entledigen. Rickettsien-Infektionen lassen sich durch Antibiotika gut behandeln. Infektiöses Material kann durch kurzzeitiges Erwärmen auf 50 °C Rickettsien-frei gemacht

werden. Zur Desinfektion von Flächen oder Instrumenten können die üblichen Desinfektionsmittel genutzt werden.

0.2.2.3. Chlamydien



Chlamydien (braue Einschlußkörperchen)
in einer McCOY-Zellkultur
Q: de.wikipedi.org (US CDC (Marcus007))

Chlamydien zählten früher (bis 1960) wegen ihrer Größe zu den Viren. Da sie aber eine zelluläre Struktur besitzen, ordnet man sie heute in die Eubakterien ein. Sie besitzen zwar einen eigenen Stoffwechsel – es fehlt ihnen aber eine eigene ATP-Produktion. Um ihren Energie-Bedarf (ATP) zu decken, leben sie parasitär in Tier-Zellen.
Ihre relativ dünne Zellwand hat keine Peptidoglykane (also kein Mureïn), obwohl sie biochemisch die Möglichkeit (also das Enzym-Besteck) dazu hätten. Stattdessen sind verschiedene Proteine und Lipopolysacharide Zellhüllen-bildend.
Außerhalb von Zellen sind sie inaktive Elementar-Körperchen (EK). EK haben eine Größe, die zwischen 200 und 400 nm liegt. Sie infizieren die Wirts-Zellen. Im Wirt wandeln die EK's sich zum Retikular-Körperchen (RK). In dieser Form sind sie aktiv und betreiben ihren eigenen Stoffwechsel. Durch spezielle Proteine verhindern sie, dass die Lysosomen (der Wirtzellen) sie als Fremdkörper erkennen und zerstören können. Während des späteren Absterbens der Wirtszelle wandeln sie sich vom RK zum EK und werden dann beim Zell-Zerfall frei, um wieder andere Zellen zu infizieren.
Chlamydien werden nach ihrem serologischen Test-Verhalten in Serovare-Gruppen eingeteilt. Die Tests beziehen sich auf periphere Proteine in der Zell-Membran bzw. –Zellwand. Der Nachweis erfolgt mit fluoreszierenden Antikörpern (Immunfluoreszenz-Verfahren). Heute sind auch DNA-Analysen möglich. Dazu wird das genetische Material mittels Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR; Polymerase Chain Reaction (→ 🕮 **Genetik**)) vervielfacht und dann identifiziert.
Die Art *(s) Chlamydia trachomatis* besitzt ein recht großes Gesundheits-gefährdendes Potential gegenüber uns Menschen. *(s) Chlamydia trachomatis* (Serovare A bis C) ist besonders für Hornhaut- und Bindehaut-Entzündungen des Auges verantwortlich. Weltweit sind sie praktisch die häufigste Ursache für Erblindungen.
Daneben befallen Chlamydien der Serovare D bis K auch Zellen der Atemwegs-Schleimhäute. Sie können ebenfalls in den Zellen der Ei-Leiter leben. Dort erzeugen sie u.U. schwerwiegende Entzündungen, die auch zur Unfruchtbarkeit führen können (Eileiter verkleben und lassen kein Ei mehr passieren). Für Frauen im Alter von 17 bis 25 ist deshalb ein jährliches Screening im Leistungskatalog der Krankenkassen enthalten. Minderjährige (sexuell-nichtaktive) Mädchen sind zu 5 % infiziert. In großen Städten und mit Sexual-Kontakten steigt die Durchseuchung auf über 10 %.
Durch Sexual-Kontakte können ebenfalls die Serovare L1 bis L3 übertragen werden. Sie parasitieren in Lymphknoten-Zellen. Dort verhindern sie dann die Bewegung bzw. den Abtransport der Lymphe und bewirken u.U. große Schwellungen an den Beinen.
Chlamydien stehen im Verdacht durch ihre Übertragung und oder ihr Vorhandensein andere Virus- und Bakterien-Infektionen zu fördern.
Wegen ihrer intrazellulären Lebensweise in der Wirtszelle sind Chlamydien nur schwer nachweisbar. Dies führt ev. zu einer schwer möglichen oder verzögerten Diagnose und Behandlung. Sie lasssen sich aber gut mit Antibiotika behandeln. Resistenzen dagegen treten zum Glück nur relativ selten auf.

Eine weitere wichtige Art ist *(s) Chlamydia pneumoniae*. Diese sind sogar noch häufiger verbreitet als *C. trachomatis* und bewirken z.B. chronischen Husten, können aber auch für Herz-Erkrankungen (Arterioskerose) verantwortlich sein.
Als Verursacher für die Papageien-Krankheit (Ornithose) gilt *(s) Chlamydia psittaci*.

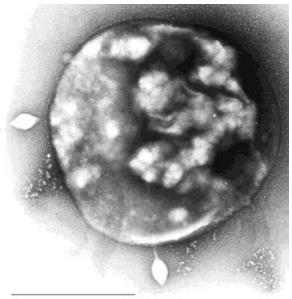
0.3. Einteilung der Organismen

Lange folgte man bei der Einteilung der Lebewesen den Arbeiten von Ernst HAECKEL. Er postulierte 1894 drei große Reiche (Animalia (Tiere), Plantae (Pflanzen) und Protista (hier gemeint: Mikroorganismen)). Schon bald kam es zu einer intensiven Diskussion über diese Einteilung, da es mit einzelnen Organismengruppe massive Zuordnungsprobleme gab. Ein Beispiel hierfür waren die Pilze. Die meisten Menschen würden die Pilze intuitiv den Pflanzen zuordnen. Dazu passen zwar der Bau der Zelle mit einer Zellwand, aber diese besteht aus einem völlig anderen Stoff, als bei den anderen Pflanzen. Der heterotrophe Stoffwechsel der Pilze würde eine Zuordnung zu den Tieren verlangen. Diesem würde aber wieder die fehlende Fortbewegung widersprechen.

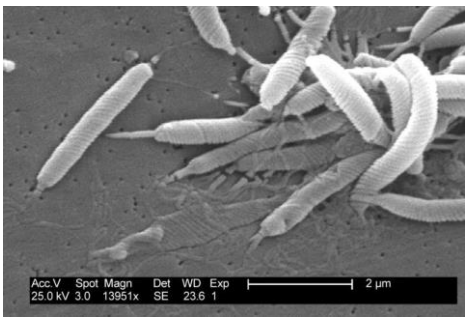
Anfänglich wurde ausschließlich nach morphologischen, später dann auch nach anatomischen Merkmalen klassifiziert.
Mit der modernen Biologie kamen noch biochemische, genetische und immunologische Kriterien dazu, bzw. nahmen einen immer größeren Einfluß auf die Einteilungen.
Durch solche Spezialkenntnisse konnte man z.B. nun auch Aussagen zum ungefähren Zeitpunkt der Trennung / Herausbildung von Merkmalen und Organismengruppen machen.
Geologie und Paläonthologie ermöglichen dann einen Abgleich (Zeitalter, Reihenfolge) mit den biologischen Theorien.
Heute kennen wir viel mehr Organismen(-Gruppen) und auch die einzelnen Vertreter besser. Nach vielen wissenschaftlichen Entwicklungen und Diskussionen kristallisiert sich derzeit so eine Art breit getragener Kompromiß heraus. Über die Reiche setzt man nun noch eine weitere Kategorie – die Domäne. Die Domänen heißen Prokaryota (Prokaryonta, Procyta) und Eukaryota (Eukaryonta, Eucyta). Als Unterscheidungsmerkmale nutzt man den Zellbau und dabei besonders die Herausbildung eines (echten) Zellkerns. Die Prokaryoten haben eine Vorkern, was auch hinter dem Namen Prokaryot steckt. Die Cytologen nennen den Vorkern lieber Kern-Äquivalent. Eukaryoten haben einen echten Zellkern.
Die Kategorisierung in Domänen (1990) stammt vom amerikanischen Mikro- und Evolutions-Biologen Carl R. WOESE (1928 – 2012). Als Organismen-Reiche hatte er schon 1977 kategorisiert:

- **Archaebacteria** (Archaeobakterien, Archaea)
- **Eubacteria** (Echte Bakterien)
- **Protista** (hier gemeint: ein- bis wenigzellige Eukaryota (Algen, Schleimpilze, Protozoen))
- **Plantae** (Pflanzen, Flora)
- **Fungi** (Pilze)
- **Animalia** (Tiere, Fauna, Regnum Animale)

Dieser Einteilung in sechs Reiche werden wir in unseren Skripten auch weitgehend folgen.



Archaeabacteria: Sulfolobus
Q: de.wikipedia.org ((Xiangyux)



Eubacteria:
Helicobacter pylori (SEM-Aufnahme)
Q: de.wikipedia.org (Janice Carr (www.cdc.gov))



Protista (Protozoa):
Thekamöbe aus der Gattung Euglypha
Q: de.wikipedia.org (Dr. Eugen Lehle)



Plantae: Sonnenblume

Ganz moderne Wissenschaftler fassen die Archaeobacterien und die Eubakterien nun wieder zusammen (Thomas CAVALIER-SMITH; 1998) und teilen dafür die Protisten in eine autotrophe (Chromista) und eine heterotrophe Gruppe (Protozoa). Und die Diskussion ist noch nicht zu Ende …!
Da für Einsteiger das Gesamtsystem doch schwer zu überblicken ist und auch bei wenig Übung eine Erkennung der Kategorisierungs-Ebene ein großes Problem ist, benutzen wir in unseren Skripten ein kleines Hilfssystem. Es besteht aus kleinen geklammerten Vorsätzen, die eine Abkürzung für die Kategorieebene enthält:



Fungi: Violetter Rötelritterling



Animalia: Haushuhn

Taxonomische Ebenen:

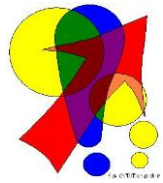
Taxon (deutsch)	**interne Abk.**	**Taxon (wiss.)**	**Namens-Endung**			**internat. empf. Abk.**	**interne Abk.**
			Pflanzen Algen	**Pilze**	**Tiere**		
Domäne	(D)	domain					(do)
Reich	(R)	regnum	*-ota*				(r)
Abteilung	(Ab)	diverso	*-phyta*	*-mycota*			(di)
Stamm	(S)	phylum					(p)
Klasse	(K)	classes	*-opsida* *-phyceae*	*-mycetes*		*cl.*	(c)
Ordnung	(O)	ordo	*-ales*			*ord.*	(o)
Familie	(F)	familia	*-aceae*			*fam.*	(f)
Gattung	(G)	genus				*gen.*	(g)
Art	(A)	species				*sp.*	(s)

In vielen Gruppen gibt es dann noch Unter-… bzw. Über-Taxone Wir kennzeichnen solche Unter- und Über-Ordnungen durch ein nachgestelltes – bzw. +. Eine Überabteilung bekommt somit die Kennung (Ab+) für die deutschen bzw. (di+), wenn die wissenschaftlichen Namen verwendet werden.

zusätzlich benutzte taxonomische Ebenen:

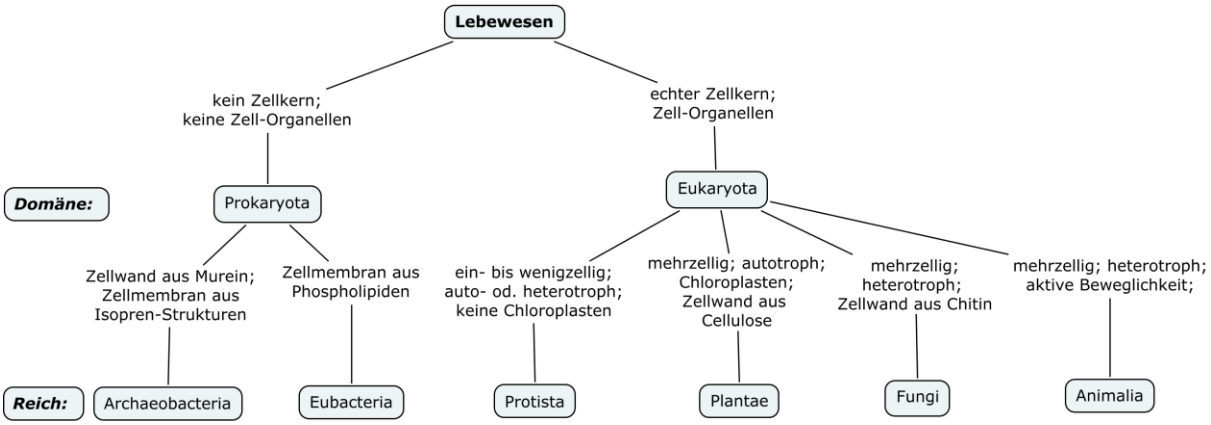
Taxon (deutsch)	**interne Abk.**	**Taxon (wiss.)**	**Namens-Endung**			**internat. empf. Abk.**	**interne Abk.**
			Pflanzen Algen	**Pilze**	**Tiere**		
Unterreich	(R-)	subregnum	*-bionta*				(r-)
Unterabteilung	(Ab-)	subdiverso	*-phytina*	*-mycotina*			(di-)
Unterklasse	(K-)	subclasses	*-idae* *-phycidae*	*-mycetidae*			(c-)
Unterordnung	(O-)	subordo	*-ineae*				(o-)
Unterfamilie	(F-)	subfamilia	*-oideae*				(f-)
Tribus Übergattung	(T) (G+)	tribus	*-eae*			*tr.*	(t) (g+)
Subtribus	(T-)	subtribus	*-inae*				(t-)
Section						*sect.*	
Serie						*ser.*	
Unterart	(A-)	subspecies				*subsp.*	(s-)
Varietät	(V)					*var.*	(v)
Form						*fo.*	(v-)

Die Namen von Organismen werden weitesgehend kursiv gesetzt, wenn sie als solche nicht schon normales Element des Sprachgebrauches oder des Allgemeingutes sind.



Noch ein kleiner Hinweis: Die wissenschaftlichen Organismen-Namen sind **nicht** lateinisch. Sie können sowohl der lateinischen oder griechischen Sprache entstammen, aber auch aus völlig anderen Sprachstämmen abgeleitet sein. Der Name des erstbeschreibenden Wissenschaftlers bzw. seine Abkürzung (z.B. L. für LINNÈ) folgt der Gattungs- und Artbenennung. Sie gehört zum exakten wissenschaftlichen Namen dazu.

Die Unterteilung in die verschiedenen Gruppen ist immer an das Vorhandensein (oder die Abwesenheit) bestimmter Merkmale gebunden. Unter Verwendung dieser Merkmale kann man sich schrittweise von ganz oben im Taxonomischen System bis nach unten zur einzelnen Art vorarbeiten. Dieses Prinzip nutzen auch die Bestimmungsschlüssel für die einzelnen Arten bzw. den übergeordneten Kategorien. Genau die Merkmale werden dann abgefragt.



Anders herum kann man bei Kenntnis der Taxone auf das Vorhandensein (oder die Abwesenheit) bestimmter Merkmale schließen. Dies vereinfacht die wissenschaftliche Arbeit deutlich.

Weiss man z.B., dass ein Lebewesen zu den Pilzen (Fungi) gehört, dann hat jeder Biologe im Hinterkopf, dass es sich um ein (echt) mehrzelliges Objekt mit einer Zellwand aus Chitin und einem heterotrophen Stoffwechsel handelt. Da es sich um ein mehrzelliges Lebewesen handelt, muss es auch aus Zellen bestehen

Für den nebenstehend abgebildeten und wohl allgemein bekannten Siebenpunkt-Marienkäfer sind auf der nächsten Seite eine Auswahl charakterisierender Merkmale und taxonomischen Gruppen zusammengestellt. Vielleicht wird dadurch die Sinnhaftigkeit der Taxonomie deutlich:



Q: de.wikipedia.org (Jon Sullivan (PD-PDphoto.org))

Beispiel:
(A) Marienkäfer (Siebenpunkt)
engl.: Ladybird, Ladybug

(s) Coccinella septempunctata L.

L. .. LINNÉ bzw. LINNAEUS

Taxom	deutsche Bezeichnung	wissenschaftliche Bezeichnung	Merkmale / beschreibende Kriterien (Auswahl)
Domäne	*(D) Eukyoten, Eukaryonten, Echtzeller*	*(do) Eukaryota, Eukaryonta, Eucyta*	echte Zellen mit (echtem) Zellkern und Zell-Organellen (z.B. Mitochondrien, Chloroplasten, …)
Reich	*(R) Tiere*	*(r) Animalia*	heterotropher Stoffwechsel, aktive Fortbewegung
Unterreich	*(R-) Mehrzeller*	*(r-) Metazoa*	mehrzelliger Organismus
Abteilung	*(Ab) Echte Mehrzeller*	*(di) Eumetazoa*	differenzierte Zelle mit verschiedenen Funktionen
Unterabteilung	*(Ab-) Zweiseitigsymetrische*	*(di-) Bilateria*	spiegelsymetrischer Bau bezüglich der Längs-Achse, besitzen linke und rechte Körper-Seite
Überstamm	*(S+) Urmünder*	*(p+) Protostomia*	bei der Gastrulation (Becher-Keim-Bildung) wird die Einstülpung zum ursprünglichen Mund (Maul)
Stamm	*(S) Gliederfüßer, Kerbtiere*	*(p) Arthropoda*	gegliederte Füße; Außenskelett aus Chitin
Gruppe	*(Gr) Mandibelnträger*	*(gr) Mandibulata*	besitzen Mandibeln (linke und rechte Beiß-Werkzeuge)
Unterstamm	*(S-) Tracheenatmer*	*(p-) Tracheata*	besitzen Tracheen als Atmungs-Organe
Klasse	*(K) Insekten, Sechsfüßer*	*(c) Insecta, Hexapoda*	besitzen 6 Beine
Unterklasse	*(K-) Geflügelte*	*(c-) Pterygota*	haben Flügel (ev. auch nur verstümmelt)
Überordnung	*(O+) Neuflügler*	*(o+) Neoptera*	
ohne Kat.	*(O*) (mit vollständiger Metamorphose)*	*(o*) Holometabola*	machen eine vollständige Metamorphose durch (Ei – Larve – Puppe – Tier)
Ordnung	*(O) Käfer*	*(o) Coleoptera*	gepanzertes (sehr hartes) Außen-Skelett
Teilordnung	*(O_) Rüsselkäfergebaute*	*(o_) Cucujoiformia*	Mundwerkzeuge Rüssel-förmig (ähnlich, wie bei den Rüsselkäfern)
Unterordnung	*(O-) Vielfresser*	*(o-) Polyphaga*	fressen von verschiedenen Nahrungs-Quellen
Familie	*(F) Marienkäfer(-ähnliche)*	*(f) Coccinellidae*	gepunktete Käfer (Käfer-Bautyp: Marienkäfer)
Unterfamilie Familienreihe	*(F-)*	*(f-) Clavicornia*	
Gattung	*(G) Marienkäfer*	*(g) Coccinella*	Namensgebende Gattung dieser Familie (typische / verbreitete / häufige Gattung)
Art	*(A) Siebenpunkt-Marienkäfer*	*(s) Coccinella septempunctata*	rote Flügel-Decken mit insgesamt 7 schwarzen Punkten

Gr .. Gruppe

0.4. Evolution

Was soll denn bitte Evolution jetzt hier in der Cytologie?
Häufig taucht in den Kursen (📖 **Stoff- und Energiewechsel, Neurophysiologie, Genetik**) die Frage auf, warum muss alles in der Biologie so kompliziert sein?
Aber diese Frage verkennt den Kern der Biologie.
Ganz nach DOBZHANSKY macht alles nur Sinn, wenn man die Evolution der biologischen Objekte und Prozesse beachtet.
Die Frage bei allen Dingen in der Biologie ist immer, bringt dies oder jenes einen Vorteil gegenüber den Konkurrenten?

> Nichts in der Biologie ergibt Sinn, außer im Licht der Evolution.
> (Nothing in biology makes sense except in the light of evolution.)
> Th. DOBZHANSKY (1973)

Alle biologischen Bildungen und Prozesse sind Energie-aufwändig. Jeder Organismus, der etwas sparsamer mit der verfügbaren Energie oder andere Ressourcen umgeht oder mit der Energie bzw. eben den Ressourcen effektiver umgeht, ist im Vorteil. Er hat die bessere Chance zu überleben, sich gegen Feinde und Krankheiten durchzusetzen und mehr Nachkommen zu zeugen. Und nur darum geht es! Ob die Vorgänge oder die Bestandteile dabei sinnig gestaltet sind, spielt keine Rolle. Ziel ist die beste Anpassung an die aktuell herrschenden Umwelt-Bedingungen. Da auch die Evolution nicht "weiss", welche Bedingungen morgen herrschen, gibt es keinen Plan. Es bleibt einfach die Frage, ist der derzeitige Organismus auch Morgen noch gut angepasst. Wenn Ja, dann geht die Evolution weiter, ansonsten ist sie für dieses biologische Konstrukt zu Ende.
Mit menschlichen Kriterien kann man biologische Sachverhalte nicht wirklich bewerten. Manches reden wir uns schön, aber das ist eben menschlich. Wir brauchen noch einen Sinn des Leben's. Der ist in der Philosophie nur sehr schwulstig zu erklären, in der Biologie wird er ganz einfach erklärt: "Erhaltung der eigenen Art". Punkt – Ende!
In der Natur ist es so, dass die Arten immer deutlich **mehr Nachkommen** bilden, als für ihre eigene Erhaltung notwendig ist. Durch **Mutationen** und **Rekombination** (→ 📖 **Genetik**) haben die Nachkommen immer kleine oder größere **Unterschiede in den Merkmalen**. Die umgebende Natur (Fressfeinde, Konkurrenten um die Nahrung, Konkurrenz um die Fortpflanzungs-Partner) ergibt sich eine bessere Chance zum Überleben und Fortpflanzen, wenn die Gene besser zur aktuellen Umwelt-Situation passen. Schlechtere Gene bewirken eine höhere Wahrscheinlichkeit, dass solche Organismen gefressen oder krank werden oder keine Fortpflanzung realisieren können. Wir sprechen von einer **natürlichen Auslese**.
Die genauen Vorgänge werden dann später besprochen (→ 📖 **Evolution** → synthetische Theorie).
Wenn wir also ungewöhnliche und scheinbar unerklärliche Dinge in der Biologie vorfinden, dann müssen wir immer nach der evolutionären Entstehungsgeschichte (Phylogenie) und der Anpassungs-Möglichkeit fragen. Dann finden wir auch den verborgenen "Sinn" dieser Dinge.

1. Bau der Zelle

Die Zelle ist das Grundelement aller Lebewesen. Dieses Postulat stammt ursprünglich von Rudolf VIRCHOW (1821 – 1092). Er drückte es 1858 so aus: "Omnis cellula ex cellula" (dt.: Jede Zelle folgt aus einer Zelle). Schon 1838 stellte der Botaniker SCHLEIDEN die Zell-Theorie für Pflanzen auf, nachdem er in allen pflanzlichen Präparaten immer einen Bau aus Kasten-förmigen Strukturen festgestellt hatte. Ein Jahr später machte dann Theodor SCHWANN gleichlautende Aussagen für tierische Organismen.
Die Zell-Theorie sagt heute allgemein aus:

- die Grundeinheiten des Leben's sind Zellen
- alle Lebewesen sind aus Zellen augebaut
- Zellen entstehen nur wieder aus Zellen
- die heutigen Zellen stammen alle von einem gemeinsamen Vorgänger ab

Zellen können wenige Mikrometer (µm = 10^{-6} m) groß bis mehrere Meter lang sein. Typische Zellen werden mit 0,3 µm bis 0,1 mm ausgemessen.
Der äußere Bau ist meist unspektakulär. Mit den Augen kann man direkt kaum genauere Strukturen ausmachen.
Innere Details sind mit bloßem Augen fast gar nicht zu erkennen. Erst mit der Erfindung von optischen Instrumenten (Lupen und Mikroskope) kam es zu einer stürmischen Entwicklung der Zellbiologie (Zellenlehre, Zytologie, Cytologie; cytos = Zelle; logos = Wissen, Lehre).
Der Begriff Zelle leitet sich von cella und cellula ab, was Keller bzw. Kämmerchen bedeutet.
Die ersten Zellen wurden 1665 von Robert HOOKE bei der Untersuchung von feinen Schnitten (Spänen) vom Flaschenkork entdeckt. Das Mikroskop für die Beobachtungen baute er aus selbst-geschliffenen Linsen (Glas-Stücken).



Q: www.flickr.com (PROYECTO AQUA** / **WATER PROJECT)

Um 1680 beobachtete Anton VAN LEEUWENHOEK – ebenfalls mit einen selbst-gebauten Mikroskop – kleine Einzeller, Spermatozoen und größere Bakterien.
Die kleinsten Lebewesen bestehen aus genau einer einzigen Zelle. Sie werden gemein hin auch als Einzeller bezeichnet. Bei ihnen erfüllt die einzelne Zelle alle Merkmale des Lebens.
Erst mit der Entstehung von echten Mehrzellern kam es zur Funktions-Teilung, wobei es neben der exponierten Erfüllung bestimmter Funktionen auch zu einem Verlust einer Funktion kommen kann.
Bei echten Mehrzellern ist auch ein Verlust der Überlebensfähigkeit einer einzelnen Zelle zu beobachten, wenn diese aus dem Zell-Verband herausgelöst wird.
Als Zwischenstadium gibt es in der Natur auch Mehrzeller, bei denen alle Zellen zusammen als ein Organismus auftreten, aber jede einzelne für sich vollständig lebensfähig ist. Diese Gruppierung nennen wir dann Kolonie.



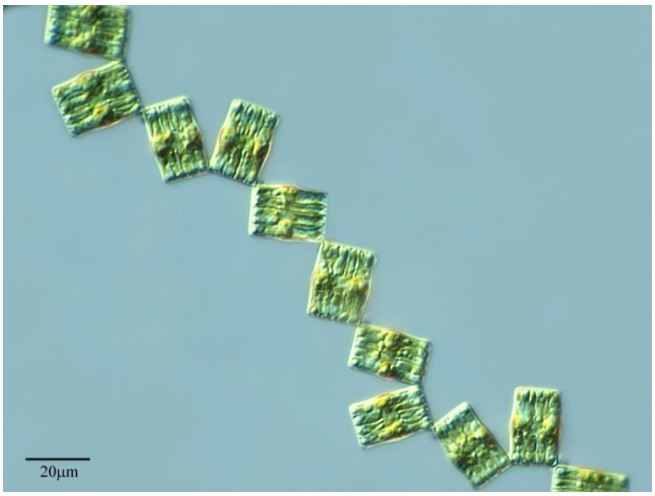
Q: www.flickr.com (PROYECTO AQUA** / **WATER PROJECT)



Q: www.flickr.com (PROYECTO AQUA** / **WATER PROJECT)

echter Einzeller

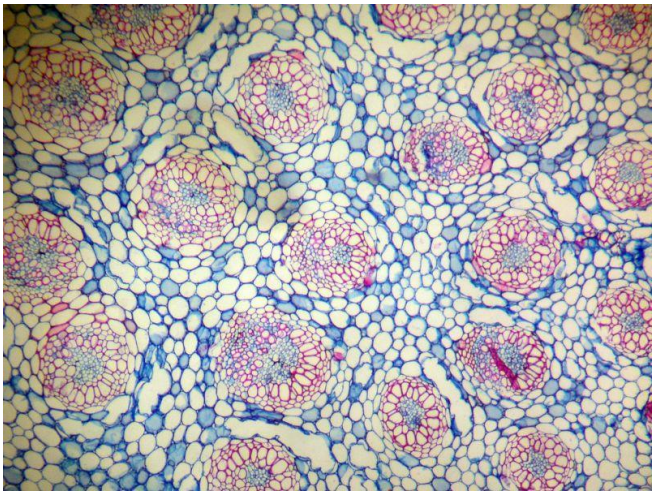
Lebewesen besteht nur aus einer einzigen Zelle, die alle Funktionen erfüllt.



Q: www.flickr.com (PROYECTO AQUA** / **WATER PROJECT)

(unechter) Mehrzeller
Kolonie von Einzellern

Lebewesen besteht aus mehreren Zellen, die meist gleich oder sehr ähnlich gebaut sind. Jede Zelle erfüllt für sich jede Funktion. Aggregation erfüllt übergeordnete Funktionen, wie z.B. Vergrößerung als Schutz gegen Fressfeinde.



Leitbündel- und Mark-Zellen aus dem Stengel einer Pflanze
Q: www.flickr.com (blssmbnn)

echter Mehrzeller

Sie bestehen aus vielen Zellen mit speziellem Bau und unterschiedlichen Funktionen / Aufgaben. Die einzelnen Zellen sind für sich nur begrenzt überlebensfähig und selten fortpflanzungsfähig.

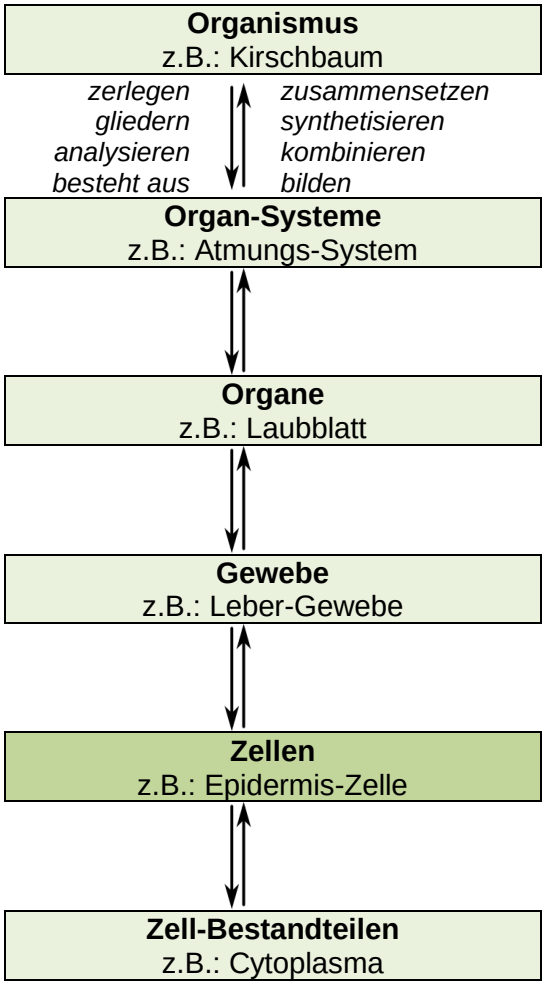
Bevor VIRCHOW seine These " Omnis cellula ex cellula " vertreten konnte, musste es erst noch einen Nachweis geben, dass Zellen niemals aus Dreck oder Boden – wie es viele Religionen behaupteten – entstehen können. Diesen Nachweis führte Louis PASTEUR zwischen 1854 und 1864 (→ Aspekte(n) biotischer Systeme).
Der deutsche Max SCHULZE kennzeichnete 1861 eine Zelle als ein "Klümpchen Protoplasma mit einem Kern".
Oskar HERTWIG erforschte die Entwicklung von Seeigel-Eiern. 1876 beobachtete er unter dem Mikroskop die Befruchtung dieser Eier.
In den folgenden 40 bis 50 Jahren wurden durch Verbesserung der Licht-Mikroskope und der Mikroskopiertechniken viele Zell-Bestandteile erkannt.
Einen enormen Schub erfuhr die Cytologie durch die Verfügbarkeit der ersten Elektronen-Mikroskope (Abk.: EM). Das erste baute Ernst RUSKA 1931.
Nach 1953 kamen dann die Raster-Elektronen-Mikroskope (REM) dazu. Mit ihnen kann man besonders Oberflächen oder Grenzflächen extrem gut beobachten.

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Bau (z.T. schematisch)	Größen-Angaben	Zelle	Bemerkungen
	D: 80 – 100 µm	zum Vergleich: menschl. Haar	
		Einzeller	
	L: 1 – 5 µm B, D: 0,5 µm	Escherichia coli Darm-Bakterium	
	D: 20 µm	Chlamydomonas	
	L: 55 – 170 µm	Euglena Augentierchen	
	L: 300 µm	Paramecium Pantoffeltierchen	
	200 – 600 µm	Amöbe	
		unechte Mehrzeller	
		Mehrzeller	
	20 µm	Kambrium-Zelle pflanzl. Bildungs-Gewebe-Zelle	
	D: L: → 55 cm	Faser-Zelle	pflanzl.
	L: 50 – 400 µm	Epidermis-Zelle	Zwiebel
	L: → 400 µm	Netztracheen-Zelle	pflanzl.
	D: 7,5 µm	Erythrocyt rotes Blutkörperchen	Mensch
	D: 12 µm	 weißes Blutkörperchen	Mensch
	30 µm	Leber-Zelle	Mensch
	L: 50 – 60 µm	Samen-Zelle	Mensch
	70 µm	Mund-Schleimhaut-Zelle	Mensch
	D: 200 µm	Ei-Zelle	Mensch
	Soma: D: 7 – 100 µm Axon: L: → 1 m	Nerven-Zelle	Mensch
	D: 80 – 100 µm	zum Vergleich: menschl. Haar	

Daten-Q: /33, S. 22/

Zum Erschließen der Zelle als Betrachtungs-Objekt, können wir uns aus zwei Richtungen annähern. Historisch geschah das ausgehend vom Organismus Schritt für Schritt in immer feinere Betrachtungs-Ebenen.
Bei Analysieren erkennen wir zuerst die Organ-systeme. Die moisten Mehrzeller bestehen aus mehreren Organ-Systemen. Häufig erkennen wir sie schon am Namen: Herz-Kreislauf-System, Nerven-System usw.
Im Allgemeinen besteht ein Organ-System aus mehreren Organen. Beim Herz-Kreislauf-System kennen wir das Herz und die Blut-Gefäße.
Organe bestehen wiederum aus unterschiedlichen Geweben.
Bis hier hin haben wir es auf jeder Stufe mit echten Systeme und ihren Unter-Systemen zu tun.
Bei Geweben ist diese nicht mehr so klar. Gewebe bestehen aus gleichartigen Zellen. Da ist eine über die Summe hinausgehende Leistung nicht wirklich zu beobachten. Bei einigen Geweben kann dies aber schon autreten. Denken wir z.B. an Muskel-Gewebe, wo aus einer einfachen Zell-Kontraktion eine gezielte Muskel-Bewegung wird.
Am Ende dieser Annäherung finden wir dann die Zelle.
Eine weitere Möglichkeit eine Zelle zu betrachten, ist die Synthese aus den Erkenntnissen der Beobachtungen auf der Ebene der Zell-Bestandteile. Ob dies wirklich Ziel-führend wäre, wage ich hier zu bezweifeln. Auch eine praktische Durchführung im Sinne einer Zusammenstellung einer Zelle aus funktionierenden Bestandteilen hört sich mehr nach Mary SHELLEY's Frankenstein an. Ich glaube nicht, dass man einem solchen Konglomerat einmal Leben einhauchen kann.



Aufgaben:

1. *Entwickeln Sie (in Anlehnung an das obige Schema) für einen ausgewählen Organismus zwei (zusammenhängende) Reihen bis hin zu den Zellen!*
2.
3.

1.1. Makroskopischer und lichtmikroskopischer Bau der Zellen

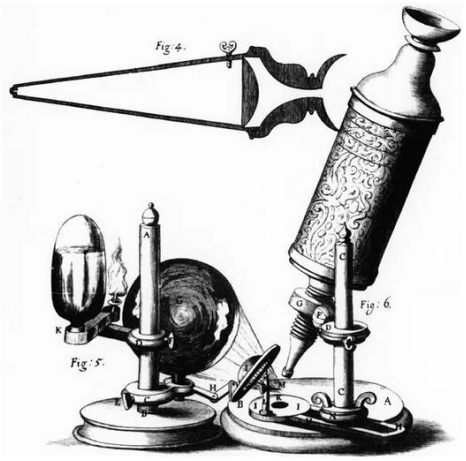
Die ersten Licht-Mikroskope (1590 Gebrüder JANSSEN) waren eher gute Lupen. Bei Vergrößerungen um das 50fache konnte man gerade größere Zellen und Mikroorganismen (z.B. Pantoffeltierchen (s) *Parameceum spec.*) beobachten. Mit heutigen Licht-Mikroskopen werden Auflösungen bis zum 1'000fachen und mehr erzielt. Objekte bis zu einer "Kleine" von 0,2 µm (= 0,2 * 10^{-6} m = 0,0002 mm) sind dann noch scharf abbildbar.

Diese sogenannte numerische Aperatur d_{min} wird durch die verwendete Wellenlänge des Lichtes λ, den Brechungs-Index des Mediums zwischen Präparat und Objektiv n und vom halben Öffnungs-Winkel des Objektivs α bestimmt. Es gilt die Formel:

$$d_{min} = \frac{0{,}6 \cdot \lambda}{n \cdot \sin \alpha} = \frac{0{,}6 \cdot \lambda}{A}$$

A .. Apertur, Öffnungsweite

Unser (unbewaffnetes) Auge kann – zum Vergleich – Punkte im Abstand von 0,2 mm exakt trennen.



Auflicht-Mikroskop, mit dem HOOKE seine Beobachtungen machte

so ungefähr könnte HOOKE die ersten Zellen gesehen haben
Feinschnitt vom Flaschen-Kork (Rinde der Kork-Eiche)

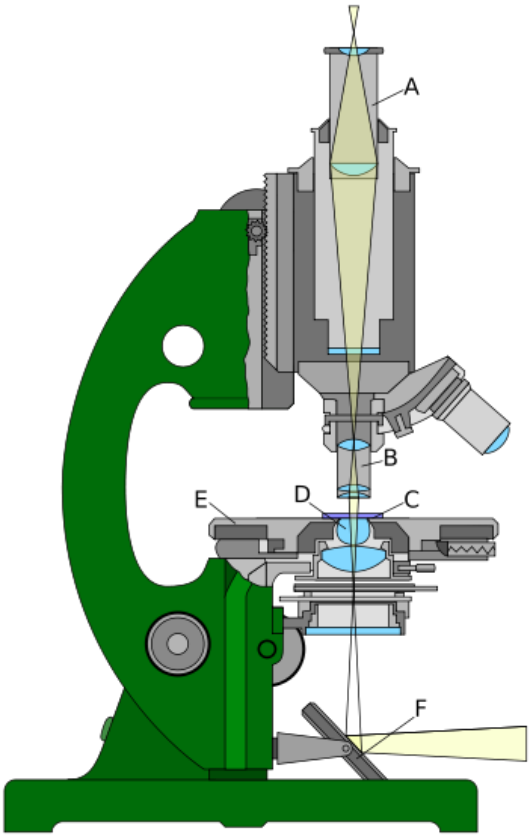
Der typische Aufbau eines Mikroskops ist in der nebenstehenden Abbildung ersichtlich. Das notwendige Licht wird über Spiegel (F) oder eine Lampe – an der gleichen Stelle – über die Beleutungsoptik (D) geleitet. Auf dem Objekttisch befindet sich das Objekt (C), welches bei der Durchlicht-Mikroskopie durchsichtig sein muss. Das Bild wird über Objektiv (B) und Okular (A) vergrößert.

Alle Linsen, (Umlenk-)Prismen und Spiegel werden zum optischen System zusammengefasst.

Bei Auflichtmikroskopen erfolgt die Beleuchtung von schräg oben. Mit solchen Geräten lassen sich dann vorrangig Oberflächen beobachten.

Mit Licht-Mikroskopen beobachtbare Teile in Zellen und einige unterschiedliche Zell-Typen werden im folgenden Kapitel kurz besprochen.

Der heute Wissensstand bezieht sich im Wesentlichen auf die Untersuchung von Zellen mit dem Elektronen-Mikroskop (→ 1.2. elektronen-mikroskopischer Bau der Zellen).



Q: de.wikipedia.org (Tomia)

Die wichtigen Detail-Informationen zu den bekannten Zell-Bestandteilen werden später dargestellt (→ 2. Bau und Funktion der Zellbestandteile).

Aufgaben:

1. *Bauen Sie das für Sie verfügbare Licht-Mikroskop auf und suchen Sie die oben genannten Bau- und Bedien-Teile!*
2. *Lassen Sie sich die Bedienung des Mikroskopes erklären und mikroskopieren Sie ein Dauer-Präparat! Probieren Sie die verschiedenen Einstellungsmöglichkeiten aus!*

für die gehobene Anspruchsebene:

3. *Berechnen Sie den noch beobachtbaren minimalen Abstand zweier Punkte für ein Objektiv mit einem halben Öffnungs-Winkel von ° bei einer Wellenlänge von 600 nm (grünes Licht) und dem Brechungs-Index 1,0 für das Medium zwischen Präparat und Objektiv!*

Links:

www.zeiss.com/labscope-teacher (Virtuelles Mikroskop (Software: ZEISS Labscope))
(Anleitung zum Präparieren, Färben, Mikroskopieren, Zeichnen und Kriterien zur Bewertung von Mikroskopischen Skizzen)

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Exkurs: Virtuelles Mikroskop – ZEISS Labscope

Quelle: www.zeiss.com/labscope-teacher
nach Download's suchen
für Version 2.9.1: download.zeiss.de/microscopy/labscope/labscope_v2_9_1_setup.exe
für Version 3.0.1: download.zeiss.de/microscopy/labscope/labscopeSetup_v3_0_1.exe

Installation läuft reibungslos.

Programm bringt 2 – praktisch identische – Bilder mit.

Lädt man ein Bild, dann springt dieses ständig hin und her. Leider ist kein Navigieren oder Stoppen möglich.

Man kann aber ein Photo machen und dann mit diesem Bild dann weiterarbeiten.

Um eigene oder fremde Bilder einzubringen, muss man den Ordner der Bilder suchen und kann dann dort hinein eigene Bilder (mehrere Datei-Typen () möglich) hineinkopieren.

Exkurs: Virtuelles Mikroskop – Virtual Microscope

Quelle / Link: virtual.itg.uiuc.edu

Projekt der "NASA Virtual Laboratory initiative"

Download: http://virtual.itg.uiuc.edu/software/
Bilder / Daten:

Heute sind in der Forschung mehrere neue Mikroskopie- und Visulisierungs-Techniken gebräuchlich. Sie verbessern unsere Sicht auf die Zelle, die inneliegenden Strukturen und die ablaufenden Prozesse (→ 1.1.3. mikroskopische Arbeitstechniken).

1.1.0. Einteilungs-Prinzip

Um Zellen zu unterscheiden lassen sich Unmengen von Kriterien benutzen. Als sehr sinnvoll hat sich dabei die Unterteilung der Zellen nach vorhandenem bzw. nicht vorhandenem Zellkern herausgestellt. Zellen mit einem echten Zellkern werden als **Eucyten** oder auch **Eukaryonten** und **Eukaryoten** bezeichnet. Die Vorsilbe ***eu*** steht dabei für ***echt*** bzw. ***gut***. Der Wortstamm ***cyte*** stammt aus dem Altgriechischen und bedeutet soviel wie ***Zelle*** oder ***Gefäß***. Die Stämme ***Karyont*** bzw. ***Karyot*** deuten auf die Nuss-artige Struktur des Zellkerns hin und meint in der Biologie den Zellkern selbst.
Zellen, die keinen (echten) Zellkern besitzen, verfügen über eine Kern-ähnliche Struktur, welche **Kern-Äquivalent** genannt wird. Da diese Zelle evolutionär die älteren sind und vor den Eucyten entstanden sind, werden sie als **Procyten** (**Prokaryonten**, **Prokaryoten**) bezeichnet. Die Vorsilbe ***pro*** kennzeichnet dieses auch so.

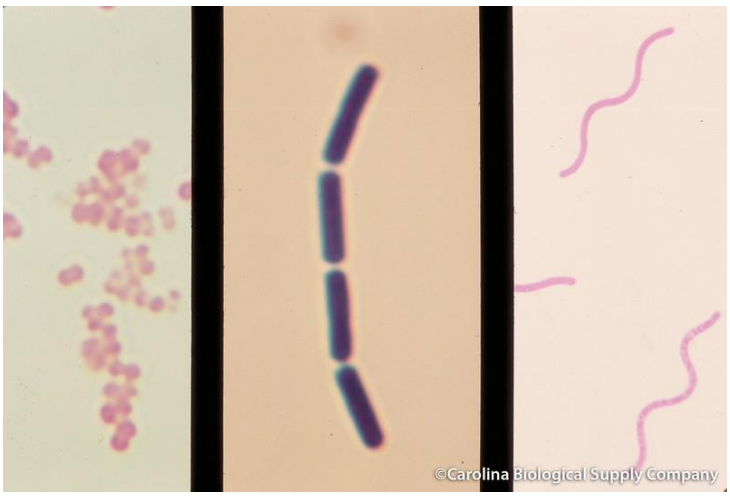
Aufgaben:

1. ***Geben Sie mindstens 5 Kriterien an, mit deren Hilfe man Zellen einteilen könnte! Vergleichen Sie Ihre Kriterien mit denen anderer Kursteilnehmer!***
2. ***Bewerten Sie die Eignung der Kriterien für wissenschaftliche Zwecke!***

1.1.1. Prokaryonten-Zelle, Prokaryoten-Zelle, Procyte

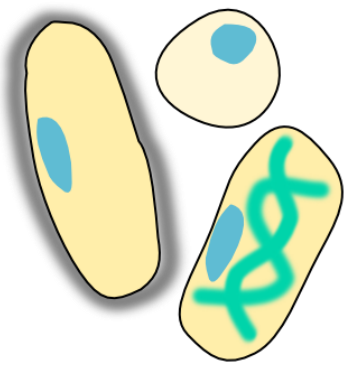
(Prokariot, Prokariont)

(ohne Zellkern; *(r+) Procaryota; (r) Bacteria (Bakterien + Blaualgen)*)

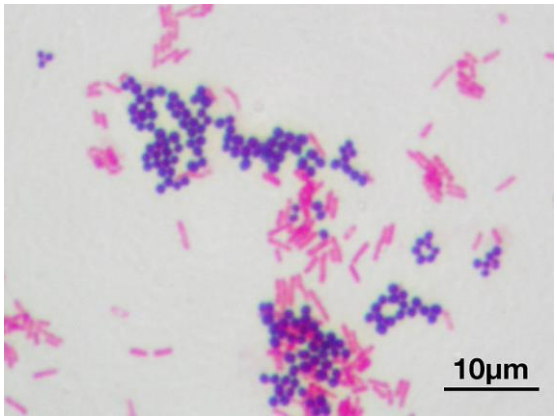


Procyten / Prokaryoten
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)

Alle Procyten sind Einzeller. Äußerlich sind sie sehr vielgestaltig. Betrachtet man nur die äußere Form, dann kennen wir Stäbchen-, Kugel- und Schraubenförmige Zellen.
Zu den Prokaryoten gehören die Bakterien. Blaualgen und die Archäen. Sie sind die einfachsten bekannten Zellen. Wegen ihres einfachen Baus und ihrer langen Stammes-Geschichte (rund 3,5 Mrd. Jahre) werden sie häufig auch als urtümliche Zellen bezeichnet.
Ihr Name "Prokaront" leitet sich vom Fehlen eines echten Zellkerns ab. Sie besitzen lediglich einen zum Zellkern gleichwertigen Bestandteil. Die Anhäufig ihres genetischen Materials wird **Kern-Äquivalent** genannt. Dem Kern-Äquivalent fehlt praktische eine Hülle (zum Vergleich: → 2.4. Kernäquivalent / Zellkern).
Aus evolutionärer Sicht stellt das Kern-Äquivalent eine Vorstufe (pro = griech.: erster, davor) zum echten Zellkern (caryon = griech.: der Kern, die Nuss) dar.



Der ebenfalls sehr häufig genutze Name "Procyte" bedeutet dementsprechend "Vorzelle" bzw. "Erste Zelle". Die Begriffe Procyte, Prokaryot, Prokaryont usw. können äquivalent benutzt werden. Sie beschreiben den gleichen Zell-Typ.
Procyten kommen in praktisch allen Lebensräumen vor. Lediglich die polaren Eiswüsten und zentrale Teile der heißen Wüsten sind frei von Bakterien und Archaen. Blaualgen gibt dort schon wegen des fehlenden flüssigen Wasser's. nicht
Man geht heute davon aus, dass Bakterien und Archäen weitesgehend eigenständige Entwicklungen durchgemacht haben. Sie unterscheiden sich z.B. schon wesentlich in der abgrenzenden Membran. Trotzdem scheint es in der evolutionären Entwicklung häufiger zum Gen-Austausch (horizontaler Gen-Austausch) zwischen den verschiedenen Organismen-Gruppen gekommen zu sein. Biochemisch gehören die Procyten zu den vielgestaltigsten und anpassungs-fähigsten Organismen-Gruppen. Praktisch gibt es kein biochemisches Problem, was nicht irgendwo und irgendwie von einer Procyten-Art oder –Gruppe gelöst wurde.
Bei systematischen Einteilungen (Taxonomie) werden Bakterien (und Blaualgen) von den Archäen (Archaeobakterien, Urbakterien) jeweils als eigenständige Domänen unterschieden. Die dritte Domäne sind dann die Eucyten, zu denen Pflanzen, Tiere und Pilze gehören.
Die Größe von Bakterien, Blaualgen und Archäen schwankt im Wesentlichen zwischen 1 und 10 µm (1 µm = 0,0001 mm = 0,000'000'1 m). Als Einzel-Objekte sind sie in guten Mikroskopen gerade so sichtbar. Zumeist sind Anfärbungen mit speziellen Farbstoffen notwendig, damit sie deutlich hervortreten. Die meisten Bau-Informationen sind erst mit der Entwickung der Elektronen-Mikroskopie (→ 1.2. elektronenmikroskopischer Bau der Zellen) zugänglich geworden.
Bakterien werden seit dem Ende des vorletzten Jahrhunderts primär nach der Anfärbbarkeit ihrer Zellwände eingeteit. Damals (1884) gelang es Hans Christian GRAM durch die Anfärbung mit verschiedenen Farbstoffen zwei verschiedene Gruppen von Bakterien zu charakterisieren. Die Gruppen werden entsprechend des Verlaufs des Anfärbe-Versuchs als GRAM-positive oder GRAM-negative benannt. Die Arten oder Gruppen von Bakterien, die sich mit der Färbung nach GRAM nicht klassifizieren lassen, werden als GRAM-variable und / oder GRAM-unbestimmte bezeichnet.



angefärbte Bakterien im Licht-Mikroskop
(Vergrößerung rund 1000x)
(rote GRAM-negative Stäbchen (*(s) Echerichia coli*)
und dunkelviolette GRAM-positive Kokken
der Art *(s) Staphylococcus aureus*)
Q: de.wikipedia.org (Y tambe)

Die Färbung nach GRAM hat sich besonders im medizinischen Bereich schnell durchgesetzt, da die Bakterien-Gruppen auf unterschiedliche Arten von Antibiotika ansprechen.
In gut organisierten Laboren oder direkt in der Arzt-Praxis kann man schon nach wenigen Minuten mittels GRAM-Färbung einen wichtigen Hinweis z.B. auf die Art der Krankheits-Erreger bekommen. Die genaue Charakterisierung im Spezial-Labor dauert mehrere Tage, was für eine Behandlung oft schon viel zu lang ist.
Auch in der Biologie hat sich die Einteilung nach GRAM als sehr gut geeignet herausgestellt.
Viele Bakterien lassen sich durch die Form und Farbe ihrer Kolonien unterscheiden. Dazu verwendet man spezielle Nähr-Lösungen oder –Platten. Auf diesen wachsen dann innerhalb weniger Stunden aus einzelnen Bakterien riesige Kolonien.
Eine noch speziellere Bestimmung von Bakterien erfolgt über ihre Stoffwechsel-Leistung. Da sie unterschiedliche Stoffe zum Leben brauchen und auch unterschiedliche Abfallstoffe (Stoffwechsel-Endprodukte) abgeben, kann man durch geeignete Nährmedien mit und ohne Indikatoren (z.B. speziellen Farbstoffen) eine gute Bestimmung durchführen. Für sehr genau Charakterisierungen benötigt man Elektronen-Mikroskope und spezielle Nachweismittel (z.B. Antigene, Farbstoffe, Enzyme (z.B. Aminopeptidase), Nano-Partikel, …).

Aufgabe:

Eine Zelle (z.B. Bakterium) kann sich innerhalb von 20 min einmal teilen. In ein Kultur-Gefäß mit einer Nähr-Lösung für Bakterien ist morgens zum Arbeitsbeginn ein einzelnes Bakterium gelangt (Verunreinigung). Im Gefäß herrschen optimale Lebendbedingungen für Bakterien.

Wieviele Bakterien würde man am Ende der Schicht (8 Stunden) in dem Gefäß vorfinden?

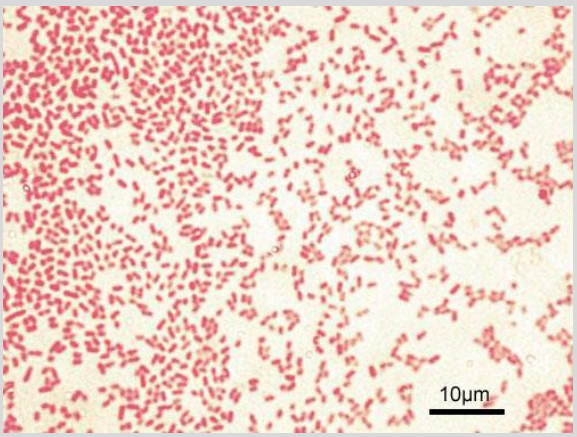
Exkurs: GRAM-Färbung

Das Färbe-Verfahren nach GRAM erfolgt in drei Schritten:

1. Färben: Hierbei wird das Material mit Karbol-Gentianaviolett (Gentianaviolett-Lösung + Phenol (15 g/l)) behandelt. Anschließend wird mit LUGOLscher Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung) behandelt. Alle Bakterien erscheinen nun dunkelblau (Farbstoff-Iod-Komplex).
2. Differenzieren (Entfärben): Mittels 96 %igen Ethanol (Ethylalkohol) wird nun schrittweise (durch unterschiedlich lange bzw. mehrfache Lagerung) ein Teil der Farbstoffe wieder ausgewaschen. Nur die GRAM-positiven Bakterien behalten ihre Färbung. Die Farbstoffe sind in der recht dicken Zellwand dieser Bakterien eingelagert.
3. Gegenfärben: Abschließend wird mit verdünnter Fuchsin- oder Safranin-Lösung gefärbt. Dadurch erhalten alle Bakterien wieder eine Einfärbung. Bei den den GRAM-negativen ist im Präparat dann nur diese rötliche bis hellviolette Farbe zu sehen. Bei den GRAM-positiven vermischt sich das Rötliche mit dem Dunkelblau des Karbol-Gentianaviolett zu einem dunkelvioletten Farbton.

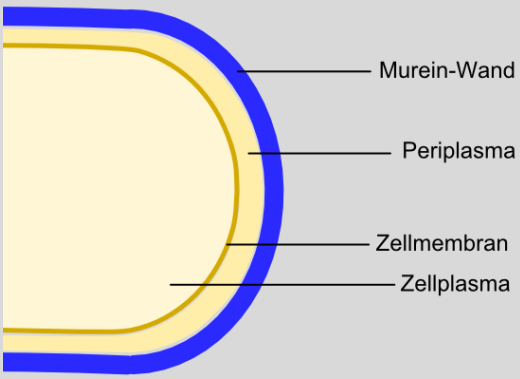


GRAM-positive Bakterien
(hier: *(s) Bacillus cereus*),
Stäbchen-förmige Bakterie
Q: de.wikipedia.org (Y tambe)

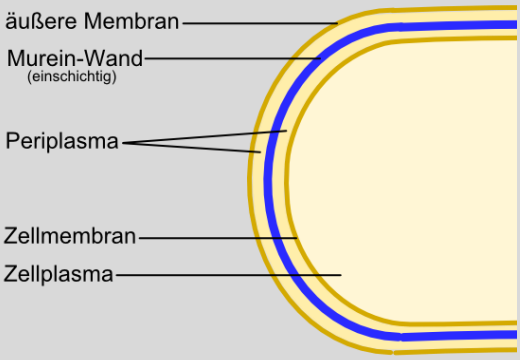


GRAM-negative Bakterien
(hier *(s) Psuedomonas aeruginosa*)
Kugel-förmige Bakterie, Kokken
Q: de.wikipedia.org (Y tambe)

Heute wissen wir, dass die Zellwand der GRAM-positiven Procyten aus mehreren Schichten Murein besteht. Murein ist ein sogenanntes Peptidoglykan. Es besteht sowohl aus Eiweiß-ähnlichen Strukturen als auch aus Kohlenhydrat-Anteilen.
GRAM-negative Bakterien haben eine dünne einschichtige Murein-Zellwand.



Zellwand einer GRAM-positiven Bakterie
nach Q: /31, S. 114/



Zellwand einer GRAM-negativen Bakterie
nach Q: /31, S. 114/

1.1.2. Eukaryonten-Zelle, Eukaryoten-Zelle, Eucyte

(Eukariot, Eukariont)

(mit Zellkern; *(r+) Eukaryota*)

Eukaryoten-Zellen sind durch das Vorhandensein eines deutlich abgerenzten – Nuss-förmig aussehenden – Zellkerns geprägt. Weiterhin findet man in den Eucyten sogenannte Zellorganellen – recht große und weitesgehend eigenständige Bestandteile. Dazu gehören z.B. die Mitochondrien und die – nur in Pflanzen vorkommenden – Chloroplasten. Mitochondrien sind nur mit sehr guten Lichtmikroskopen zu erkennen. Zellen mit einem echten Zellkern und Zellorganellen – wie z.B. den Mitochondrien – nennen wir auch echte Zellen (Eucyten).

Auch hier sind die Begriffe Eucyte, Eukaryot, Eukaryont usw. für den gleichen ("höherentwickelten") Zell-Typ verwendbar.

Eukaryonten sind auch durch eine sehr starke innere Strukturierung (Unterteilung, Kompartimentierung (oft auch nur: Kompartimentierung)) gekennzeichnet. Häufig bezeichnet man die Eucyten auch als "moderne" Zellen. Sie stellen biochemisch zwar nur einen kleinen Variationsbereich (im Vergleich zu den Procyten) dar, d.h. sie können nur bestimmte biochemische Probleme lösen, die aber lösen sie sehr effizient. Dies schlägt sich dann auch auf die hohe Leistungsfähigkeit von Organen oder Organsystemen in Mehrzellern zurück. Organe und Organsysteme sind immer aus verschiedenen, hoch-spezialisierten Zell-Typen aufgebaut.

Die Größe von Eucyten liegt um 10 bis 100 µm. Damit sind Eucyten zwischen 10 – 100x größer als Procyten. Praktisch bedeutet dies auch, dass das Volumen einer Eucyte rund 1'000 bis 1'000'000x größer ist, da dass Volumen mit der dritten Potenz der linearen Ausdehnung zunimmt.

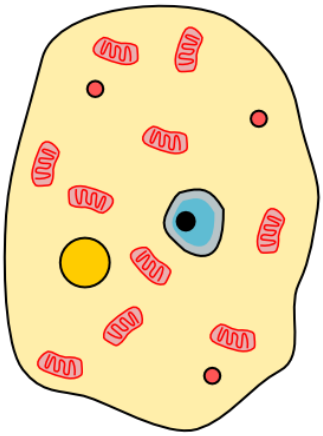
Moderne Abstammungstheorien gehen davon aus, dass Eucyten Zwitterwesen aus Bakterien- und Archäen-Zelle sind. Zellmembran und Stoffwechsel ähneln sehr stark den Bakterien, während Zellkern und Vererbungsvorgänge eher den Archäen entsprechen.

Eukarionten-Zellen (Eucyten) lassen sich weiter unterscheiden. Die Unterscheidung korrelliert mit den großen Gruppen der Lebewesen (den Organismen-Reichen), die auf unterschiedlich gebauten Eucyten basieren.

Aufgaben:

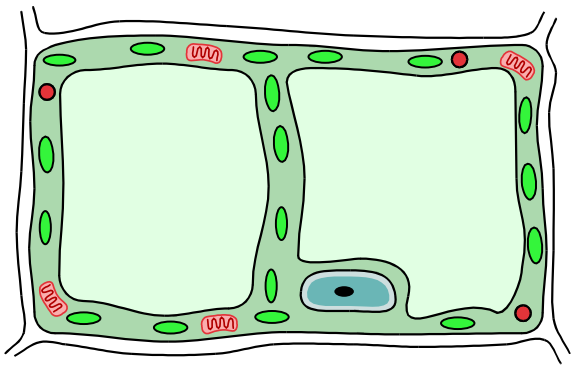
1. *Berechnen Sie, um welchen Faktor man eine durchschnittliche Eucyte (Größe rund 50 µm) vergrößern muss, damit sie so groß wird, wie Ihr Unterrichtsraum! Legen Sie einen Maßstab fest!*
2. *Vergleichen Sie Durchmesser, Oberfläche und Volumen von Kugelförmigen Zellen mit den folgenden Größen:*
   a) 1 µm b) 5 µm c) 10 µm d) 50 µm e) 100 µm

Tier-Zelle (*(R) Tiere; (r) regnum animalia*)



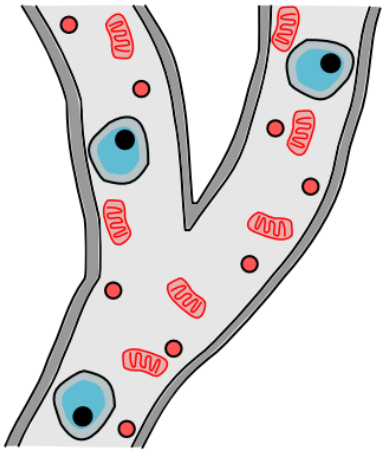
Tierische Zellen sind im Allgemeinen recht beweglich. Eine feste Hülle fehlt hier. Die innere Festigkeit und zumeist auch die äußere Form wird durch ein raffiniertes Zell-Skelett aus verschiedenen Proteinen realisiert.
Im Inneren finden wir eine Vielzahl von recht kleinen – aber deutlich abgegrenzten und weiter differenzierten Mitochondien.
In guten Licht-Mikroskopen sind eine Vielzahl von Bläschen oder Vesikeln zu beobachten, die sehr unterschiedliche Stoffe enthalten können.

Pflanzen-Zelle (*(R) Pflanzen; (r) regnum plantae*)

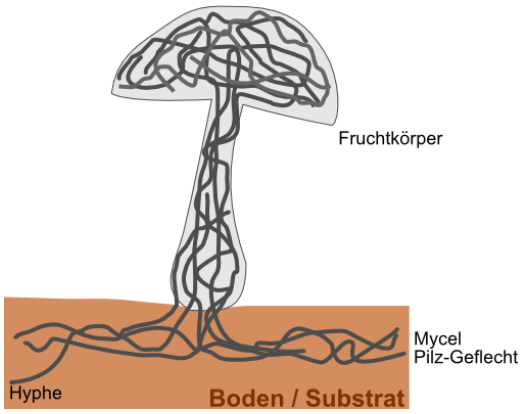


Pflanzen-Zellen sind durch einige speziell bei ihnen vorkommende Zellbestandteile gut charakterisiert.
Dazu gehört die äußere Zellwand aus Zellulose. Im Zytoplasma finden wir linsenförmige, grünliche Chloroplasten. In den meisten Pflanzenzellen findet man im Zentrum ein großes Flüssigkeits-gefülltes Gebilde – die Vakuole.
Das Cytoplasma und der Zellkern sind an den Rand der Zell verdrängt.

Pilz-Zelle (Mycel) (*(R) Pilze, (r) regnum fungi*)



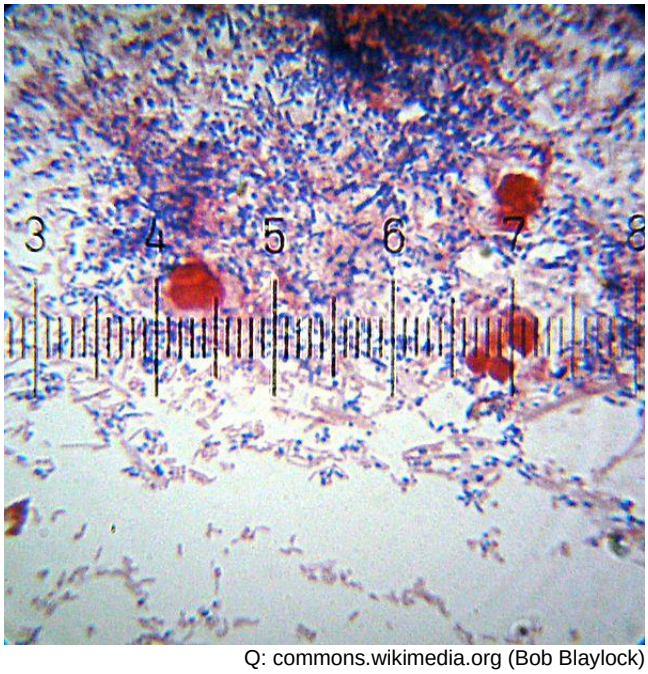
Die Zellen der Pilze stehen in vielen Beziehungen zwischen Pflanzen und Tieren. So ist der Zellinnenraum ähnlich den tierischen Zellen ausgestattet. In anderen Merkmalen ähneln sie mal der einen mal der anderen Gruppe. So besitzen sie eine Zellwand, allerdings nicht aus Zellulose, sondern aus Chitin. Dieser Stoff ist uns eher vom Außenskelett der Insekten bekannt.
Bei vielen Pilzzellen höherer Pilze (z.B. Hutpilze) fallen die Zell-Membranen zwischen den Zellen weg. Sie bilden Zellzusammenschlüsse mit mehreren Zellkernen. Solche Gebilde nennen die Biologen Syncytium (Synzytium).



Die langen Zellfäden (Hyphen) bilden ein weiträumiges Geflecht (Myzel, Mycel). Das Mycel ist das eigentliche Lebewesen. Das, was wir so gerne als Pilz verspeisen, ist eigentlich nur der Fruchtkörper – die Vermehrungs-Einrichtung.

Aufgaben:

1. Mikroskopieren Sie vom Kursleiter vorgebene Zellen mit einem Licht-Mikroskop!
   Empfehlungen zur Objektauswahl:
   a) innere Zwiebelhaut (Silberhaut) von der Küchenzwiebel; Stücke max. 3 x 3 mm; Feuchtpräparat
   b) Blättchen der Wasserpest, Feuchtpräparat
2. Zeichnen Sie eine Zelle detailliert! Benennen Sie die beobachteten Bestandteile!
3. Nebenstehendes Bild stammt von der Lichtmikrospie einer Zahn-Plaque-Probe (Dental-Plaque). Die Probe wurde vorher mittels GRAM-Färbung behandelt. Die Vergrößerung am Mikroskop war insgesamt 1.500fach. Zwischen zwei nummerierten Strichen der Skala beträgt der Abstand ungefähr 11 μm.
   Erläutern Sie, was man aus dem Bild ersehen kann!



Q: commons.wikimedia.org (Bob Blaylock)

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

1.1.3. mikroskopische Arbeitstechniken

Mikroskopieren ist ein "Wissenschaft" für sich. Neben einwenig Theorie gehört vor allem viel Übung und Erfahrung zum erfolgreichen Mikroskopieren.
In den meisten Fällen sollten Sie als Kurs-Teilnehmer schon früher in der Schule die ersten praktischen Übungen – zumindestens mit Fertig-Präparaten – gemacht haben. Davon gehen wir hier aus.
Im folgenden stellen wir nur einige einzelne Techniken kurz vor, die für cytologische Untersuchungen im Rahmen dieses Kurses interessant sind. Um ein positives Erlebnis rund um die Mikroskopie zu erreichen, bieten sich Praxis- oder Labor-Tage an. Schnell mal in einer oder zwei Unterrichts-Stunden ein tolles Präparat und eine akzeptable Zeichnung hin zu bekommen, ist gerade für Ungeübte sehr schwer.
Für das häusliche Üben bieten sich einfache Mikroskopier-Set's aus Spielzeug-Läden oder Discountern an. Vielleicht existiert ja schon in der Familie ein Set, was Sie sich für ein paar Wochen ausleihen können.
Einen wichtigen Tip möchte ich noch auf den Weg geben. Wenn ein selbst gefertigtes Präparat schon auf den ersten (wenig vergrößernden) Blick durch das Mikroskop wenig überzeugenden aussieht, dann sollte man gleich ein neues Präparat – eventuell mit mehr Objekt-Material (viele kleine Stückchen usw.) – erstellen. Langes Suchen nach einer ev. doch noch geeigneten Stelle nervt und führt meist auch nicht zum Erfolg. Der zweite oder dritte Versuch wird meist deutlich besser – die Erfahrung und Übung macht's.

1.1.3.1. Bereitstellung von Untersuchungs- bzw. Mikroskopier-Material

direkt zugängliche Materialien:

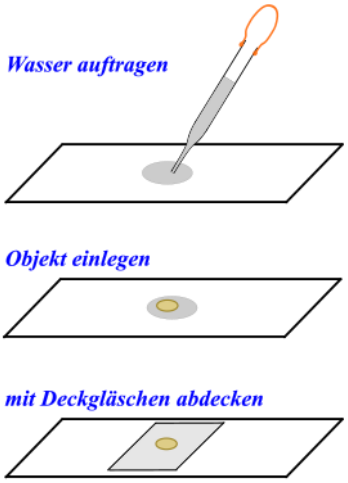
- **Ausspülung von Aquarien-Filtern (Filter-Schwämme ausdrücken)**
- **Moose**
- **Wasserpest (*(s) Elodea canadensis*) (ev. vorher stark beleuchten)**
- **Küchen-Zwiebel (*(s) Alium cepa*) (ev. farbige Sorte)**
- andere feinblättrige Wasser-Pflanzen z.B. Quell-Moos
- Moos(-Blättchen)
- Laubblätter (Querschnitte oder Abzieh-Präparate einer Epidermis)
- Kartoffeln
- Frucht-Fleisch von Äpfeln, Bananen, …
- Stengel von Kräutern und Sträuchern
- Heu-Aufguss (Kahm-Haut oder Blatt-Bewuchs)
- Fleisch oder Leber (unbedingt sehr frisch!)
- Mund-Schleimhaut
- (Eigen-)Blut aus der Finger-Kuppe
- …

Zum Schneiden eignet sich i.A. eine Rasier-Klinge. Diese wird an einer scharfen Seite mit kräftigem (möglichst farbigen) Klebe-Streifen abgeklebt. An dieser Seite kann die Rasier-Klinge dann gut angefasst und das Präparat angeschnitten oder abgeschnitten werden.
Es empfiehlt sich immer gleich mehrere Objekte / Teile abzuschneiden. Oft sind die ersten Versuche zu dick und man hat immer die Wahl zwischen mehreren Präparaten.

1.1.3.2. Licht-Effekte am normalen Licht-Mikroskop

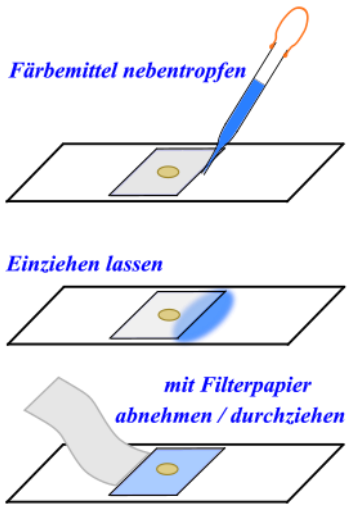
Viele halten den Licht-Filter des Mikroskop's unter dem Objekt-Tisch für wenig nützlich.
Gerade bei Präparaten mit wenig Kontrast oder gleichartigen Strukturen sollte man mal mit den Blenden und den Filtern spielen. Schon das Ablenden auf wenig Licht kann zu einem vorteilhaften Bild führen. Bewegt man die Blende etwas aus der zentralen Licht-Achse, scheint das Licht etwas schräg auf das Objekt. Man erhält so ein sogenanntes **Dunkelfeld-Bild**. In diesem treten vor allem im Objekt aufrecht stehende Detail's deutlich hervor, während die flachen Elemente eher dunkel werden / bleiben.
Wenn man hat, kann man auch mit **Polarisations-Filter**n tolle Effekte erzeugen. Dabei wird von einem Filter unterhalb des Objektes polarisiertes Licht durchgelassen. Das sind dann alles Licht-Strahlen, deren Licht-Teilchen in einer bestimmten Ebene schwingen. Im normalen Licht schwingen die Licht-Teilchen in allen möglichen Ebenen.
Nun muss man in den Licht-Weg oberhalb des Objektes einen zweiten Filter positionieren. Oft ist das beim Okular möglich. Der zweite Filter / das Okular muss nun vorsichtig gedreht werden, bis die Polarisations-Ebene des oberen Filter's mit dem des unteren übereinstimmt. Man kann meist nun schon viele Brechungs-Effekte (Regenbogen-Farben) an Grenzen von Strukturen erkennen. Der Effekt lässt sich noch durch leichtes Drehen des Filter's / Okular's verstärken.
Viele Mikroskope liefern auch Farb-Filter mit. Auch diese sollte man bei ungünstigen Bildern ausprobieren.

1.1.3.3. Färben von Präparaten



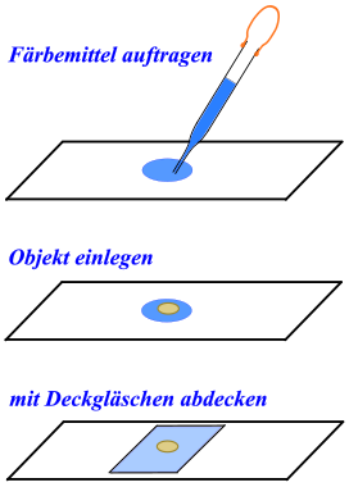
klassisches Herstellen eines Frisch-Präparat's

In der Mikroskopie existieren viele standardisierte Färbe-Methoden. Einige eignen sich für die Produktion von Dauer-Präparaten zu Dokumentations-Zwecken (z.B. in der Pathologie und Kriminalistik oder für Sammlungen).
Ziel des Färben's ist es immer, bestimmte Zell-Bestandteile charakteristisch hervorzuheben. Die klassischen Färbe-Methoden zur Herstellung von Dauer-Präparaten interessieren uns in der Schul-Biologie weniger. Sie dauern oft mehrere Stunden oder Tage und benutzen nicht selten auch recht aggressive Chemikalien.
Uns interessiert mehr die Färbung von Frisch-Präparaten. Dabei empfehlen wir hier das **Nach-Färben**. D.h. wir beobachten zuerst das ungefärbte Präparat.
Ev. sollte schon von dieser Ansicht eine mikroskopische Zeichnung oder ein Foto (z.B. mit der Kamera des Smartphone's) gemacht werden.
Danach wird dann die Farb-Lösung direkt neben das Präparat / Deckgläschen getropft. Die Lösung zieht sich dann unter das Deckgläschen und dringt nachfolgend in das Präparat ein. Sollte die Färbung nicht ausreichen – also z.B. nur der Rand betroffen sein oder die Bestandteile blass bleibe – dann kann mit einem weiteren Tropfen Färbe-Mittel nachgeholfen werden.
Zu stark gefärbte Präparate können manchmal mit Wasser oder Ethanol wieder etwas entfärbt werden. Dies gelingt aber nicht bei allen Farbstoffen und Objekten.



Nach-Färben

Es ist also immer zu empfehlen, zuerst nur wenig Farb-Lösung zu verwenden.
Ist man mit dem Verfahren vertraut und will viele Proben gleichartig färben, dann bietet sich eher das **Direkt-Färben** (Vor-Färben) an.



Direkt-Färben (Vor-Färben)

Das Präparat wird gleich in die passend dosierte Lösung eingelegt, mit einem Deckgläschen abgedeckt und dann mikroskopiert.
Recht praktisch sind Färbe-Verfahren mit zwei oder mehr Farbstoffen, die unterschiedlich – meist gegensätzliche Eigenschaften hervorheben. So kann man z.B. ein Stengel-Schnitt in einem frischen Gemisch aus einem Tropfen Safranin- und einem Tropfen Astrablau-Lösung einlegen. Das Safranin färbt verholzte Zell-Bestandteile, das Astrablau die unverholzten.
An das Färben kann sich das sogenannte Fixieren oder das Rücktauschen der Einlege-Lösung anschließen.
Das Fixieren geschieht meist mit Ethanol. Dieses wird mit dem gleichen Verfahren eingebracht. Wenn zuviel Lösung auf dem Objekt-Träger ist, dann kann die überschüssige Lösung mit etwas Flies-Papier (z.B. Handtuch-Papier) auf der anderen Seite des Deckgläschen's abgezogen werden.
Beim Rücktauschen wird die Farb-Lösung oder das Fixier-Mittel wieder durch Wasser getauscht. Auch hier nutzen wir das Durchziehen.

Für eine ordentliche Dokumentation sollten die Lösungs-Konzentrationen, die eingesetzten mengen und die Einzieh- und Fixier-Zeiten notiert werden.



Bitte beachten Sie aber unbedingt, dass gefärbte Teile in mikroskopischen Zeichnungen **niemals farbig** gezeichnet werden. Man benutzt Schattierungen und Beschriftungen zum Kennzeichnen der gefärbten Regionen.

Exkurs: Licht-Mikroskopie auf neuen Pfaden

Problem Licht bei lebenden Zellen
es wird schnell zu warm; Langzeit-Beobachtungen dadurch kaum möglich
außerdem beeinflusst das Licht vielleicht die Zellen und die zu beobachtenden Vorgänge

mit Licht und Lasern kommt es beim dicken Glas der Zucht-Gefäße (z.B. PETRI-Schalen) zu starken Streuungs- und Brechungs-Effekten

Möglichkeit mit Laser-Impulsen zu arbeiten
nur kurze Licht-Belastung
aber auch sehr Energie-reich, bringt bestimmte Stoffe zum Aufleuchten / Fluoreszieren
Effekt wird auch speziell ausgenutzt mit eingetragenen Bio-Markern

Carl Zeiss Microscopy Jena

spezielle Steuerung des Laser's nur auf kleine Regionen in der Zelle
hoch-auflösendes und sehr empfindliches Bildgebungs-System
schräg angeordnete Objektive, um die Streuungs- und Brechungs-Effekte an Glas zu verringern

Deutscher Zukunftspreis 2022

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Ansetzen eines Heu-Aufguss

Hinweise:
- Heu-Aufgüsse müssen mindestens 2 Wochen vor dem geplanten Mikroskopieren angesetzt werden
- am Besten setzt man jeweils eine Aufguss 2, 3 und 4 Wochen vorher an (das ermöglicht eine breite Palette an beobachtbaren Organismen)
- es wird ein luftiger, warmer Platz zum Ausbrüten benötigt
- Entsorgung auf Komposthaufen od. in eine Hecke

Materialien / Geräte:
großes Becherglas od. Plaste-Eimer (3 – 5 l) mit Deckel oder Glas-Scheibe zum Abdecken, Heu, Regentonnen- od. Tümpel- od. Regenpützen-Wasser, feuchtes Laub od. angefaulte Pflanzen-Reste, ungewaschene Salat-Blätter (Putz-Reste, Außen-Blätter)

Durchführung / Ablauf:
- Eimer od. Becher-Glas gründlich säubern (ohne Chemie)
- locker bis zu 2/3 mit Heu befüllen, oben drauf Laub od. Pflanzen-Material geben
- mit Regen- od. Tümpel-Wasser bis auf 2/3 Gefäß-Höhe auffüllen
- abgedeckt an einem dunklen, warmen Ort (20 – 25 °C) entwickeln lassen
- Entnahme von Proben mit Pipetten direkt aus der Kahm-Haut, kurz darunter, auf dem Grund oder im Heu-Körper möglich (dabei möglichst wenig rühren usw.!)

Zucht von Pantoffeltierchen

Materialien / Geräte:
Becher-Gläser oder ERLENMEYER-Kolben mit locker aufliegendem Glas-Deckel (0,5 – 1 l), Stroh

Vorbereitung / Beschaffung:
- Pantoffeltierchen kann man in abgestandenem Blumen-Vasen-Wasser, in Tümpeln und Heu-Augüssen finden
- es gibt auch Kultur-Ansätze im Internet zu kaufen:

Durchführung / Ablauf:
(bei Reinkulturen Zucht-Anleitung verwenden!)
- ev. für mehrere Ansätze in einem größeren Topf od. Becherglas: mit Stroh füllen und Leitungswasser aufgießen; alles rund eine halbe Stund köcheln lassen; alles abkühlen lassen und auf die Zucht-Becher-Gläser verteilen
- mit Pantoffeltierchen impfen
- einmal pro Woche etwas Sud abgießen, wieder mit abgekochtem Leitungswasser ergänzen und mit einem Tropfen (!) Hefe-Lösung füttern

Zucht von Amöben

Materialien / Geräte:
PETRI-Schalen, Reis- od. Getreide-Körner, Teich-, Regentonnen- od. Tümpel-Wasser; Filter, Filter-Papier, Pipetten

Vorbereitung / Beschaffung:
- Pantoffeltierchen kann man in abgestandenem Blumen-Vasen-Wasser, in Tümpeln und Heu-Augüssen finden
- Amöben findet man in Heu-Aufgüssen, in Laub-Pfützen, an der Unterseite od. den Stengeln von See- od. Teich-Rosen bzw. Röhricht, dort abpipettieren od. abschaben

Durchführung / Ablauf:
- PETRI-Schalen halb hoch mit gefiltertem Teich-, Regentonnen- od. Tümpel-Wasser füllen
- ein Reis- od. Getreide-Korn zugeben und einige Tage warten
- mit Pantoffeltierchen impfen
- ein Tag später mit Amöben impfen
- wöchentlich das Korn austauschen und verdunstetes Wasser ergänzen
- nach 2 bis 3 Monaten alten Ansatz zum Impfen eines neuen benutzen, den alten Ansatz entsorgen

Ankeimen von Klein-Samen

Hinweise:
- Keim-Ansätze müssen mehrere Tage vorher angesetzt werden

Materialien / Geräte:
PETRI-Schalen mit Deckel od. Margarine-Becher (Plaste), ev. Frischhalte-Folie als Deckel-Alternative, Filter-Papier od. Küchen-Papier, abgekochtes Wasser
geeignetes Material: Senf-Saat, Kresse-Samen, Getreide-Körner, …

Durchführung / Ablauf:
- PETRI-Schalen od. Margarine-Becher gründlich mit Wasser reinigen (keine Chemie)
- doppelt mit Filter-Papier oder Küchen-Papier auslegen und gut mit abgekochtem Wasser anfeuchten (es darf nur wenig freies Wasser im Gefäß fließen)
- Samen auf dem Papier verteilen und abdecken
- jeden Tag Feuchtigkeit kontrollieren (überschüssiges Wasser abgießen od. ev. leicht nach befeuchten)

1.1.3.2. Vorbereitung des Untersuchungs- bzw. Mikroskopier-Material

Untersuchung von Epidermis-Zellen

Materialien / Geräte:
Rasier-Klinge (einseitig abgeklebt); Sezier-Besteck
geeignetes Material: Laubblätter von Tradescantia (Dreizack-Blume), Sumpfdotterblume, Alpenpfeilchen, Haselwurz, …

Durchführung / Ablauf:
- Objektträger für Frisch-Präparat vorbereiten
- Rasier-Klinge zwischen Daumen und Zeigefinger der dominanten Hand nehmen
- Laubblatt mit der Unterseite nach oben über Zeigefinger der anderen Hand legen und mit den / einigen anderen Fingern fixieren
- mit der Rasier-Klinge ganz flach, dünne Stücke aus der unteren Epidermis abschnippeln
- Schnitte auf den Objektträger in den Wasser-Tropfen direkt oder mittels Pinzette oder Präpariernadel übertragen

Untersuchung von Stengeln

Materialien / Geräte:
Rasier-Klinge (einseitig abgeklebt); Sezier-Besteck
geeignetes Material: Stengel von Taub- oder Buntnessel, Binsen, Holunder-Zweige, …

Durchführung / Ablauf:
- Objektträger für Frisch-Präparat vorbereiten
- Rasier-Klinge zwischen Daumen und Zeigefinger der dominanten Hand nehmen
- ev. das Mark (der Stengel) herausschneiden / herausheben
- Stengel bzw. Mark mit der nicht-dominanten Hand festhalten, so dass der Stengel nur kurz übersteht (ev. auch Stengel bzw. Mark auf Schneide-Brettchen legen)
- mit der Rasier-Klinge ganz flach, dünne Stücke vom Stengel abschnippeln
- Schnitte auf den Objektträger in den Wasser-Tropfen direkt oder mittels Pinzette oder Präpariernadel übertragen

Untersuchung von Wurzel-Haaren

Materialien / Geräte:
Rasier-Klinge (einseitig abgeklebt); Sezier-Besteck
geeignetes Material: keimende Samen von Senf, Kresse, Getreide, … oder auch Pflanzen, die zum Bewurzeln ins Wasser gestellt wurden

Durchführung / Ablauf:
- Objektträger für Frisch-Präparat vorbereiten
- Rasier-Klinge zwischen Daumen und Zeigefinger der dominanten Hand nehmen
- Wurzel-Häarchen mit Rasier-Klinge von den Samen oder Stengeln abschneiden und mit einer Pinzette oder Präpariernadel auf den Objektträger übertragen

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Vital-Färbung

Materialien / Geräte:

Pipetten, Farbstoff-Lösung, abgekochtes Wasser, kleine ERLENMEYER-Kolben od. Becher-Gläser

geeignete Vital-Farbstoffe (Herstellung der Lösungen nach Vorschrift!):

Farbstoff	geeignet für …	Bemerkungen
Chlorzinkiod-Lösung	Cellulose verholzte Pflanzen-Teile	
Methylenblau	wässrigen Phasen Hefe (als Lebendfutter für Pantoffeltierchen)	z.B. kann man eine Hefe-Suspension damit anfärben und dann live od. kurz vorher an Pantoffeltierchen verfüttern

Durchführung / Ablauf:

- je ein Gefäß mit wenig Farbstoff-Lösung und Wasser befüllen und eine Pipette dazu
- einzelnen Tropfen Farbstoff-Lösung direkt an den Rand des Deck-Gläschen tropfen (Mikroskop kann vorher schon eingestellt und ein geeigneter Ausschnitt ausgesucht sein, Farbstoff zieht sich alleine ein!)
- bei zu starker Färbung entweder in weniger gefärbten Objekt-Bereichen suchen (von Färbung abgewandte Seite) oder mit Wasser verdünnen (an Deck-Gläschen-Rand tropfen) od. bei neuem Präparat mit verdünnter Farb-Lösung (1 : 2 od. 1 : 10) neu färben

Direkt-Färbung

Materialien / Geräte:

geeignete Direkt-Farbstoffe (Herstellung der Lösungen nach Vorschrift!):

Farbstoff	geeignet für …	Bemerkungen
Astrablau	unverholzte Zellwände	
Iod-Kaliumiodid-Lösung LUGOLsche Lösung	Pantoffeltierchen	auch Fixier-Mittel Fütterung mit vital-gefärbten Hefe-Zellen
	Stärke-Körner (Kartoffeln, Getreide, Mehle, …)	färbt Stärke blau bis violett
Methylgrün-Essigsäure	Zellkerne	auch Fixier-Mittel
Safranin	Holz	

Hinweise:

für spezielle Zell- oder Organismen-Bestandteile sind z.T. (technisch und zeitlich) sehr aufwändige Färbungs-Methoden notwendig, diese sind der Spezial-Literatur zu entnehmen!

Durchführung / Ablauf:

- behelfsmäßig lassen sich viele Farbstoff-Lösungen direkt an den Rand des Deck-Gläschen tropfen (Mikroskop kann vorher schon eingestellt und ein geeigneter Ausschnitt ausgesucht sein, Farbstoff zieht sich alleine ein!)
- bei zu starker Färbung entweder in weniger gefärbten Objekt-Bereichen suchen (von Färbung abgewandte Seite) oder mit Wasser verdünnen (an Deck-Gläschen-Rand tropfen) od. bei neuem Präparat mit verdünnter Farb-Lösung (1 : 2 od. 1 : 10) neu färben

1.2. elektronenmikroskopischer Bau der Zellen


Q: de.wikipedia.org (Stahlkocher)

Die Auflösung der Licht-Mikroskope wird durch die Wellenlänge des verwendeten Lichts (normal 380 – 780 nm) bestimmt. Nur Objekte mit einer Größe bis ungefähr der Hälfte der Wellenlänge können damit abgebildet werden (s.a. 1.1. Makroskopischer und lichtmikroskopischer Bau der Zellen).
Mit Licht kann man somit nur Objekte bis zu einer Größe (Kleine) von ungefähr 200 nm (= 0,2 µm = 0,0002 mm) scharf abbilden. Um feinere Strkturen zu erforschen, benötigt man ein "Licht" mit einer viel kleineren Wellenlänge. Statt dem Licht verwendet man dafür Elektronen-Strahlen. Sie sind genauso wie das Licht eine elektromagnetische Strahlung. Das Grund-Prinzip ist von einer BROWNschen Röhre abgeleitet. Das Bild erschiehn anfänglich auf einer Leuchtschicht – heute benutzt man Spezial-Kameras, um die "Bilder" zu erfassen.
Die Gesetzmäßigkeit zur Abbildbarkeit von Objekten gilt auch für die Elektronen-Mikroskope (EM). Nur ist hier die Wellenlänge der verwendeten Elektronenstrahlen wesentlich kleiner (runter bis 1 nm). Damit lassen sich Objekte bis zur Größe von 0,05 nm beobachten. Die praktisch nutzbare Vergrößerung steigt auf das 1 bis 10 Millionen-fache.
Nach dem Bauprinzip unterscheidet man z.B. Transmissions- (TEM) und Raster-Elektronenmikroskope (REM, auch: SEM Scanning electron microscope).
Mit den neuesten Tunnel-Elektronen-Mikroskopen kann man sogar die Oberfläche von Atome selbst darstellen. Diese Mikroskope funktionieren aber nicht über Strahlung, sondern es wird eine feinste Spitze über das Material bewegt und der zwischen der Spitze und dem Untersuchungsmaterial fließende (Tunnel-)Strom gemessen und graphisch umgesetzt.
Das Transmissions-Elektronen-Mikroskop durchstrahlt die Objekte mit Elektronenstrahlen. Damit Zellen überhaupt beobachtet werden können, müssen sie speziell vorbereitet werden. Die Objekte werden dazu gefriergetrocknet und in extrem dünne Scheibchen geschnitten. Nur so können die Elektronen das Objekt gerade noch durchdringen. Die Elektronenstrahlen werden von elektromagnetischen Linsen (elektrische Spulen) gestreut und gerichtet. Wie bei einem alten Fernseher mit Bildröhre entsteht das Bild auf einer fluoreszierenden Schicht oder über ein Kamera-System. Das Bau-Prinzip ist auf der nachfolgenden Seite abgebildet und anderen Mikroskopie-Typen gegenübergestellt.
Raster-Elektronen-Mikroskope entsprechen im Prinzip den Auflicht-Mikroskopen. Die Objekte werden vor der Benutzung mit Gold bedampft. Die Elektronenstrahlen werden von der Oberfläche des Beobachtungsobjektes reflektiert und mit entsprechenden Sensoren gemessen bzw. optisch über einen Bildschirm sichtbar gemacht.
Die modernen Elektronen-Mikroskopie verfügen über hoch-entwickelte Kamera-Systeme mit angeschlossenen Computern. Auf diesen werden die Bilder mittels Software nachbearbeitet, so dass sogar "farbige" Bilder entstehen.
Damit die Elektronenstrahlen an den Präparaten der Raster-Elektronen-Mikroskopie auch richtig gut reflektiert werden, bedampft man die Präparate mit einer feinen Gold-Schicht.
Durch die hervorragende Auflösung moderner Elektronen-Mikroskope sind viele neue Erkenntnisse über den Bau der Zelle und seiner Bestandteile bekannt geworden. Praktisch wird bei der Betrachtung von Bau und Funktion der einzelnen Bestandteile heute nicht mehr

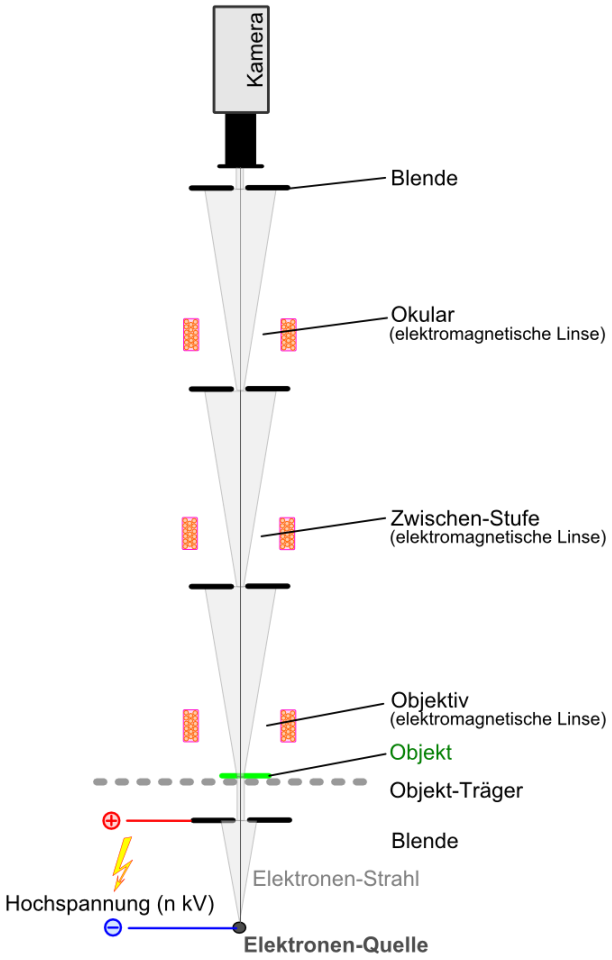
zwischen licht- oder elektronen-mikroskopischer Erkennbarkeit unterschieden. Alle Beobachtungsmöglichkeiten werden genutzt, um ein möglichst umfassendes Bild zu erhalten.
In der Literatur findet man derweil farbige EM-Aufnahmen. Diese sind nachträglich am Computer mit Farben versehen worden. EM-Aufnahmen sind immer nur Graustufen-Bilder.
Der Bau der eucytischen Zelle (für die Schul-Biologie) erweitert sich um:

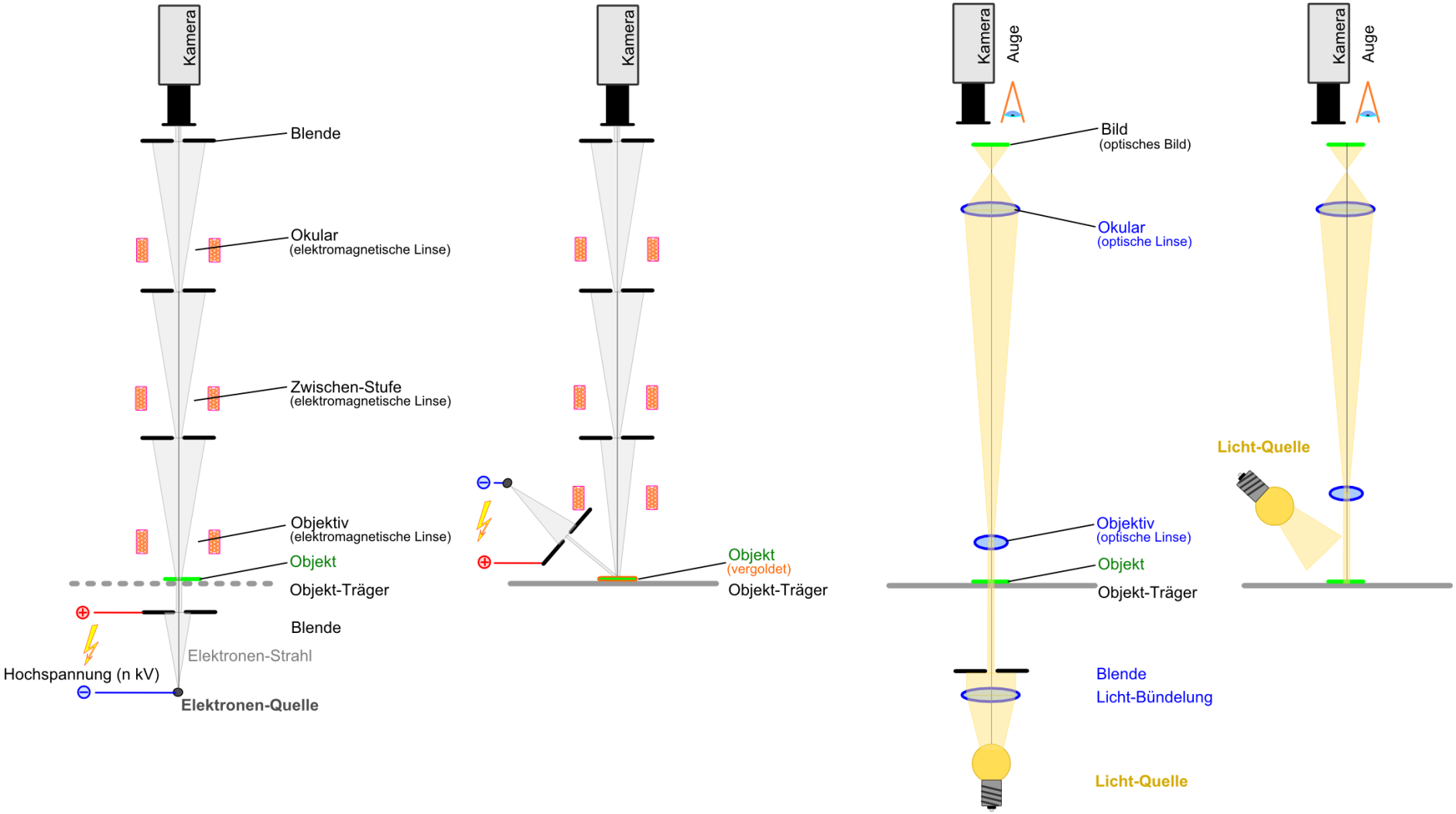
- Endoplasmatisches Retikulum (ER)
- GOLGI-Apparat (Dictyosom)
- Lipidkörperchen (Oleosomen)
- Lysosomen, Peroxisomen, …
- Mikrotubuli, Centriolen, …
- Ribosomen

Damit vervollständigt sich auch die Darstellung der einzelnen Zelltypen. Die einzelnen Bestandteile (licht- und elektronenmikroskopisch beobachtbare) werden in den nächsten Abschnitten dargestellt. In der modernen Biologie unterscheidet man nicht wirklich zwischen den verschiedenen Beobachtungs-Arten. Vielmehr verwendet man ein gemeinschaftliches "Bild" aus den verschiedensten Beobachtungs-Verfahren.
Prinzipiell finden wir die neu entdeckten Zellbestandteile in allen Zelltypen. Wenige kommen nur in dem einen oder anderen Zelltyp vor. Auch dies sehen wir uns bei der Besprechung der Zellbestandteile genauer an.

Aufgaben:

1. *Erläutern Sie Aufbau und das Arbeits-Prinzip eines Elektronen-Mikroskops! Verwenden Sie dazu die nebenstehende Skizze!*
2. *Vergleichen Sie das Transmissions-Elektronen-Mikroskop mit einem Durchlicht-Mikroskop!*



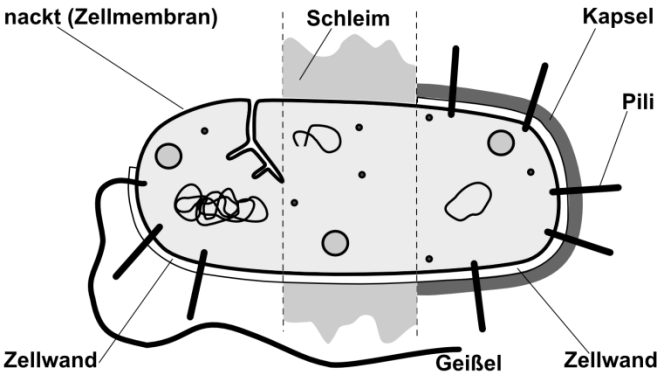


Transmissions-Elektronen-Mikroskop	Raster-Elektronen-Mikroskop	Durchlicht-Mikroskop	Auflicht-Mikroskop
Elektronen-Mikroskope		**Licht-Mikroskope**	

(c,p) 2008 - 2022 lsp: dre

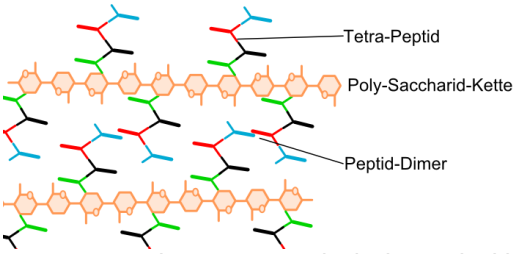
1.2.1. Bakterien- bzw. Blaualgen-Zelle (Procyte)

(*(R) Bakterien und Blaualgen; (r) regnum bacteria*)



schematische Übersicht über den äußeren, elektronenmikroskopisch-sichtbarenen Aufbau verschiedener Procyten-Zellen

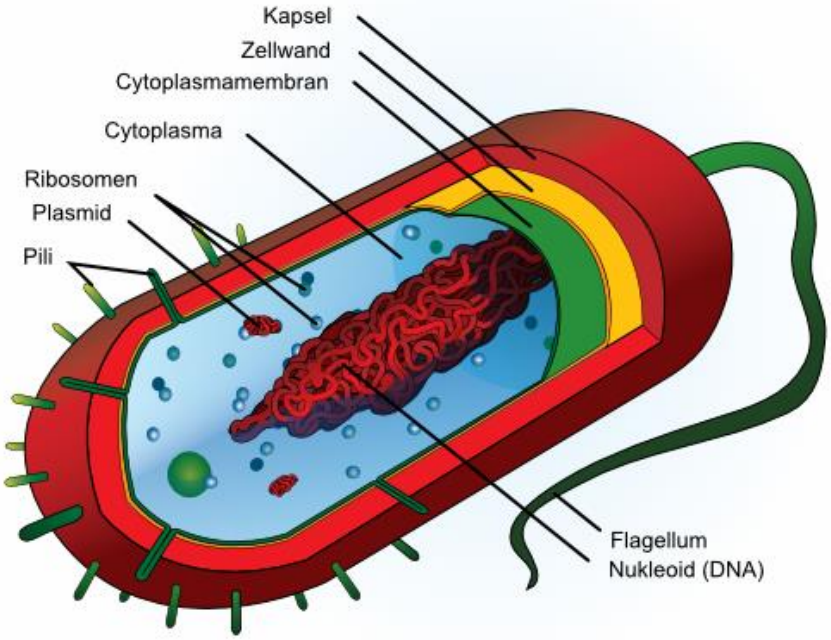
Die in den folgenden Abschnitten immer oben rechts dargestellten symbolischen Skizzen sind zur Orientierung, der Zuordnung und zur Wiedererkennung des jeweiligen Zell-Typs gedacht.
Nach außen hin können Bakterien und Blaualgen von Kapseln, Zellwänden oder Schleim umgeben sein. Viele Procyten sind auch nackt, d.h. ihre äußere Grenze ist durch die Zellmembran gegeben.
Zwischen Schleim-Schicht bzw. der Kapsel liegt zumeist eine Zellwand.
Sie besteht vorrangig aus Mureïn und nicht wie bei Pflanzen aus Cellulose (Zellstoff).
Mureïn ist ein sogenanntes Peptidoglykan. Man findet auch den Namen Polysaccharid-Peptid dafür. Das lässt auch genauere Rückschlüsse auf die stoffliche Zusammensetzung zu. Praktisch sind Polysaccharid-Ketten mit seitlichen Peptiden verknüpft. Diese sind im Allgemeinen vier Aminosäuren lang. Sie stehen wie Haare von der Polysaccharid-Kette ab und haften an den "Haaren" (Peptid-Ketten) der parallel-liegenden Polysaccharid-Kette.



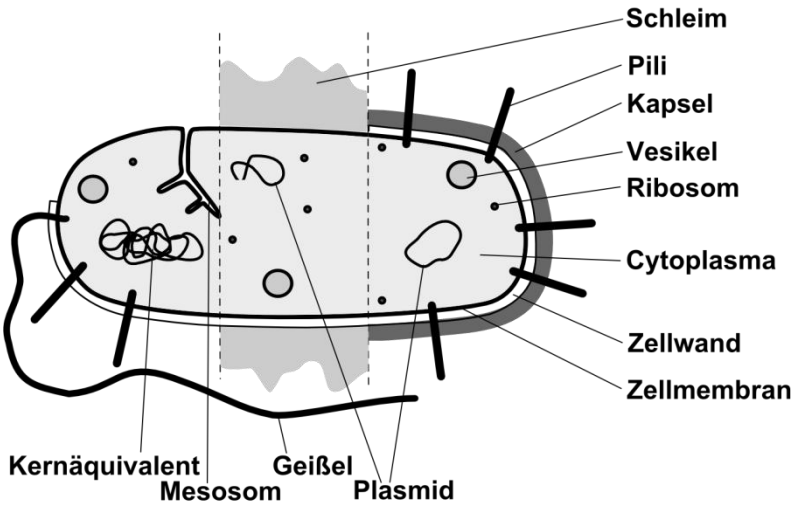
Struktur von Murein (schematisch)

Die Zellmembran umschließt den gesamten lebenden Teil der Prokaryonten-Zelle. Durch die Zellwand reichen Pili (Einzahl: Pilus) – das sind lange, dünne Röhren. Mit ihnen nehmen Bakterien-Zellen Kontakt zu benachbarten Zellen auf, entern sie gewissermaßen und ziehen sie zu sich heran. Eventuell wird dann eine spezielle Brücke (Plasma-Brücke) zwischen den beiden Zellen aufgebaut. Über diese wird genetisches Material (meist ein Plasmid) von der einen Zelle in die andere übertragen werden kann.
Die Fähigkeit, einen Sex-Pilus auszubilden, ist auf einem speziellen Plasmid (Ring-förmig angeordnetes genetisches Material) gespeichert. Dieses Plasmid, das F-Plasmid genannt wird, besitzen nur einige Bakterien. Solche Bakterien sind F^+-Zellen und fungieren immer als Spender (Donator) von genetischem Material. Die Rezipienten empfangen das fremde Erbmaterial und bauen es in ihr eigenes ein. Bei einigen Bakterien ist das Gen für die Pilus-Ausbildung (F-Faktor, Fruchtbarkeits-Faktor) auf dem eigentlichen Chromosom des zentralen genetischen Materials (→ Kern-Äquivalent) gespeichert. Solche Bakterien sind besonders häufig an Gen-Austauschen beteilt. Sie werden Hfr-Zellen (high frequency recombination; hohe Rekombinations-Häufigkeit) genannt. Hfr-Zellen können ihr gesamtes genetisches Material auf die Empfänger-Bakterien übertragen. U.U. ist auch eine Übertragung von genetischem Material auf andere Bakterien-Arten oder –Stämme möglich. Dadurch erklärt sich auch die nicht selten auftretendende Resistenz von Bakterien gegen diverse Antibiotika, obwohl sie selbst nie damit Kontakt hatten. Die eigentlichen Erbinformationen zur Resistenz gegen Antibiotika liegen auf den sogenannten R-Plasmiden (resistens plasmid; Resistenz-Plasmide).
Eine peitschenförmige Geißel dient vornehmlich der Fortbewegung. Die Geißel oder Flagelle ist mit einem der beeindruckensten Protein-Komplexen in die Zellwand eingelassen. Der Protein-Komplex sieht ein bißchen wie ein Elektromotor aus und funktioniert auch fast so (→ 2.6.2.3. Geißeln / Flagellen). Er bewirkt eine Dreh-Bewegung der Geißel und damit für einen Vortrieb.
Der Innenraum ist vom Cytoplasma ausgefüllt, das u.a. Ribosomen, kleine Tröpfchen (Bläschen, Vesikel, z.B. Fett-Tröpfchen) und Plasmide enthält. Wie auch das zentrale Kernäquivalent sind Plasmide genetische Informationsträger. Plasmide sind relativ klein und können zwischen gleichartigen Procyten, seltener auch zwischen verschiedenartigen Procyten ausgetauscht werden. In den meisten Prokaryonten ist das genetische Material DNS (**D**esoxyribo**n**ucle**i**n**s**äure; auch: DNA). Einfache Formen von Bakterien und Blaualgen enthalten (noch) RNS (**R**ibo**n**ucle**i**n**s**äure; auch: RNA).

Dem Kernäquivalent fehlt eine begrenzende Kernhülle. Deshalb spricht man auch von einem Nucleoid (Kernähnlichem).
Procytische Zellen stellen gewissermaßen die Vorstufen zu den höherentwickelten Eukaryonten dar. Aus ihrerem quasi Vorstufen-ähnlichem Bau bezüglich einer Eucyte leitet sich ihre Bezeichnung als Procyten ab.
Die Größe der Procyten liegt zwischen 1 bis 10 µm (1/1000 mm). Als durchschnittliches Maß kann man sich 5 µm merken, das ist ungefähr 1/10 bis 1/20 einer durchschnittlichen eucytischen Zelle (mit 50 bis 100 µm).
Es sei hier deutlich darauf hingewiesen, dass Procyten **keine** Mitochondrien oder ähnliche Plastiden enthalten. Ihnen fehlen alle möglichen Zellorganellen (→ 2.7. Zellorganellen)!
In der nebenstehenden zwei-dimensionalen Skizze sind alle wesentlichen Teile von Procyten eingezeichnet. Die möglichen äußeren Bildungen (Schleim, Kapseln, Mureïn-Zellwand) sind wegen der großen Vielgestaltigkeit nur Abschnittsweise gezeichnet.



Q: de.wikipedia.org (LadyofHats) (übersetzt: drews)



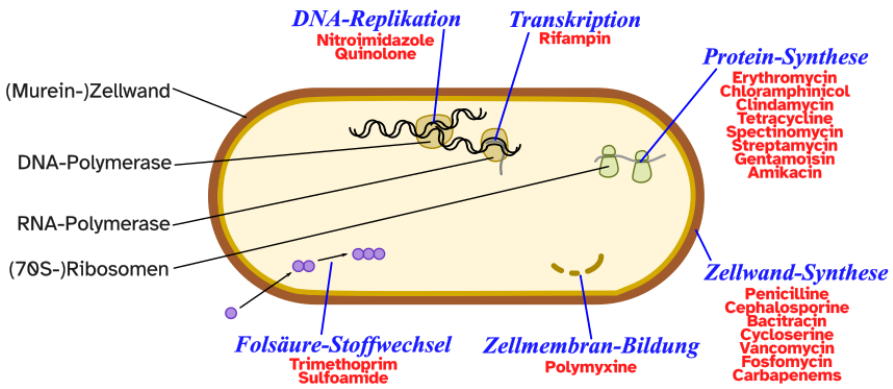
Bis vor einigen Jahren ist man davon ausgegangen, dass Procyten kein Zell-Skelett aus fibrillären Strukturen haben. Neuere Untersuchungen zeigen jedoch, dass auch die prokaroytischen Zellen einfache Faser-förmige Strukturen (→ 2.6. fibrilläre und tubuläre Strukturen) besitzen, die vorrangig inneren Transporten dienen.

Exkurs: Bakterien als Krankheits-Erreger

Die Werbung (vor allem für Desinfektions- und Reinigungs-Mittel) suggeriert uns das Bild von den gefährlichen / bösen Bakterien. Sie müssen unbedingt bekämpft werden. Warum dann aber lt. Werbung immer nur 99 % der bösen Bakterien vernichtet werden, bleibt in der Werbung offen. Und was ist mit dem restlichen Prozent?

Bekämpfung mit Antibiotika

viele Bekäpfungs-Ansätze funktionieren nur deshalb, weil Bakterien als Procyten deutliche Unterschiede zu Eucyten aufweisen



mögliche Angriffsstellen für Antibiotika (**Beispiele**)
nach: https://www.uniklinikum-saarland.de/de/einrichtungen/fachrichtungen/zellbiologie/seminar_zellbiologie_20192020/antibiotika/wirkungsmechanismen

Bakterien sind aber in ihrer Gesamtheit gar nicht so gefährlich und böse, wie viele Menschen glauben.

wichtige Produkte:

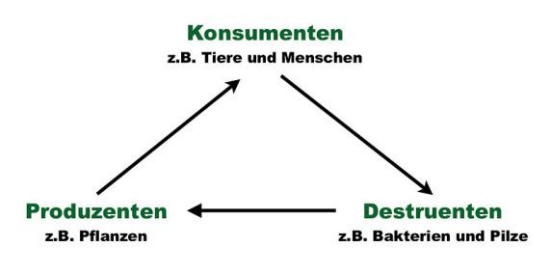
- Sauerkraut, eingelegte Gurken, Mixed pickles, Quark, Käse, Joghurt, Sauerteig, … (→ Milchsäure-Bakterien)
- heute Produzenten von: Citronensäure, Aminosäuren, Medikamenten (z.B. Insulin), …
-

ständige Konfrontation unseres Immun-System's mit einzelnen Bakterien (in natürlichen Mengen) stärkt die Immun-Abwehr
fehlende Belastung des Immun-System's in den Corona-Jahren (durch das notwendige Maske-Tragen und die z.T. überzogenen Quarantänen) ist wahrscheinlich eine der Ursachen für die Häufung von Atemweg-Erkrankungen in den Folgejahren

Häufung von Allergien bei Kindern in Familien, bei denen vor allem die Mütter sehr auf Sauberkeit achten ("Immunsystem sucht sich andere Arbeit")

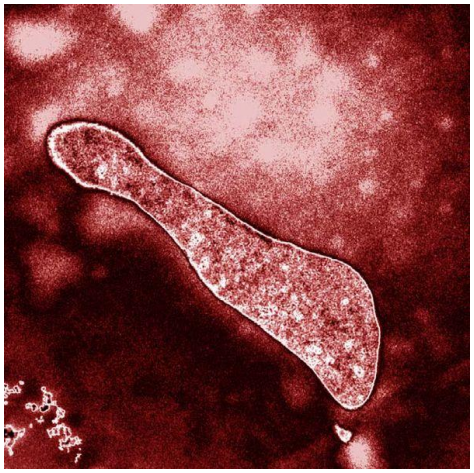
ökologische Funktion als Destruenten
Umsetzung der toten Biomasse in nutzbare Nährstoffe für Pflanzen

Symbionten auf und in anderen Organismen



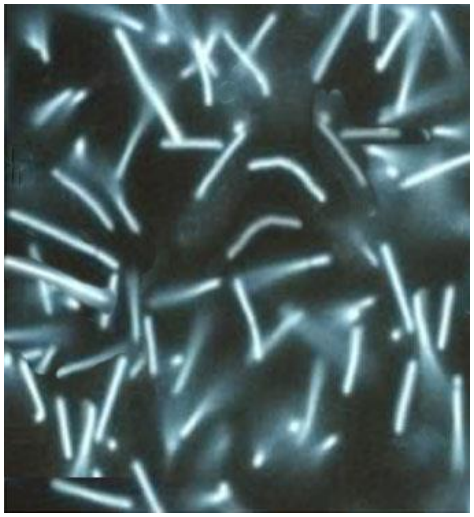
Q: de.wikipedia.org (GFJ)

1.2.1.1. archaeische Procyte



Archaee der Art *Ferroplasma acidiphilum*
Q: commons.wikimedia.org (Indumathy Jayamani)

Die Archaeen sind erst seit den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts bekannt. Sie besitzen eine Zellwand, die Pseudomureïn (Pseudopeptidoglycan) enthält. Pseudomureïn ist dem Murein sehr ähnlich – besitzt aber andere Aminosäuren in den quer-verbindenden Peptid-Ketten.
Auffällige Unterschiede zu den Procyten finden wir im funktionellen Bau ihres genetischen Materials.
Zwischen den regulären Genen sind nicht codierende Abschnitte eingeschoben. Das ist besonders auffällig, weil bei Bakterien eher eine mehrfache Nutzung einzelner DNA-Abschnitte vorherrscht, als die Anlage und Speicherung "sinnloser" Informationen in eben diesen Introns.
Welchem Zweck diese Introns in dieser Entwicklungsstufe der Organismen spielen ist nicht endgültig geklärt. Eigentlich müßte diese "Sinnlosigkeit" durch evolutionäre Prozesse schnell ausgelesen werden.



Archaee der Art *Methanopyrus kandleri*
Q: de.wikipedia.org (Humorideas)

Das Chromosom der Archaeen ist häufig ringförmig geschlossen. Man spricht dann von zirkulären Chromosomen. Die Chromosomen liegen immer nackt im Cytoplasma. Man spricht auch hier von einem Kern-Äquivalent (→ 2.4. Kernäquivalent / Zellkern), weil eben eine begrenzende Zellkern-Hülle fehlt.
Archaeen besitzen mehrere Enzyme zum Verdoppeln des genetischen Materials (→ Polymerasen). Die normalen Procyten haben gerade mal eines. Diese Archaeen-Polymerase ist für die Genetiker (Gen-Techniker) besonders interessant, weil sie sehr Temperaturbeständig sind und deshalb gerne in der modernen Polymerase-Ketten-Reaktion genutzt werden (z.B. genetischer Fingerabdruck (→(🕮 **Genetik**)).
Als Alleinstellungs-Merkmal innerhalb der Lebewesen haben die Archaeen eine ganz spezielle Zell-Membran (→ 2.1. Zellmembran, Plasmalemma). Sie besteht aus ganz anderen Bausteinen und besitzt eine abgewandelte Struktur (→ 2.1.1. besondere Arten der Zellmembran).
Die Ribosomen (→ 2.10. Ribosomen) der Archaeen haben zwar ebenfalls den Sedimentations-Koeffizienten 70 S (→ Exkurs: Zentrifugation und die S-Einheiten), sind aber anders und vielgestaltiger (/ komplexer) aufgebaut.
Insgesamt ähneln die Archaeen eher den Eucyten als den Procyten. Eventuell stellen sie eine Übergangs-Stufe zwischen beiden Zell-Typen dar, die evolutionär überlebt und sich eigenständig weiterentwickelt hat.

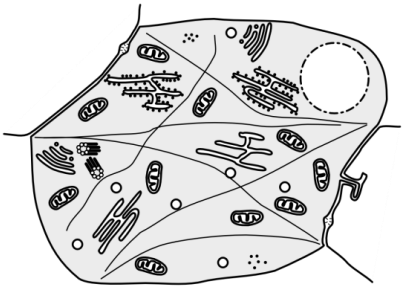
1.2.2. echte Zelle (Eucyte)

Eucytische Zellen unterscheiden sich von den Procyten durch diverse hoch-organisierte Zell-Bestandteile. Das wesentliche Element ist der – von einer speziellen Hülle – umgebene Zellkern (→ 2.4. Kernäquivalent / Zellkern). Da der echte Zellkern als Unterscheidungs-Merkmal zur Klassifikation der Zellen benutzt wird, findet man als weitere Namen für Eucyten auch die Bezeichnungen Eukaryonten bzw. Eukaryoten. Die Begriffe können völlig gleichwertig benutzt werden, da sie für die gleiche taxonomische Unterscheidung stehen.
Daneben finden wir in allen eucytischen Zellen Mitochondrien (→ 2.7.1. Mitochondrien). Sie sind die Kraftwerke der Zellen. Nur durch sie konnte sich in der Evolution die Eucyte Leistungs-mäßig deutlich von den Procyten absetzen. Die herausragende Fähigkeit der Mitochondrien – die Energie der Nährstoffe (hier: Glucose) besonders effektiv (15 – 20x besser) zu nutzen – macht ihre Besitzer zu Leistungs-starken Erfolgs-Modellen.
Alle eucytischen Zellen besitzen mehrere Möglichkeiten, den recht großen Zell-Innenraum in kleinere Reaktions- und Produktions-Räume aufzuteilen. Das stark verzweigte System von Membranen – das sogenannte Endoplasmatische Retikulum – ermöglicht eine besonders effektive Unterteilung des Zell-Inneren. Daneben werden durch Veränderungen der Fließ-Fähigkeit des Cytoplasmas weitere räumliche Strukturierungen von der Zelle vorgenommen (→ Kompartimentierung).
Wie in den Prokaryonten finden wir in den Eucyten eine Unmenge von Ribosomen. Diese unterscheiden sich aber deutlich in der Größe. Eucytische Ribosomen sind größer und werden als 80 S-Ribosomen bezeichnet (→ 2.10. Ribosomen). Diese Ribosomen sind allen Eucyten gemeinsam und unterscheiden sich innerhalb der großen und kleinen taxonomischen Gruppen nur geringfügig voneinander.
Die drei großen Gruppen eucytischer Zelle – Tier-, Pflanzen- und Pilz-Zellen – besitzen jeweils spezielle Bau-Bestandteile, die wahrscheinlich erst nach der Herausbildung und weiteren Herausdifferenzierung der (ersten) Eucyte dazugekommen sind. Typisch für die Pflanzenzellen sind z.B. die Plastiden, zu denen auch die Chloroplasten gehören. Aber auch die Vakuolen kommen nur bei ihnen vor.
Tierische Zellen sind vielfach von besonders vielen Dictyosomen (gehören zum GOLGI-Apparat (→ 2.5.2. GOLGI-Apparat)) durchsetzt und sie besitzen sogenannte Centriolen (→ 2.6.2.1. Centriolen und Spindelapparat).
Pilz-Zellen beinhalten alle gemeinsamen Bestandteile von Pflanzen- und Tier-Zellen. Ihr Alleinstellungs-Merkmal ist eine Zellwand, die Chitin enthält. Wer in im Biologie-Unterricht gut aufgepasst hat, weiss sicher noch, dass Chitin der Stoff ist, der den harten Panzer der Insekten ausmacht.
Charakteristisch ist das Vorhandensein eines mehr oder weniger aufwändigen Zell-Skelettes (→ 2.6.1. Zell-Skelett) bei den Eucyten. Besonders tierische Zellen enthalten sehr viele Faserförmige Strkturen (→ 2.6. fibrilläre und tubuläre Strukturen).
Es gibt bei allen eucytischen Gruppen sowohl einzellige als auch mehrzellige Arten.

	Eucyten			*zum Vergleich*
	tierisch	**pflanzlich**	**pilzlich**	***Procyten***
Einzeller	Pantoffeltierchen	Augen-Alge	Brau- u. Bäcker-Hefe	Milchsäure-Bakterien Blaualgen
Mehrzeller	Insekten Fische Mensch	Kugel-Alge Braunalgen Moose Farne Samenpflanzen	Käse-Schimmel Hutpilze	

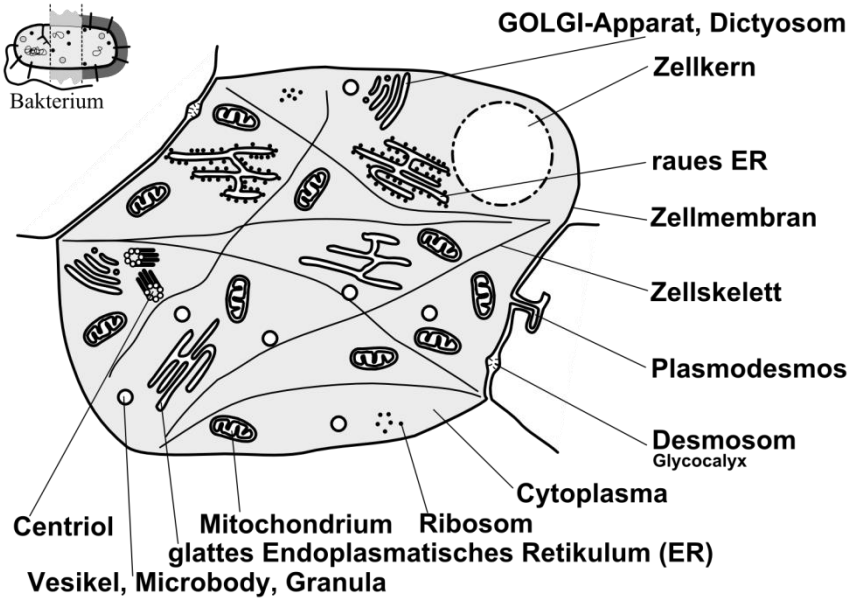
1.2.2.1. Tier-Zelle (tierische Eucyte)

(*(R) Tiere; (r) regnum animalia*)

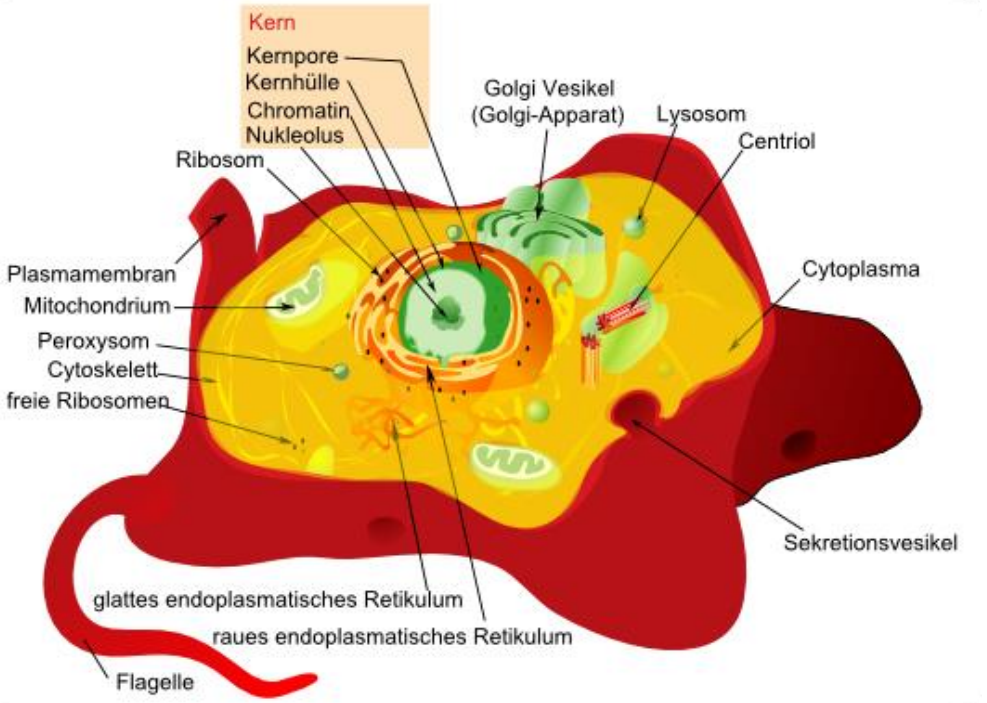


schematische Übersicht über den elektronenmikroskopischen Aufbau einer Tier-Zelle

Tierische Zellen sind sehr vielgestaltige Objekte. Sie sind weniger Form-stabil als z.B. Pflanzen- oder Pilz-Zellen, die häufig durch sehr feste und unbewegliche Zellwände umgeben sind. Die Tierzelle besitzt als äußere Abgrenzung nur die Zell-Membran. Die bewegliche Zell-Membran und das zähflüssige Cytoplasma bewirken i.A. eine eher rundliche Form. Besondere Zell-Formen sind durch die inneren Versteifungen – dem Zell-Skelett bedingt.
Besonders feste und unbewegliche tierische Zellen (z.B. Knochen- und Knorpel-Zellen) sind meist mit irgendwelchen Stoffen (z.B. Kreatin) ausgefüllt.



Besonders charakteristisch für tierische Zellen sind die Centriolen und der GOLGI-Apparat mit den besonders auffälligen Dictyosomen.
Das Zell-Skelett ist bei tierischen Zellen ebenfalls besonders umfangreich und vielgestaltig gebaut. Da Tierzellen über keine äußere Stabilisierungs-Strukturen (so wie die Zellwände bei Pflanzne oder Pilzen) verfügen, muss durch innere Festigkeits-Elemente die Form und Struktur der Zelle unterstützt werden.
Das mit abgebildete Bakterium soll uns die Größen-Verhältnisse etwas besser verdeutlichen, als dies vielleicht irgendwelche Zahlen könnten.
Die umseitige Abbildung läßt die räumliche Struktur der tierischen Zelle vielleicht noch mal etwas besser erahnen.

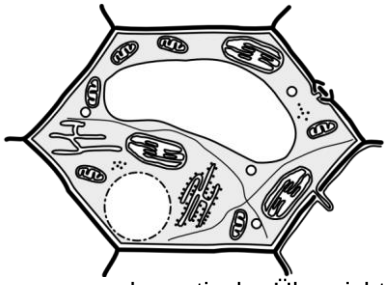


Q: de.wikipedia.org (LadyofHats)

interessante(r) Internet-Link(s):
http://www.youtube.com/watch?v=fNyq4A08mTo&feature=related (Animation: Flug durch die Zelle)

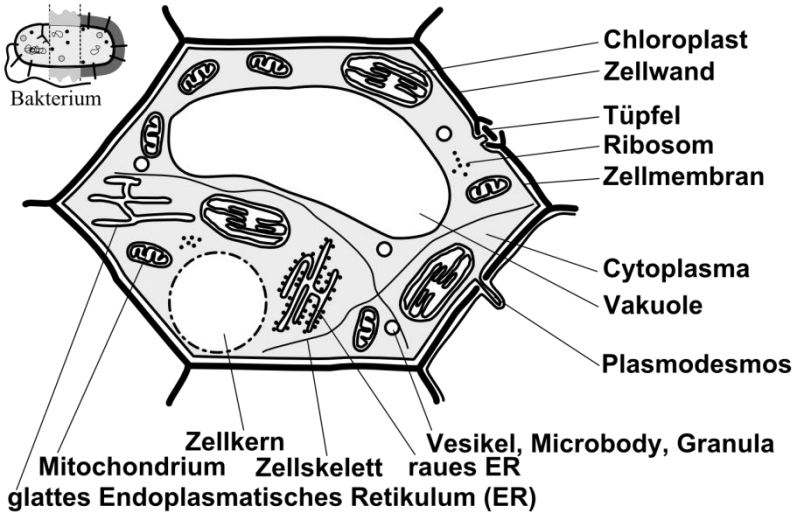
1.2.2.2. Pflanzen-Zelle (pflanzliche Eucyte)

((*R) Pflanzen; (r) regnum plantae*)

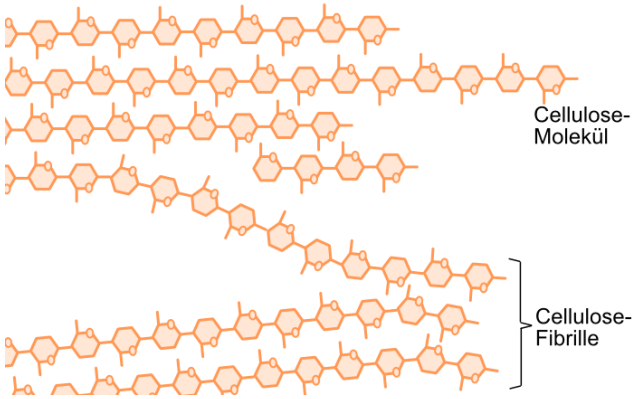


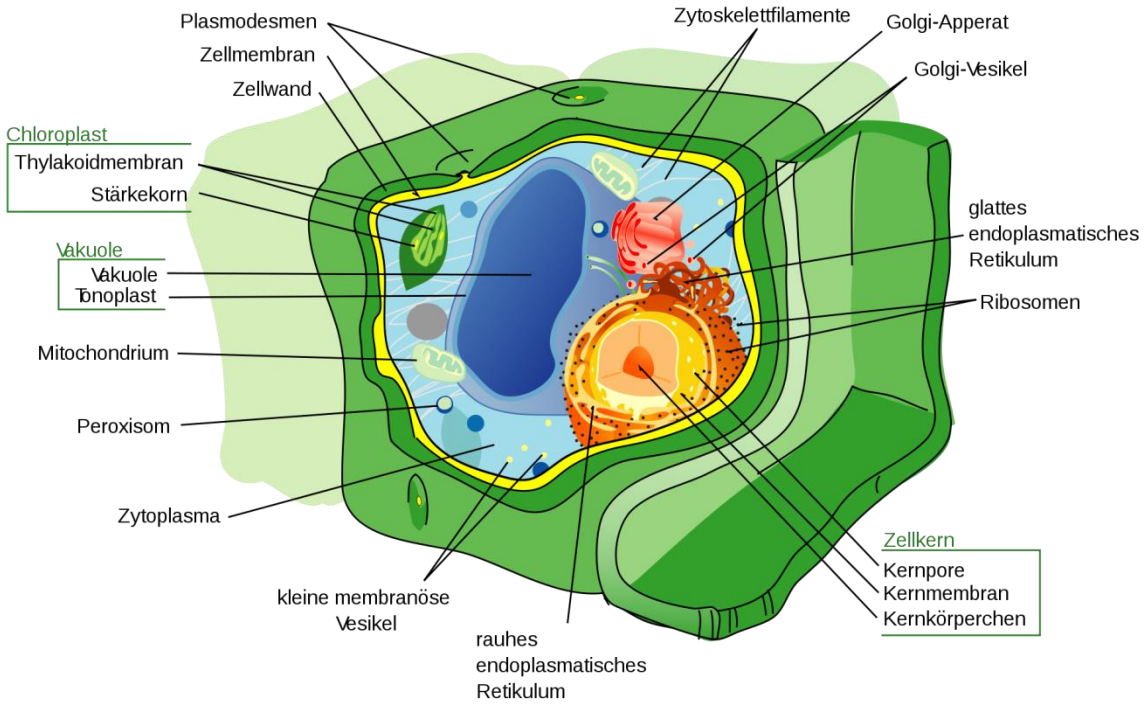
schematische Übersicht
zum Aufbau einer Pflanzen-Zelle

Elektronenmikroskopisch bietet die Pflanzenzelle nicht viel Neues. Natürlich sind da die Chloroplasten, deren Feinstruktur hat aber viel Ähnlichkeit mit den Mitochondrien. Hinzu kommen divererse Kleinst-Körperchen, wie Microbodys, Peroxisomen und natürlich Vakuole und Zellwand.
Das gesamte Spektrum der elektronenmikroskopisch sichtbaren Strukturen tierischer Zellen finden wir eigentlich auch in der Pflanzen-Zelle.
Lediglich die jeweilige Menge ist an die speziellen Lebens-Vorgänge und die Bau-Bedingungen angepasst. So sind z.B. die Faser-Strukturen sehr stark reduziert. Bei den Pflanzenzellen übernimmt die Zellwand die Haupt-Stütz-Funktion. Aber es werden natürlich immer noch Fasern z.B. für Transporte gebraucht.
Die Anzahl der Mitochondrien liegt üblicherweise deutlich unter der in tierischen Zellen. Pflanzenzellen gewinnen ihre Energie (ATP) im Wesentlichen über die Photosynthese. Da ist die Zellatmung in den Mitochondrien nur noch Not-Energie-Versorgung für die Nacht und ev. sehr Sonnen-arme Tage.
Die spezielle Umhüllung der Pflanzen-Zellen – die Zellwand – stellt besondere Anforderungen an die Realisierung von Transporten und anderer Kommunikation mit Nachbarzellen.



Diesen Aufgaben dienen Plasmodesmen – Plasma-Schläuche – die durch Löcher in der Zellwand in die anderen Zellen hineinreichen. An den Plasmodesmen erfolgt der Austausch von Stoffen und Informationen zwischen zwei benachbarten Zellen.
Die HOFF-Tüpfel sind Strukturen, die einen sicheren Wasser-Haushalt in jeder Zelle garantieren. Sie funktionieren wie Rückschlag-Ventile, die beim Wasser-Verlust auf der einen Seite, die Zellwand so abdichten, dass kaum noch Wasser an der Leck-Seite austreten kann.
Das Haupt-Baumaterial der Zellwände ist die Cellulose – auch Zellstoff genannt. Cellulose gehört zu den Polysacchariden und ist sehr schwer Wasser-löslich.
Auf der nächsten Seite folgt noch eine Abbildung, die den räumlichen Bau der Pflanzen-Zelle etwas deutlicher darstellt.

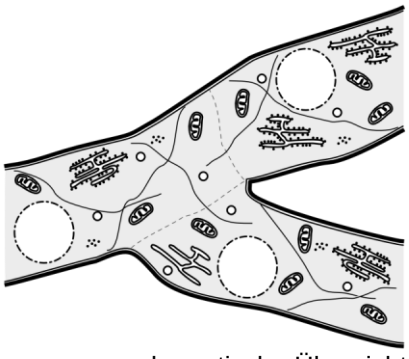




Q: de.wikipedia.org (LadyofHats)

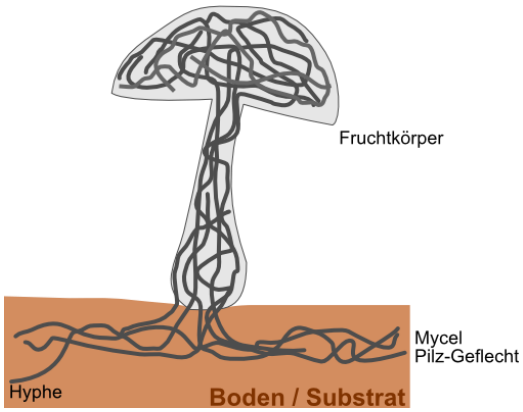
1.2.2.3. Pilz-Zelle (pilzliche Eucyte)

((*R*) *Pilze, (r) regnum fungi*)

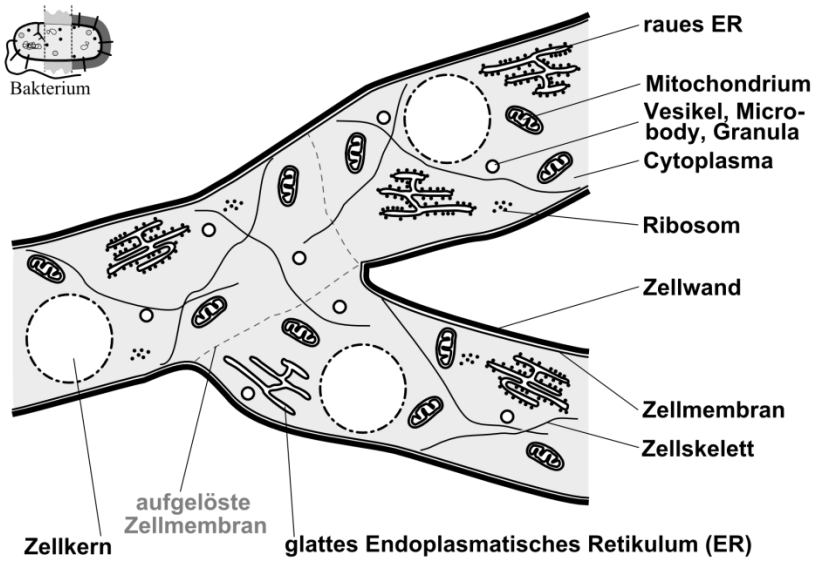


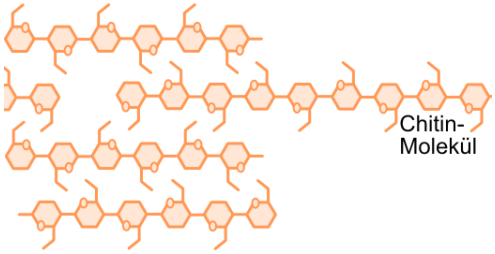
schematische Übersicht
zum Aufbau von Pilz-Zellen

Pilze und Pilz-Zellen werden in der Cytologie etwas stiefmütterlich behandelt. Das wird ihrer Verbreitung und biologischen Bedeutung aber nicht gerecht. Wir versuchen deshalb hier etwas mehr von den Pilzen einzubringen.
Da müssen wir auch gleich mit einem weit verbreiteten Mißverständnis aufräumen. Pilze sind nicht die Teile, die man so gerne im Wald sammelt. Dies sind nur die Fruchtkörper. Auch der ungeliebte Schimmel auf verdorbenen Lebensmitteln ist nicht der Pilz – sondern ebenfalls die Ansammlung von Millionen Sporen-Kapseln – den Fortpflanzungs-Organen.
Der eigentliche Pilz lebt im Substrat – also dem Boden oder den Lebensmitteln. Hier bildet er ein weit verzweigtes Netz aus Zell-Fäden. Die Zell-Fäden werden auch Hyphen genannt – das gesamte Geflecht Mycel.
Bei der Teilung von Pilz-Zellen entstehen zwischen den Tochter-Zellen etwas dünnere Zellwände – die Septen.
Bei vielen – vor allem höheren – Pilzen verschmelzen (fusionieren) die einzelnen Zellen zu einem Zell-Verbund – dem Syncythium (auch: Synzytium, Coenoblast, Coenocyt).
Es stellt quasi eine große Zelle mit vielen Zellkernen dar.



Pilz-Zellen weisen ansonsten sehr viele bauliche Ähnlichkeiten mit den Pflanzenzellen auf. Ihnen fehlen aber die Chloroplasten und die Zellwand ist nicht so massiv.
Statt aus Zellulose besteht die Zellwand der Pilze vorrangig aus Chitin. Chitin ist der Stoff, den man vielleicht von den Hüllen (Außen-Skeletten) der Insekten und Krebstiere kennt. Chemisch ist er aus einem Saccharid-Derivat (Abkömmling) zusammengesetzt.





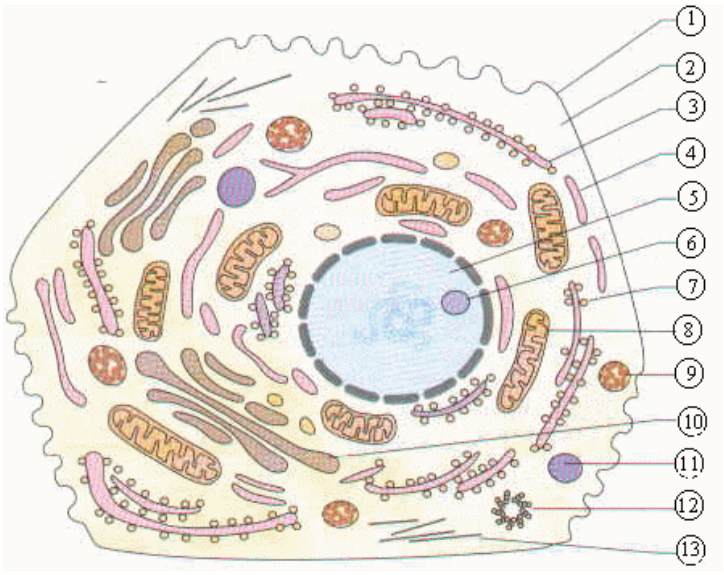
Vergleich zwischen Pro- und Eucyte(n)

	Procyte	**Eucyte(n)**			Vergleich		
Kriterium	Bakterium	Tierzelle	Pflanzenzelle	Pilzzelle	zwischen Pro- und Eucyte	zwischen den Eucyten	Bemerkungen
durchschn. Größe	1 µm	25 µm		bis km	≠	rel. ≈	Pilzfäden bestehen aus einen Zellverband
Zellwand	ja enth. Murein	nein	ja enth. Zellulose	ja enth. Chitin	≠	≠	
Zellmembran	ja	ja			=	=	
Zellplasma	ja	ja			=	=	
Zellkern	nein Kernäquivalent	ja			≠	=	
Mitochondrien	nein	ja			≠	=	
Chloroplasten	nein Chlorophyll	nein	ja Chlorophyll	nein	≠	≠	
Vakuole	nein	nein	ja	nein	≠	≠	
Dictosomen	nein	ja			≠		
Endoplasm. Retikulum	nein	ja					
Chromosomen	Plasmid ringförmig	ein bis mehrere linear			≠	=	
Ribosomen	ja 70 S	ja 80 S			rel. ≈	=	

(c,p) 2008 – 2023 lsp: drews

Aufgaben:

1. *Ordnen Sie die Nummern der nebenstehenden Abbildung Bezeichnungen zu! Um welche Art Zelle handelt es sich hier? Begründen Sie Ihre Meinung!*
2. *Vergleichen Sie Tier- und Pflanzenzelle in einer Tabelle!*
3. *Leiten Sie aus der Tabelle von Aufgabe 2 die allgemeingültigen Merkmale einer Eucyte ab!*

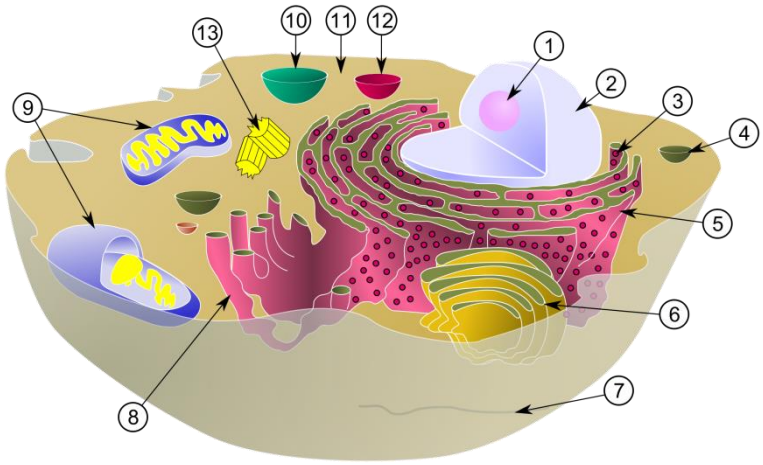


Q: www.zum.de (mallig)

4. *Vergleichen Sie eine procytische und eine (allg.) eucytische Zelle miteinander!*

selbstständige Übung:

1. *Ordnen Sie die Nummern der nebenstehenden Abbildung Bezeichnungen zu! Um welche Art Zelle handelt es sich hier? Begründen Sie Ihre Meinung!*
2. *Vergleichen Sie Tier-, Pilz- und Pflanzenzelle in einer Tabelle!*



Q: de.wikipedia.org (MesserWoland + Szczepan1990)

)

Exkurs: erweiterte Gegenüberstellung von Procyte und Eucyte

Für weiterführende und erläuternde Informationen verweisen wir auf die nachfolgenden Abschnitte, Kapitel und Teilbücher.

Merkmal	Prokaryont / Procyte	Eukaryont / Eucyte
normale Größe	0,3 – 2,5 µm	2 – 20 (- 300) µm
Tendenz zur Vielzelligkeit und Zelldifferenzierung	keine	ausgeprägt
Generationsdauer	≧ 20 min	mehrere Stunden bis viele Jahre
Zellzyklus		G_1, S, G_2, M
Zellteilung	Septenbildung / Spaltung	Mitose und Cytokinese
Organisation des Genoms	1 zirkuläres Molekül	mehrere lineare Moleküle (Chromosomen)
DNA-Menge	$7*10^{-4}$ – $1*10^{-2}$ pg	$2*10^{-2}$ – 100 pg
nichtkodierende Abschnitte auf der DNA	kaum	überwiegend
Introns	selten	vorhanden
genetische Rekombination	durch Konjugation	durch Meiose und Syngamie
Nucleosomen (Histone)	nein	ja
separate RNA-Polymerasen für mRNA, rRNA u. tRNA	nein	ja
Größe der Ribosomen (Größe der Untereinheiten)	70 S (30 S + 50 S)	80 S (40 S + 60 S)
Inhibition der Translation ***- mit Chloramphinicol*** ***- mit Cycloheximid***	 ja nein	 nein ja
intrazelluläre Kompartimentierung	wenig, selten	vielseitig
Membranfluss, Exo- u. Endozytose	nein	ja
semiautonome Organellen	nein	Mitochondrien, Chloroplasten
Gasvakuolen	Halobakterien, Cyanobakterien	nein
Actin-Fibrillen	ja (für interne Bewegung der Plasmide und Verteilung bei Spaltung)	ja (Zell-Skelett)
Actomyosinsystem	nein	ja (für Zell-Bewegung)
Mikrotubuli, ***Dynein-System,***	nein	ja (für Transport des genetischen Materials (Spindel-Fasern))
Geißeln (Cilien)	aus Flagelin	aus Tubulin u. weiteren Proteien
Extrazelluläre rotierende Flagellen	ja	nein
Fettsäure-Synthase-Komplex	meist als Einzel-Enzyme	als 1 – 2 multifunktionale Polypeptide
3fach ungesättigte Fettsäuren	selten	ja
als Membranlipide ***- Sterole*** ***- Cardiolipin***	 selten ja	 häufig nur in innerer Mitoch.-mem.

→

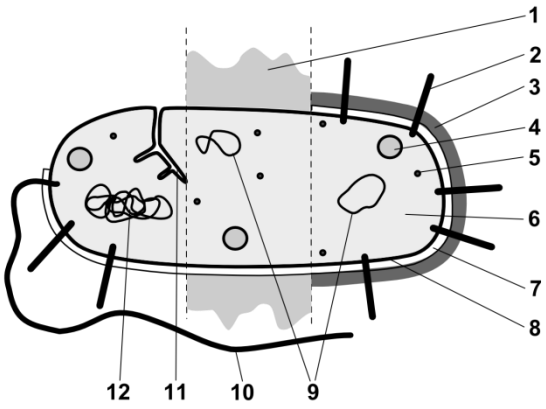
Merkmal	Prokaryont / Procyte	Eukaryont / Eucyte
Peptidoglykan als Wandsubstanz	häufig	nein
Anaerobiose	häufig	nur Hefe
N-Fixierung über Nitrogenase	häufig	nein
Chemolithotrophie	vielfältig	nein
Membran-Bestandteil - Cholesterol	nein	ja (aber nicht in inneren Plastiden-Membranen)

Q: nach /4/

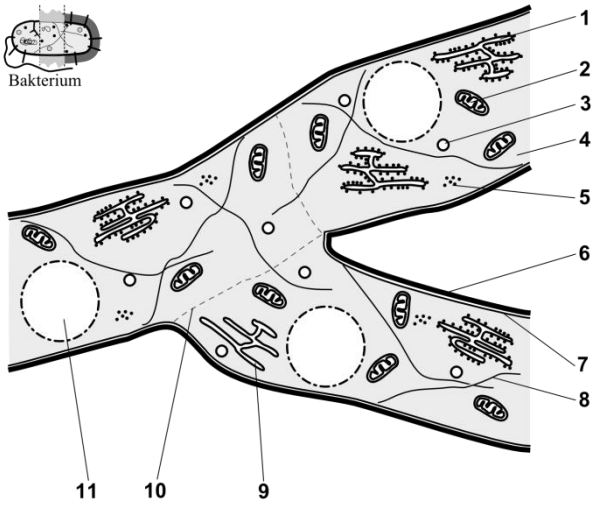
komplexe Aufgaben z.B. zur Vorbereitung auf Leistungs-Kontrollen usw.:

1. *Nennen Sie die Merkmale des Lebens! Prüfen Sie, ob ein Kamel bzw. ein Auto Lebewesen sind! Geben Sie immer kurze Begründungen für jedes Merkmal an!*
2. *Zeichnen Sie eine Procyte und eine beliebige Eucyte (Pflanze, Tier, Pilz) so nebeneinander, das Sie dazwischen beschriften können! Beschriften Sie nun die Bestandteile, die in beiden Zell-Typen vorhanden sind!*
3. *Erkennen Sie den Zelltyp der nachfolgenden Zellen und benennen Sie die nummerierten Zell-Bestandteile!*

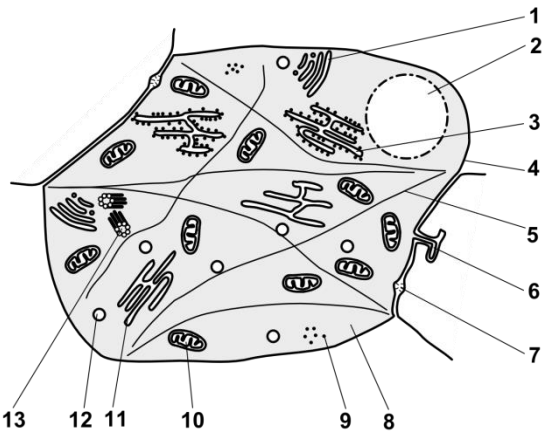
Zelle I:



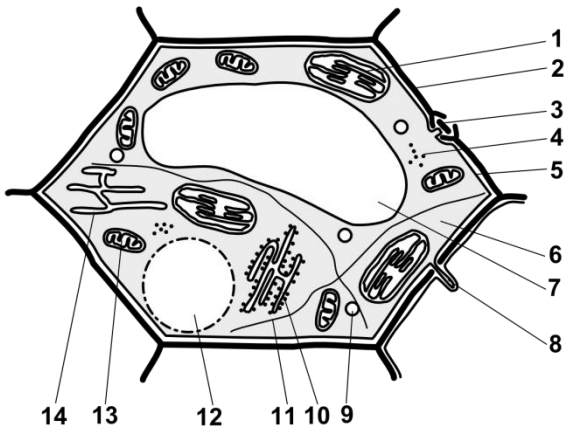
Zelle II:



Zelle III:



Zelle IIII:



4. *Vergleichen Sie eine Pilz-Zelle mit einer Bakterien-Zelle!*
5. *Viele Schimmel-Pilze produzieren sogenannte Mykotoxine. Das sind z.T. sehr giftige Stoffe. Weil meine Oma dies weiss, entfernt sie bei einer schimmligen Marmelade – die eigentlich immer sehr lecker schmeckt – die oberste pelzige Schicht. Bewerten Sie dieses Vorgehen!*

2. Bau und Funktion der Zellbestandteile

Bau und Funktion stellen in der Biologie eine wichtige Beziehung dar. Der Bau bestimmt die möglichen Funktionen. Die Funktionen beeinflussen dazu über die evolutionäre Auslese wieder den Bau.

Auf zellulärer Ebene ist eine genaue Verfolgung der Veränderungen erst für mehrere Millionen Jahre zurück möglich. So kleine Strukturen, wie Bakterien, werden nicht versteinert bzw. verlieren sich unter den extremen geologischen Bedingungen. Die meisten Erkenntnisse werden indirekt oder im Vergleich mit heute lebenden Organismen gewonnen. Vieles bleibt also spekulativ.

Völlig im Dunklen ist die Entstehung der Zellen vor rund 4,5 Mrd. Jahren. Zu den ungefähren Zeitpunkten für die Neuentstehung oder Abzweigung der verschiedenen Zelltypen gibt es schon etwas genauere Aussagen. Aber auch hier herrscht noch viel Unwissenheit gepaart mit Unsicherheit.

Wichtigste Zellbestandteile sind die umgebenden und begrenzenden Membranen (→ 2.1. Zellmembran, Plasmalemma) sowie das Zytoplasma (→ 2.3. Cytoplasma). Das Zytoplasma wird oft als das eigendliche 'Leben' verstanden.

Neben membranösen Strukturen (→ 2.5. Endoplasmatisches Retikulum, GOLGI-Apparat und Visikel) – zu denen auch GOLGI-Apparat und Endoplasmatisches Retikulum gehören – finden wir auch fibrilläre (Faden-förmige) bzw. tubuläre (Röhren-förmige) Bestandteile (→ 2.6. tubuläre Strukturen) in den Zellen. Sie gehören zumeist zum Zellskelett. Haltgebung und Formstabilität werden entscheidend durch das Zellskelett realisiert. Aber auch bei verschiedensten Transportvorgängen spielen die fibrillären Strukturen eine wichtige Rolle.

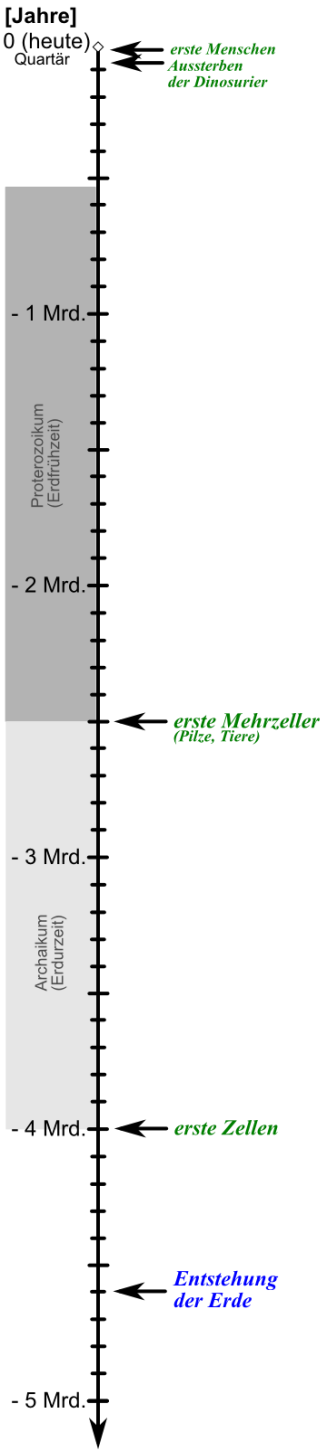
Vesikel sind bläschenartige Strukturen (→ 2.9. paraplasmatische (ergastische) Strukturen). In den Zellen finden wir solche mit (einfacher) und ohne Membranumhüllung. Vesikel dienen vornehmlich der Verarbeitung und Speicherung von Zellwichtigen Stoffen.

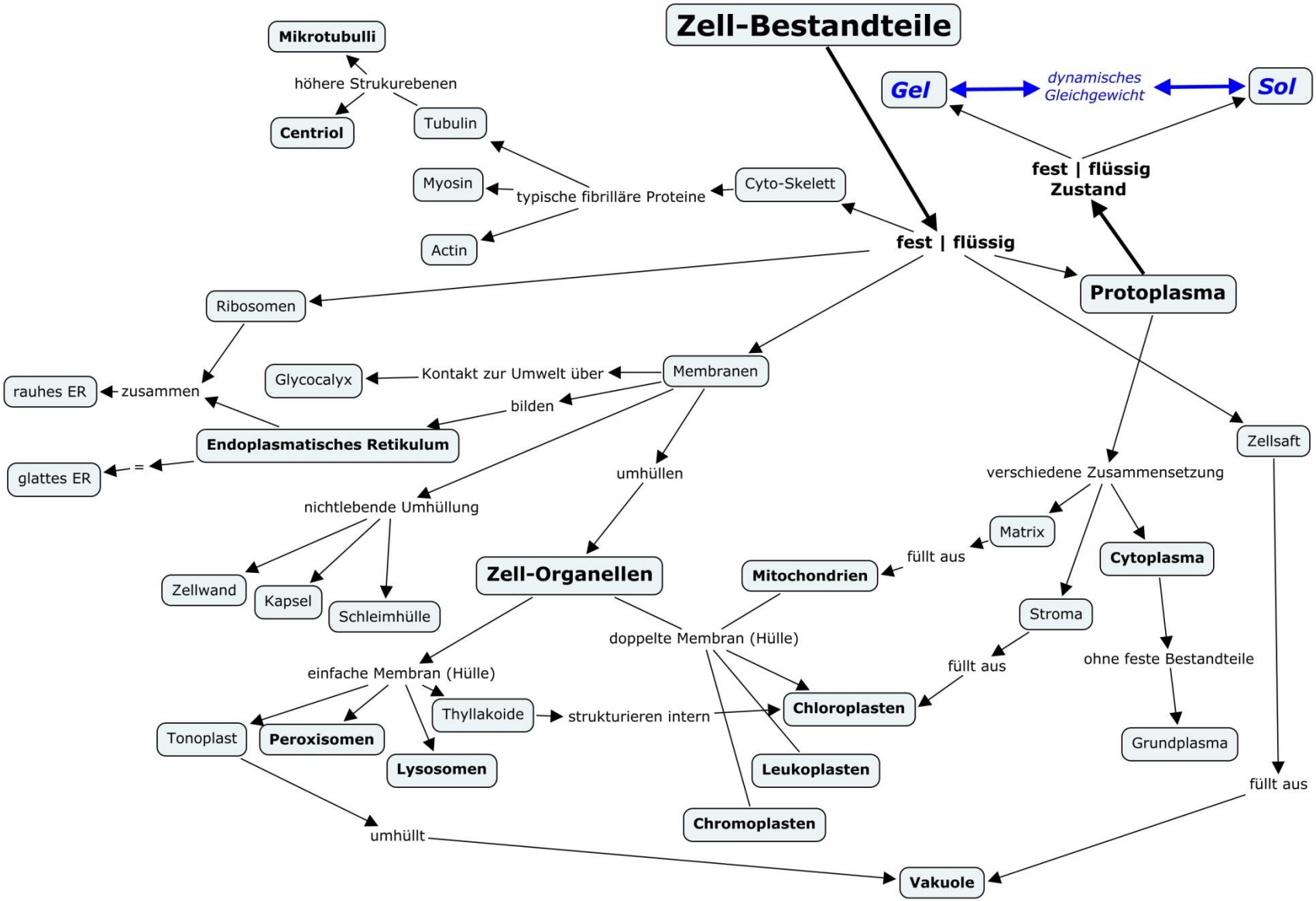
Höher entwickelte Zellen, wie sie in Pflanzen, Tieren und Pilzen vorkommen, enthalten deutlich abgegrenzte, hochspezialisierte und eigenständige Zellorganellen (→ 2.7. Zellorganellen), wie z.B: Mitochondrien, Chloroplasten und Leukoplasten.

Ebenfalls vorrangig für die Speicherung von Stoffen ist die Vakuole (→ 2.8. Vakuole) verantwortlich. Mit der (gespeicherter) Vakuolen-Flüssigkeit, die vorrangig aus Wasser besteht, wird der Zell-Innendruck (Tugor) und der Gesamt-Wasser-Haushalt reguliert.

Allen Zellen gemeinsam sind die winzigen Ribosomen (→ 2.10. Ribosomen). Sie sind quasi die Eiweiß-produzierenden Roboter der Zellen.

In einigen Zellen finden wir auch noch kristalline und andere abiotische Zellbestandteile (→ 2.11. kristalline und abiotische Zellbestandteile). Sie bilden sich meist in ungünstigen Stoffwechsel-Situationen, sozusagen als Abfall-Halden, aber auch als Speicherstoffe. Diese Zellbestandteile "überleben" häufig den Tod ihrer Zelle und bilden die Grundlage für Ablagerungen, Versteinerungen, Verkieselungen usw.

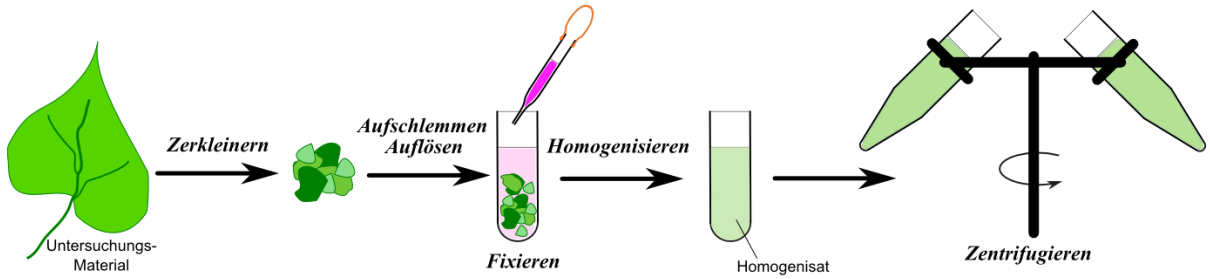




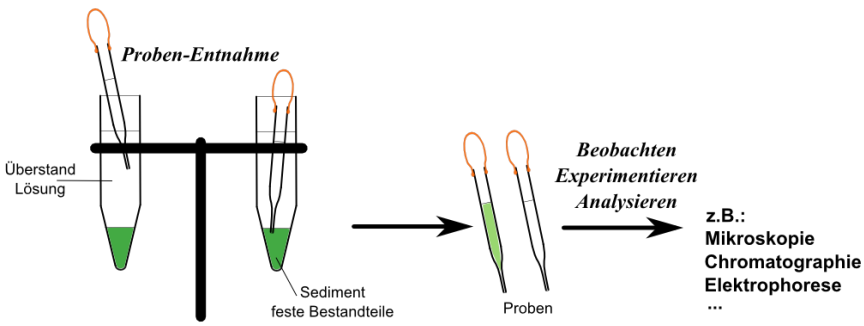
 (c,p) 2008 – 2023 lsp: drews

2.0. Arbeitstechniken der Cytologie (Probenaufbereitung)

Die Zell-Bestandteile müssen vor vielen Untersuchungen erst einmal aus der Zelle herausgeholt werden. Meist ist auch eine Aufkonzentrierung notwendig, damit genug Material zur Verfügung steht.
In der klassichen Cytologie verfährt man dazu ungefähr nach dem nachfolgenden Verfahren. Auch die Stoffwechsel-Physiologie und die Molekular-Genetik nutzen dieses grundlegende Verfahren zur Erschließung von Proben-Material.
Zuerst wird natürlich biologisches Material besorgt. Das können originale Teile von Organismen sein, wie z.B. Laub-Blätter oder die Leber. Manchmal werden auch die ganzen Organismen genutzt. Dies ist besonders bei kleinen Organismen und bei Einzellern der Fall, wie z.B. Bakterien, Hefen, Pantoffeltierchen. Um bei höheren Organismen (z.B. Säugetiere) nicht immer die Tiere für Gewinnung des Proben-Materilas zu töten, werden in den meisten Laboren heute Zell-Kulturen verwendet. Für deren Anlage benötigt man nur wenige entnommene Zellen. Diese werden dann auf Nähr-Böden oder in Kultur-Lösungen überführt. Hier können sie sich vermehren und nach kurzer Zeit steht dann viel einheitliches Untersuchungs-Material bereit.
Das gesammelte Material wird zuerst zerkleinert. Neben dem einfachen Zerschneiden nutzt man auch Mörser dazu. In diesen wird das feste Proben-Material mittels reinem Seesand zerrieben. Das zerkleinerte Material wird dann in ein Lösungsmittel gegeben. Dort kann sich dann z.B. der Sand absetzen. Dieser würde z.B. bei mikroskopischen Untersuchungen extrem stören.



In vielen Fällen wird als Nächstes eine Fixierung durchgeführt. Damit soll sichergestellt werden, dass das Proben-Material in den weiteren Arbeitsschritten im Labor nicht noch irgendwie anderen Lebens-Bedingungen ausgesetzt ist. Die Fixierung erfolgt z.B. mit bestimmten Chemikalien (z.B. Ethanol oder Colchicin) oder aber mit schnellen Temperatur-Veränderungen (Schock-Gefrieren oder Erhitzen). Wenn lebendes Material gebraucht wird, dann wird dieser Schritt natürlich übersprungen.
Um einheitliches Material zu erhalten und auch z.B. an die Zell-Bestandteile heranzukommen, wird die Probe zumeist homogenisiert. Dazu nutzt man Pürier-Stab-ähnliche Geräte. Das dabei gebildete Homogenisat (quasi das Püree) wird dann in Zentrifugen überführt. In den Lösungen ist das Material einfach zu dünn verteilt. Außerdem stört für weitere Untersuchungen vielfach das – zum Aufschließen verwendete – Lösungsmittel.
In der Zentrifuge setzt sich das feste Material nach und nach ab. Nun können sowohl die Lösungen abpipetiert oder dekantiert (abgegossen) werden als auch die festen Bestandteile entnommen werden.

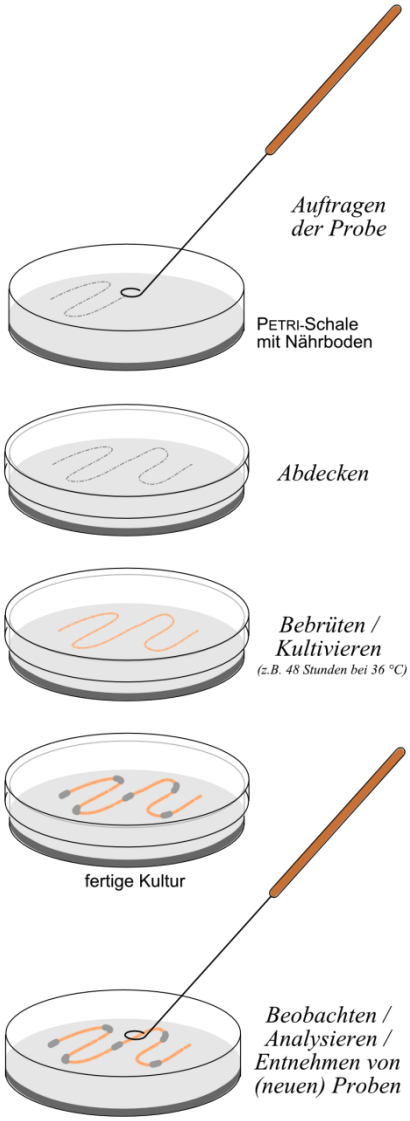


Je nach den folgenden Untersuchungs-Methoden folgen noch weitere Arbeitsschritte.
So werden viele Proben mit den verschiedensten Farbstoffen oder anderen Markierungs-Stoffen (z.B. radioaktive Isotope) in Kontakt gebracht. Erst mit diesen erhält man dann auswertbare Beobachtungen oder Bilder.

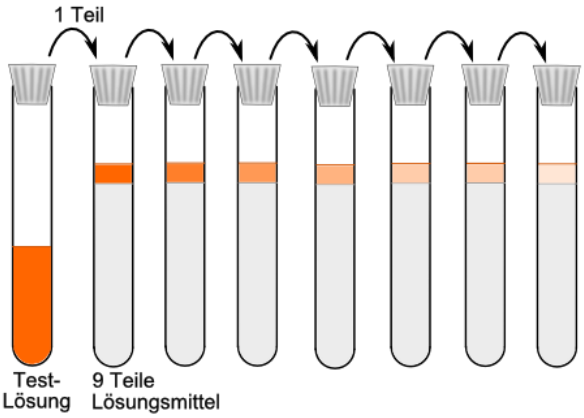
Farbstoff Farbstoff-Kombinationen	**normale Farbe / Farbe in der Arbeits-Lösung**	**geeignet für Objekt ...**	**typische Objekt-Farben**
Anilinsulfat		verholzte Zellwände (Lignin-Nachweis)	dottergelb
Chlor-Zinkiodid		Zellwände (Cellulose-Nachweis) bei vorhandenem Suberin	violett gelbbraun
Eosin		basische Zell-Regionen bzw. –Bestandteile (z.B. Cytoplasma)	
Fuchsin-Pikrinsäure		Zellkern, Zellwand	intensiv rot
Gentianaviolett		Leukoplasten Zellkern, Zellwand	intensiv violett schwach violett
Hämatoxylin		saure Zell-Bestandteile bzw. Regionen (z.B. Zellkerne)	
Hämalaun		verholzte Zellwände Hoftüpfel Zellkerne	kräftig blau bis blauviolett blau schwarzblau
Hämalaun-Fuchsin		verholzte Zellwände bei vorhandenem Suberin	rot blau
Iod-Kaliumiodid-Lösung LUGOLsche Lösung		Stärke	blau bis schwarz
Kaliumpermanganat		verholzte Zellwände	leuchtend weinrot
Karminessigsäure		Zellkerne (Chromosomen)	rot
Kernschwarz		nicht-verholzte Zellwände	grau bis schwarz
Kongorot		nicht-verholzte Zellwände	leuchtend ziegelrot
Methylenblau		 !!! Vital-Farbstoff	blau
Neutralrot		Vakuole	
Safranin-Lösung		Zellwände verholzte Zellwände	schwach rot kräftig rot
Sudan-III-Lösung	orange-rot	Fett Suberin (Korkstoff) Cutin (Wachs-Schicht)	orangerot kräftig gelbrot kräftig gelbrot
Trypan-Blau		Unterscheidung lebender und toter Zellen	

Für die Verwendung von Fluoreszenz-Farbstoffen benötigt man dann spezielle Mikroskope mit UV-Lampen. Nur mit solchem Licht kommen die Fluoreszenz-Farbstoffe dann zum Leuchten. Im Normal-Licht sind keine speziellen Färbungen zu erkennen.
Zur Markierung von bestimmten Zell-Strukturen nutzt man auch spezielle Metall-Verbindungen. Sie binden ebenfalls nur an bestimmten Zell-Strukturen. Mittels spezieller physikalischer Verfahren lassen sich dann diese Metall-Verbindungen sichtbar machen.

Um z.B. einfache Pilze oder Bakterien in ausreichender menge und Reinheit zu erhalten, kultivieren die (Mikro-)Biologien die Organismen z.B. auf sogenannten PETRI-Schalen. Diese enthalten auf dem Grund der einen Schalen-Hälfte einen Nährboden. Dieser besteht aus dem Träger-Material Agar-agar. Im Nährboden sind weiterhin alle notwendigen Nährstoffe enthalten, die für die jeweiligen Organismen (Kulturen) notwendig sind.
Mittels einer vorher desinfizierten (abgeflammten) Nadel werden Proben auf dem Nährboden verstrichen.
Nach dem Abdecken – um weitere Einträge von Organismen zu verhindern – werden die Kulturen in Brut-Schränke gebracht. Bei definierten Bedingungen haben die Proben nun Zeit, sich zu teilen und zu entwickeln.
Die fertigen Kulturen können am Ende dann vielfach verwendet werden. Für einfache Untersuchungen reicht z.B. schon die Besichtigung der Nährplatten. Dabei interessieren dann die Anzahl der Einzel-Kulturen, deren Farbe und Form. Anhand solcher Eigenschaften lassen sich bestimmte Keim-Arten schon recht gut bestimmen. Mit Hilfe spezieller Nährböden, die z.B. bestimmte zusätzliche Stoffe enthalten oder bestimmte Nährstoffe nicht enthalten, lassen sich weitere Unterscheidungen der Kulturen durchführen. So können z.B. Keim-Belastungen gut bewertet werden.
Mit Hilfe von Nadeln oder Pipetten lassen sich auch Proben für andere Untersuchungen entnehmen.
Für die Zucht ganz bestimmter Arten von Keimen können aus deren Einzel-Kultur vorsichtig kleine Proben entnommen werden, die dann wieder auf andere Kultur-Gefäße übertragen werden.
Neben PETRI-Schalen sind auch (mit Papier-Stopfen oder Metall-Hütchen verschlossene) Reagenzgläser oder auch Quader-förmige Kultur-Fläschchen im Gebrauch. Solche Gefäße werden meist mit flüssigen Nähr-Lösungen bestückt.



Eine weitere wichtige Arbeits-Technik ist die Herstellung und Nutzung von Verdünnungs-Reihen. Dazu wird 1 Teil (z.B. 1 ml) aus der Proben-Lösung entnommen und in ein weiteres Reagenzglas überführt. Nun fügt man 9 Teile Lösungsmittel dazu und mischt gut durch. Die resultierende Lösung ist nun 1 zu 10 verdünnt, also hat nur noch ein Zentel der ursprünglichen Konzentration. Mit der verdünnten Lösung kann man nach dem gleichen Prinzip weiter vorgehen. So erhält man dann Lösungen mit nur einem Hunderstel, Tausendstel usw. der ursprünglichen Konzentration.



Verteilt man nun z.B. 1 Teil aller Verdünnungen auf eine PETRI-Schale und bebrütet diese, dann lässt sich indirekt die ursprüngliche Konzentration ermitteln. Wächst nämlich auf einer Schale keine Kultur mehr, dann war in dessen Proben-Teil kein Keim mehr enthalten. Unter Verwendung der Verdünnungs-Stufe (bzw. dem Misch-Verhältnis) ist dann eine ziemlich genaue Angabe bezüglich der unverdünnten Stamm- oder Proben-Lösung möglich. Exakt natürlich nur für 1 Teil der Stamm-Lösung.

2.0.1. Zentrifugations-Verfahren



einfache Hand-betriebene Zentrifuge
Q: de.wikipedia.org (Stephan M.Höhne)

Um feste / schwere Teile aus Lösungen bzw. von leichteren zu trennen, verwendet man Zentrifugen. Mit Hilfe von Rotationen werden hohe Flieh-Kräfte erzeugt, die sich zuerst auf Objekte mit einer hohen Masse auswirken.
Diesen Effekt kennen wir vom Kettenkarussel vom Jahrmarkt. Dort gehen zuerst die Personen mit einer größeren Masse (häufig umgangssprachlich, aber physikalisch falsch, mit dem Gewicht gleichgesetzt) in eine weiter ausladende Bahn über. Die leeren Sitze werden deutlich weniger geneigt.
Je größer und schwerer die Teilchen im Homogenisat sind, umso eher setzen sie sich bei schon geringeren Rotationsgeschwindigkeiten (Umdrehungen pro min) ab. Kleine und leichte Teilchen brauchen sehr hohe Umdrehungszahlen und oft aber auch lange Zeiten.
Die abgesetzten Partikel (Sediment, selten auch: Pellet) werden später abgetrennt (abpipetiert) und der Überstand weiteren Zetrifugationen ausgesetzt.
Das stufenweise Abtrennen durch mehrere aufeinanderfolgende Arbeitschritte nennt man auch **fraktionierte Zentrifugation** bzw. **Sedimentations-Zentrifugation**.
Bei Rotationsgeschwindigkeiten, die dem 500 bis 1'000fachen der Erdbeschleunigung entsprechen, setzen sich z.B. Zellkerne ab. Hierfür reichen noch wenige Minuten Zentrifugation. Bei ungefähr 1'500 bis 10'000 g setzen sich dann die Mitochondrien ab. Die notwendige Zentrifugationszeit liegt schon bei Stunden, damit sich alle Partikel in dieser Größen- und Massen-Klasse absetzen. Noch länger dauert es, um z.B. Ribosomen abzutrennen. Die notwendigen Zentrifugal-Kräfte von ungefähr 100'000 g werden nur mit sehr guten Zentrifugen (Ultrazentrifugen) erreicht.
Das g steht nicht etwa für Gramm, sondern ist das physikalische Symbol für die Erdbeschleunigung. Ihr exaktes Maß ist 9,81 m/s^2. Bei 2 g haben wir es dann mit der doppelten Erdbeschleunigung zu tun usw. usf.

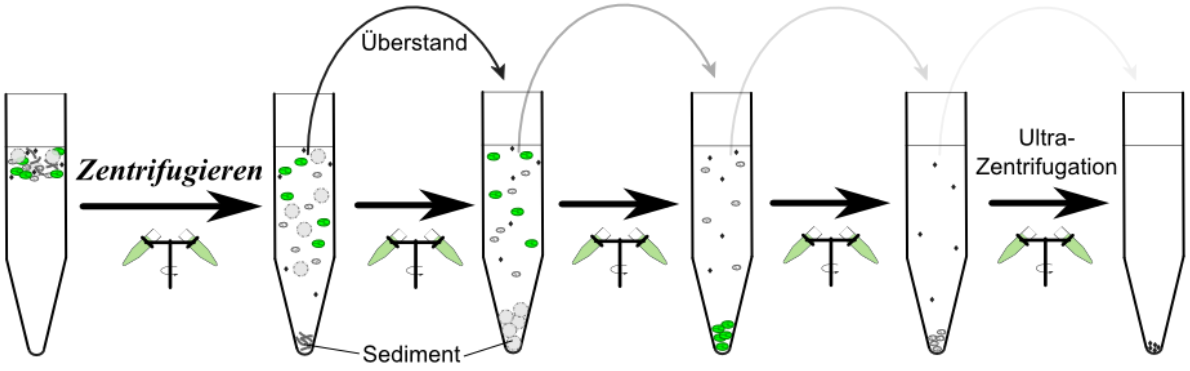


moderne Labor-Zentrifuge
Q: de.wikipedia.org (Magnus Manske)

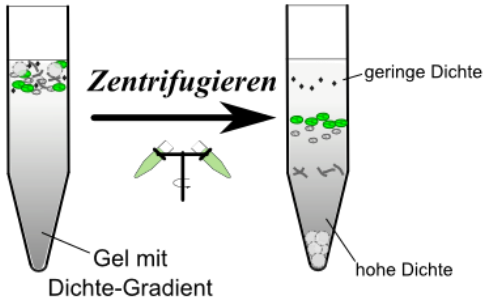
Eine Verdopplung der Erdbeschleunigung bewirkt eine Verdopplung des Gewicht's.
Schon bei Beschleunigungen um 4 g werden normale Menschen Arbeits-unfähig und ev. bewußtlos. Gut ausgebildete Piloten und Kosmonauten bzw. Astronauten können auch bei 10 g noch agieren.

Aufgabe:

Wie groß sind Masse und Gewicht eines Menschen bei vierfacher Erdbeschleunigung (z.B. in einer Zentrifuge), wenn dieser bei normaler Erdbeschleunigung eine Masse von 80 kg hat? Begründen Sie Ihre Meinung / Berechnung!



Die klassische Zentrifugation in mehreren Schritten ist aufwendig und vor allem bei den letzten Trenn-Schritten auch sehr teuer. Die für die Ultra-Zentrifugation benötigten Geräte laufen viele Stunden und müssen Rotations-Geschwindgkeiten von mehreren 10'000 Umdrehungen pro Minute erzeugen. Echte Ultra-Zentrifugen erzeugen Beschleunigungs-Werte von bis zu 1'000'000 g.
Schon kleinste Gewichts-Unterschiede bei entgegengesetzt angeordneten Zentrifugier-Röhrchen können extreme Unwuchten erzeugen. So manche Zentrifuge übersteht dann den Trenn-Versuch nicht. Ein gewisses Gefühl für die Wirkung von Unwuchten kennen Sie vielleicht von der heimischen Waschmaschine. Besonders beim Schleudern machen sich ungünstig verteilte Wäscheteile bemerkbar. Und in den normalen Wasch-Automaten wird nur mit 900 bis 1'500 Umdrehungen pro Minute gearbeitet.
Die Zentrifugen-Röhrchen sind wegen der starken Belastungen auch aus dickerem Glas und in einer spitzeren Form gefertigt.
Bei der **differenzielle**n **Zentrifugation** nutzt man ein spezielles Medium zum Befüllen der Zentrifugen-Röhrchen. Nach und nach werden immer geringer konzentrierte Lösungen in die Röhrchen gegeben. Als Stamm-Lösungen werden z.B. Cäsiumchlorid oder Rohrzucker verwendet. Die Lösungen sind in den verwendeten Konzentrationsbereichen Gel-artig – also mehr zähflüssig (ähnlich wie Tapeten-Leim)
Ganz oben wird dann die Proben-Lösung (z.B. das Homogenisat) aufgefüllt.



Bei relativ hohen Geschwindigkeiten und sehr langen Arbeitszeiten (1 bis 3 Tage) wandern die Bestandteile der Probe in den Bereich des Zentrifugen-Röhrchens, in dem sich das Gel mit der äquivalenten Dichte befindet. Dieses Verfahren wird deshalb auch als **Dichte-Gradienten-** / Schweb-Dichte- oder Dichte-Gleichgewichts-**Zentrifugation** bezeichnet.
Am Ende können die getrennten Bestandteile aus den einzelnen Schichten entnommen und untersucht werden.
Als Vergleichsmaß haben sich in der Cytologie und der Zentrifugations-Technik die S-Einheiten für die Sedimentations-Konstante durchgesetzt. Die Sedimentations-Konstante (Sedimentationsgeschwindigkeits-Konstante) wird in SVEDBERG-Einheiten (1 S = 10^{-13} s) angegeben. Diese ist ein Ausdruck für die notwendige Rotationsgeschwindigkeit einer Zentrifuge, damit sich die Teilchen / Partikel / Zellbestandteile absetzen. In modernen Ultrazentrifugen werden bei rund 500'000 Umdrehungen pro Sekunde Beschleunigungswerte bis zu 10^6 g erzeugt. Je größer der S-Wert, umso eher setzen sich die Partikel in der Zentrifuge ab. Da das Absetzen nicht nur von der Masse, sondern auch von der Dichte und der Form des Partikels abhängt, addieren sich S-Werte nicht direkt! Die S-Werte lassen aber Rückschlüsse auf die ungefähren Molekül-Massen bzw. die Größen der Objekte zu.

Zell-Bestandteil	Sedimentierung bei …		Überstand enthält noch …
	Erd-Beschleunigung [g]	Zentrifugier-Zeit [min]	
Zellkerne	500x	10	Plastiden, Membran-Strukturen, Proteine, Cytoplasma
Chloroplasten Mitochondrien	10'000x	20	Membran-Strukturen, Proteine, Cytoplasma
Endopl. Retikulum GOLGI-Apparat	100'000x	60	Proteine, Cytoplasma

Exkurs: Zentrifugation – die Kräfte und die S-Einheiten

die erste Ultrazentrifuge stammt vom Theodor SVEDBERG
(1884 – 1971)

Q: de.wikipedia.org (

1926 NOBEL-Preis

SVEDBERG-Gleichung(en):

$$\frac{1}{\omega}\left(\frac{d\ \ln r}{d\ t}\right) = \frac{v}{r\,\omega^2} = \frac{m\,(1-\bar{v}\,\rho)}{f} = s$$

s ... Sedimentations-Koeffizient [1 S = 10^{-13} s]
ω ... Winkelgeschwindigkeit [Upm = min^{-1}]
v ... Sedimentations-Geschwindigkeit []
r ... Radius der Rotations-Achse (der Zentrifuge) []
f ... Reibungs-Koeffizient []
m ... Masse []
ρ ... Dichte []

Flieh-Kraft / Zentrifugal-Kraft

$$F_{Zf} = m \cdot \omega^2 \cdot r = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

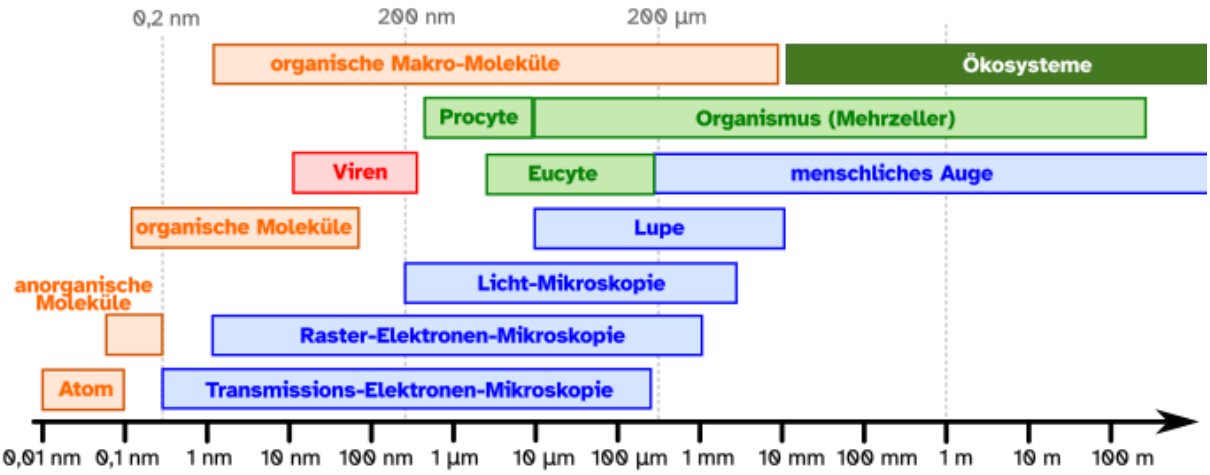
v .. Bahngeschwindigkeit (Umfang / Zeit) [m / s; km / h]

Zentripedal-Kraft

$$F_{Zp} = F_{Zf}$$

beide Kräfte gleichgroß, aber mit entgegengesetzter Richtung
die Zentripedal-Kraft wirkt zum Dreh-Mittel-Punkt hin, die Zentrifugal-Kraft vom Mittel-Punkt weg
allgemein auch als Radial-Kraft bezeichnet

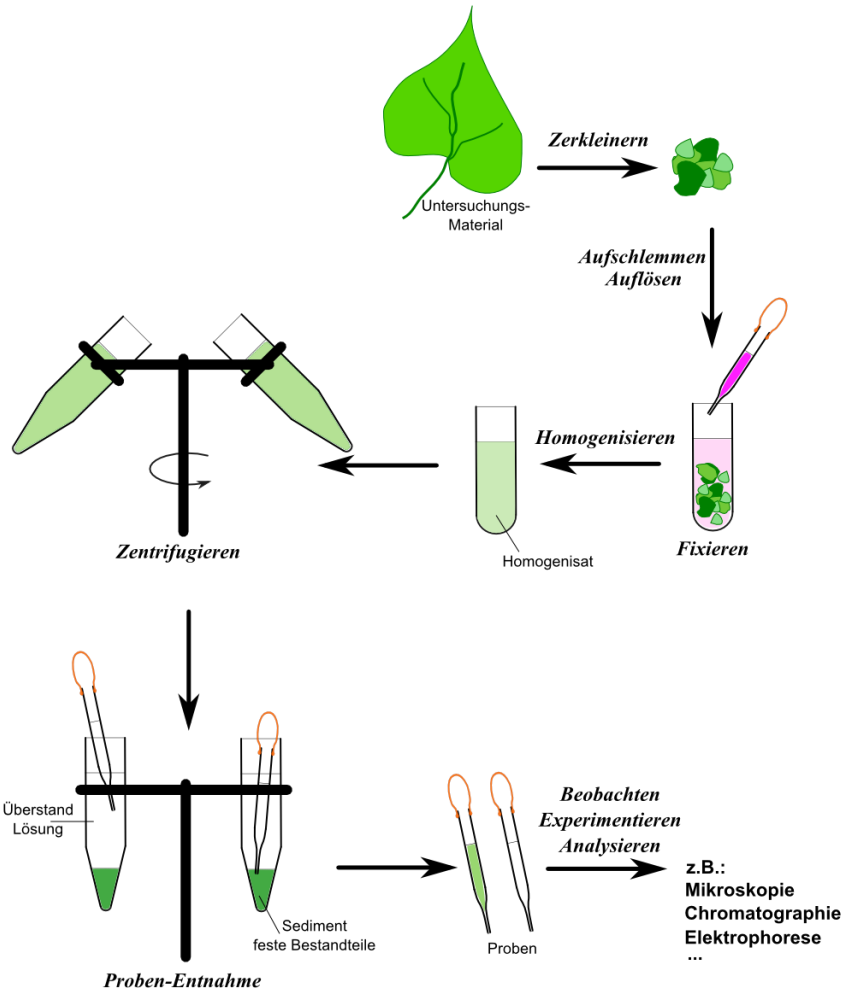
Internet-Links:



Größe biologisch relevanter Objekte und Auflösungs-Breite von Beobachtungs-Werkzeugen

Aufgaben:

1. *Erläutern Sie die Herstellung von Proben-Material z.B. für mikroskopische Untersuchungen von bestimmten Zell-Bestandteilen! Verwenden Sie dazu nebenstehende Abbildung!*
2. *Vergleichen Sie die klassische Zentrifugation mit der Dichte-Gradienten-Zentrifugation! Welche entscheidenden Vorteile bringt die Dichte-Gradienten-Zentrifugation im Labor?*

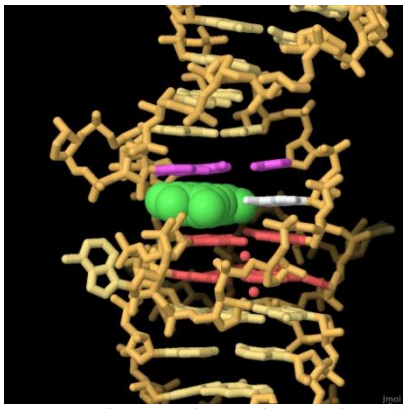


2.0.2. Markierungs-Methoden

allgemein Marker oder Tracer genannt, dienen dem Kennzeichnen bzw. Verfolgen von Zell-Bestandteilen oder Molekülen

radioaktive Elemente
nutzt die Eigenschaft bestimmter Isotope aus, eine charakteristische Strahlung (α-, β- und γ-Strahler) abzugeben
geringe Bild-Auflösung
dafür gute Verfolgbarkeit von biochemischen oder Transport-Vorgängen
radioaktive Strahlung kann biochemische Strukturen verändern

Fluoreszenz-Farbstoffe
nutzt die Eigenschaft bestimmter Farbstoff eingestrahltes und absorbiertes UV- oder blaues Licht in einer anderen Farbe wieder abzustrahlen (Emission)
abgestrahltes Licht ist Energie-ärmer und langwelliger (z.B. rot, orange, gelb, grün)
gut für eine Lage-Bestimmung und Bewegung größerer Moleküle
Beweglichkeit der Objekte wird geringfügig beeinflusst
kann in Grenzen für die Geschwindigkeits-Bestimmung benutzt werden


fluoreszierender Farbstoff
in DNA eingelagert
Q: rcsb.org [Molecule of the Month]

Antikörper
sehr spezifisch
sehr gut für Lage-Bestimmung bzw. Kontrast-Erzeugung an Grenz-Strukturen
Beweglichkeit wird deutlich eingeschränkt, Wege nachvollziehbar, für Geschwindgkeits-Bestimmungen eher nicht geeignet
Kombination von Antikörper-Technik mit Fluoreszenz-Verfahren
primäre Antikörper (Erstantikörper) passt zur beobachteten biologischen Struktur, lagert sich dort passend an (Schlüssel-Schloss-Prinzip)
sekundäre Antikörper (Zweitantikörper) passen zum primären Antikörper und besitzen im Molekül eine fluoreszierende Farbstoff-Komponente

methodische Probleme

es besteht immer die Gefahr, dass Tracer / Marker die (biochemischen) Eigenschaften, das chemische und biologische Verhalten und die Beweglichkeit verändern
die verwendeten Methoden müssen mit anderen Verfahren abgesichert / geprüft werden

allgemein gilt, je kleiner die beobachteten Objekte sind, umso größere Wirkung haben Beobachtungs-Verfahren auf diese Objekte

Verständnis-Beispiel:
die Messung der Geschwindigkeit eines Auto's mit einer Laser-Pistole hat keine Auswirkung auf das Mess-Ergebnis; eingestrahlte Energie hat einen um viele Zehner-Potenzen kleineren Wert; praktisch keine Veränderung des Mess-Ergebnisses
ein Atom oder Molekül mit Laser-Licht beschießen ist mit einer deutlichen Veränderung der Energie verbunden; die eingestrahlte Energie liegt im Energie-Bereich des Beobachtungs-Objektes; der Mess-Versuch verändert dadurch das Beobachtungs-Objekt; Mess-Werte müssen unabhängig geprüft werden

bei sehr kleinen Teilchen und Molekülen treten Quanten-Effekte deutlicher zutage, als bei größeren (hier gleichen sie sich immer mehr zu den von uns allgemein beobachteten Größen aus)
in biologischen Systemen können Quanten-Effekte vernachlässigt werden

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

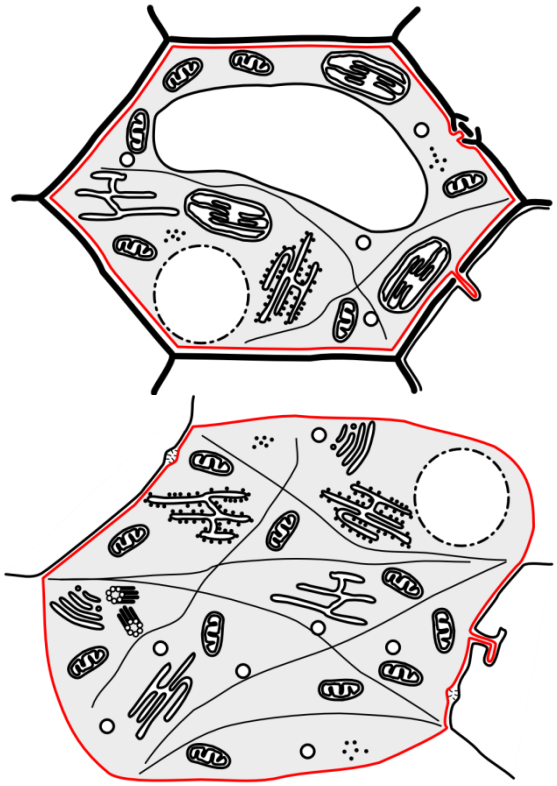
2.0.3. OMICS-Technologien

Die Untersuchung einzelnen Detail's, Faktoren oder System-Elemente stößt immer mehr an seine Grenzen. Zwar kann man viel über die Wirkung einzelner Sachverhalte erfahren, aber für die Aufklärung des komplexen System-Verhalten's bringt dieses Wissen leider viel zu wenig. Oft sind es eben nicht einzelne Faktoren die z.B. eine Krankheit auslösen, sondern umfangreiche Komplexe von mehreren – scheinbar unabhängigen – Faktoren.
Immer Leistungs-fähigere Untersuchungs- und Auswertungs-Technologien ermöglich nun auch eine ganzheitliche Erfassung von biologischen Systemen. Z.B. lassen PCR-Automaten die Erfassung ganzer Genome innerhalb sehr kurzer Zeit zu. Moderne Rechner mit Data Mining-Methoden und Techniken der Künstlichen Intelligenz ermöglichen die Auswertung riesiger Daten-Mengen. Sie lassen Muster-Erkennungen zu, wo die menschliche Auffassungs-Gabe weit überfordert ist.
Durch die modernen Technologien hat die Sytem-Biologie stark an Fahrt aufgenommen. Die verwendeten Technologien werden als OMICS bezeichnet.
Omics ist vor allem ein modernes Schlagwort. Vielleicht lässt sich das Wort von "om" ableiten, was im Sanskrit für "Vollkommenheit" und "Fülle" steht. Mit –omic wird im Englischen häufig etwas Großes / Gemeinschaftliches bezeichnet.

Forschungs-Technologien in der Cytologie (/ (allgemeinen / System-) Biologie)

• **Proteomics** **Proteomik**	Erfassung der vorhandenen Proteine (Gesamtheit → **Proteom**)
• **Metabolics** **Metabolic profiling** **Metabolomik**	Erfassung der Metaboliten (Gesamtheit → **Metabolom**)
• **Interactomics** **Interaktomik**	Erfassung der Interaktionen der Moleküle und Metabolismen untereinander (Gesamtheit → **Interaktom**)
• **Genomics** **Genomik**	Vergleich der vorhandenen Gene (Gesamtheit ganzes → **Genom**)
• **Transkriptomics** **Transkriptomik**	Erfassung der exprimierten / aktiven Gene sowie von Exprimierungs-Mustern (Gesamtheit → **Transkriptom**)
• **Epigenomics** **Epigenomik**	Erfassung der epigenetischen Veränderungen (Gesamtheit → **Epigenom**)
• **Sensomic** **Sensomik**	Erfassung der rezeptorischen und sensorischen Aspekte (Gesamtheit → **Sensometabolom**)
• **Fluxomics**	Erfassung der katalytischen Stoffumsetzungen (Enzym-Reaktionen) einschließlich der Reaktions-Geschwindigkeiten und chemischen Gleichgewichte (Gesamtheit → **Fluxom**)
• **Hormone profiling**	
• **Lipidomics** **Lipidomik**	Analyse der Gesamtheit der Lipide (Gesamtheit → **Lipodom**)
• **Toxicomics** **Toxikomik**	Erfassung des Wirkungs-Spektrum's von Giften usw. ()
• **Glycomics** **Glykomik**	Analyse der Gesamtheit der Saccaride (Kohlenhydrate) / Glycoside (Gesamtheit → **Glycan**)
• **Secretomics** **Sekretomik**	Erfassung der Gesamtheit der Sekrete (Gesamtheit → **Sekretom**)
• **Omics** **Systeomics** **Systeomik**	Erfassung des gesamten Spektrum's von Informationen zu einer Zelle (Gesamtheit → **Systom**) / des gesamten Wirkgefüges / des gesamten System's → Bio-Informatik
Panomics **Panomik**	Erfassung aller obigen Omics zusammen (Gesamtheit → **Panom**)

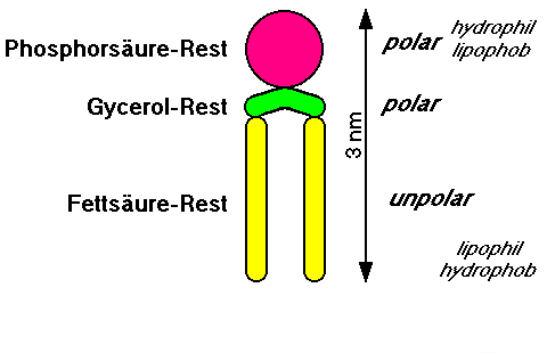
2.1. Zellmembran, Plasmalemma



Die Abgrenzung der zelleigenen, lebenden-den Bestandteile (Cytoplasma, Protoplasma) von der nichtlebendigen bzw. zellfremden Umgebung ist eine elementare Notwendigkeit für die Aufrechterhaltung des eigenen Lebens in der Zelle. Diese Aufgabe übernehmen die Zellmembranen. Ihre Aufgaben und Merkmale sind aber sehr viel gestaltiger und zum Teil sogar scheinbar gegensätzlich:

- **Abgrenzung, Schutz**
- **Stoffaustausch** (Nahrungsaufnahme, Schadstoffabgabe)
- **Informationsaufnahme** (Reizbarkeit, Signalaufnahme)
- **Zusammenhalt** des Zellinneren, Widerstand gegen Zellinnendruck (Turgor)
- **Beweglichkeit / Formveränderung**

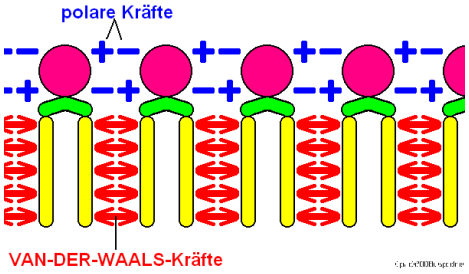
Zum Ende des 19. Jahrhundert's untersuchte Charles Ernest OVERTON (1865 – 1933) diverse Pflanzen- und Tier-Zellen. Dabei beobachtete er, dass unterschiedliche Stoffe verschieden schnell in die Zellen gelangten.
OVERTON untersuchte verschiedene Narkose-Mittel (Anästhetika) an Kaulquappen. Die einzelnen Stoffe wurden hinsichtlich ihrer Fett-Löslichkeit (in Oliven-Öl) und ihrer Narkose-Wirkung erfasst. Fett-lösliche Stoffen drangen "mit größerer Schnelligkeit" ein und zeigten eher eine Wirkung. OVERTON nannte das eine erleichterte Diffusion. Die Wasser-löslichen (nicht in Fett löslichen) Stoffe gelangten dagegen kaum in die Zelle. OVERTON schloß daraus, dass die Zell-Hüllen aus Lipiden – also Fett-ähnlichen Stoffen bestehen müssten. Die **Lipid-Hypothese** war geboren.
Er entwickelte aus seinen Daten die Theorie, dass alle guten Narkose-Mittel eine gute Fett-Löslichkeit haben.
Die genaue stoffliche Zusammensetzung der Zellmembran konnte dann in den folgenden Jahren mit chemischen Methoden geklärt werden.
So sind neben Fett-ähnlichen Stoffen (sogenannte Lipoide) vor allem verschiedenste Proteine enthalten. Weiterhin wurden Polysaccharide und Kombinationen zwischen den genannten Stoffen (Glycoside, Glykolipide, Glykoproteine) gefunden.

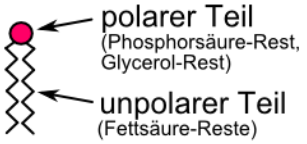


Das Grundelement der Biomembranen sind verschiedenste Phospholipide. Sie bestehen – ähnlich wie die Fette (Lipide) – aus dem zentralgelagerten Glycerol (Glyzerin), zwei angeesterten Fettsäuren und einem (ebenfalls angeesterten) Phosphat-Rest. Die beiden Fettsäuren lagern sich wegen der starken VAN-DER-WAALS-Kräfte zu einer Seite hin. Eine Veresterung ist die chemische Reaktion zwischen einer Säure und einem Alkohol unter Abspaltung eines Wasser-Moleküls.
Dadurch ergeben sich in einem Molekül extrem unterschiedliche Stoffeigenschaften. Die Seite mit dem Phosphat-Rest und auch der Glycerol-Rest selbst sind wasserlöslich (hydrophil, wasserfreundlich, lipophob, fettfeindlich).

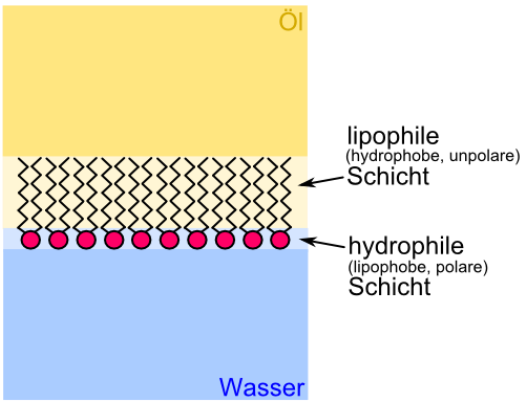
Dagegen ist die Fettsäure-Seite fettlöslich (lipophil, fettfreundlich) und nicht wasserlöslich (hydrophob, wasserfeindlich).
Die Größe der Phospholipide wird mit ungefähr 3 bis 4 nm angegeben.
Aus den bekannten Stoffeigenschaften und den elektronenmikroskopischen Bildern wurden über Jahrzehnte hinweg sehr verschiedene Modelle zum Bau der Zellmembranen entwickelt. Diese müssen vor allem die oben genannten Eigenschaften und Funktionen erklären können.

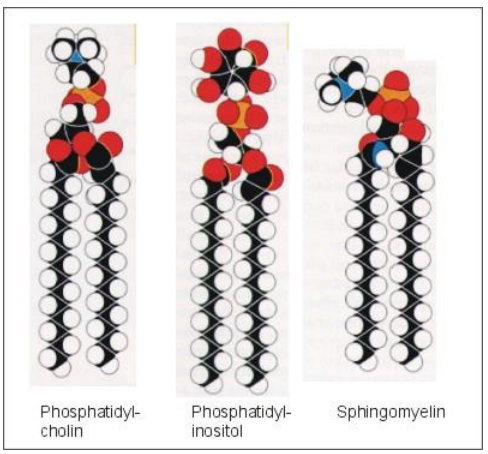
Die Grundstruktur der Membranen ist aus den Lösungseigenschaften schnell abgeleitet. Beim Zusammenlagern von mehreren Molekülen ordnen sich diese immer so an, dass sich gleichlösliche Teile zueinander gesellen. So bilden sich – vor allem an Phasengrenzen – stabile Schichten bzw. Ebenen.
Zwischen den Fettsäure-Resten sind starke VAN-DER-WAALS-Kräfte wirksam. An Glycerol- und Phosphat-Rest wirken recht starke polare Kräfte.
Die Schicht-Bildung wird auch besonders dann deutlich, wenn sich die Phospholipide in einem Zwei-Phasen-System aus Öl und Wasser befinden. Das Öl setzt sich aufgrund der geringeren Dichte bekannterweise auf der wässrigen Phase ab. Die Phospholipide bewegen sich solange in dem System, bis sie eine energetisch günstige Lage finden. Das ist genau zwischen beiden Phasen und genauso, dass die polaren Molekül-Teile zum (polaren) Wasser zeigen. Die unpolaren Fettsäure-Reste "lösen" sich lieber im unpolaren Öl und zeigen dementsprechend in die Richtung der Öl-Phase.
Ein Verschieben aus der Molekül-Schichtebene heraus ist nur mit sehr großen Kraftaufwendungen möglich. Der Effekt wird noch stärker, wenn sich die Phospholipide in wässrigen (polar) oder gemischten (polar und unpolar) Umgebungen befinden. Innerhalb der Ebene selbst ist die Beweglichkeit der Lipoide wesentlich besser, da keine Kraftsprünge (polar - unpolar) überwunden werden müssen. Die Moleküle tauschen praktisch untereinander die Plätze in der Membran, ohne die Membran zu verlassen oder ihre Molekül-Orientierung (oben / unten)zu verändern.
Andere – in der Membran vorkommende – Lipoide sind den Phospholipiden sehr ähnlich. Statt der Phosphorsäure ist ein anderer Rest angeestert. Allen diesen Resten gemeinsam ist ihre gute Wasserlöslichkeit. Sie können einzelne Phospholipide dementsprechend auch jederzeit in der Membran ersetzen.
Cholesterol (Phosphatidylcholin, Cholesterin) ist ein solcher – vom Namen recht bekannter – Membranbaustein. In den Biomembranen hat Cholesterol – wie wir heute wissen – vor allem eine Kit-Funktion.





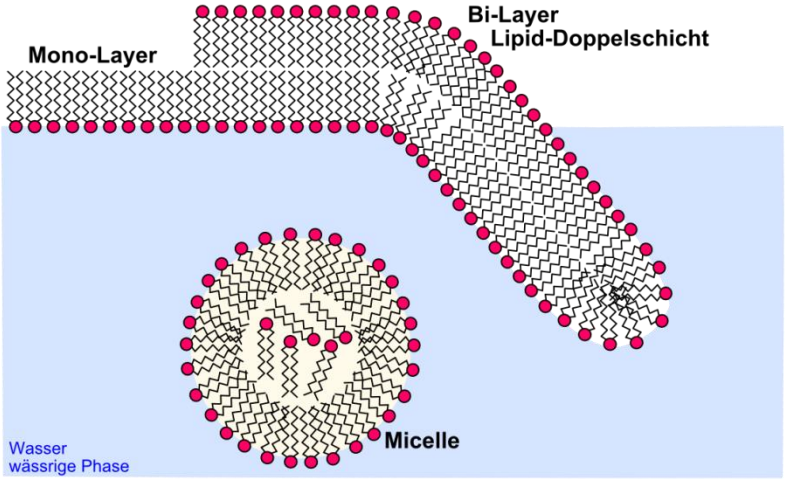
vereinfachtes Modell eines Phospholipid-Molekülsfür folgende Abbildungen





Gib man bei einem Experiment Phospholipide auf eine wässrige Lösung, dann bilden die Phospholipide eine geordnete Schicht. Diese ist üblicherweise einschichtig. Sie wird auch **Mono-Layer** (bedeutet: Ein-Schicht) genannt.

Bei einer vorsichtigen Durchmischung entstehen Doppelschichten (**Bilayer**, Dilayer, Bi-Layer) und kugelförmige Objekte (Bläschen), die auch Micellen (Mizellen) genannt werden.
Sind Fette oder Fett-ähnliche (unpolare) Stoffe in Lösung, dann ordnen sich diese innerhalb der Micelle an.
Prinzipiell können Micellen auch doppelwandig sein.
Die Doppel-Schicht kann sich nun sogar innerhalb der wässrigen Phase halten, da die unpolaren Molekül-Reste der Phospholipide von den polaren vollkommen abgeschirmt werden.



Verhalten von Phospholipiden bei Kontakt mit Wasser

Die Stabilität einer Lipid-Schicht wird dadurch nochmals deutlich erhöht. Ein "Verschieben" der Phospholipide (nach oben / unten) ist jetzt kaum noch möglich.
Die Doppelschichtigkeit der Zellmembranen (auch hier: **Dilayer** (Di-Layer) genannt) konnten GORTER und GRENDEL schon 1925 nachweisen. Sie stellten fest, dass rote Blutkörperchen ungefähr doppelt so viel Phospholipide enthielten, wie für die Oberfläche eigentlich notwendig wären. In dem – von ihnen erstellten – Grundmodell fehlt noch der – von anderen Wissenschaftlern – beobachtete Proteinanteil.

Tier-Art	Anzahl der Blutkörperchen pro mm^3	Oberfläche des Blutkörperchen's [μm^2]	Gesamtoberfläche der Blutkörperchen [m^2]	Fläche der Lipid-Schicht (Fett-Fleck) [m^2]
Mensch	4'740'000	99,4	0,47	0,91
Hund	689'000	90	0,62	1,22
Schaf	990'000	29,8	0,295	0,62
Hase	6'600'000	74,4	0,49	0,96
Meerschweinchen	5'850'000	89,8	0,52	0,99
Ziege	16'500'000	20,1	0,33	0,66

nach: https://rupress.org/jem/article/41/4/439/26091/ON-BIMOLECULAR-LAYERS-OF-LIPOIDS-ON-THE (ausgewählte Daten und Datenreihen, z.T. gemittelt)

Aufgaben:

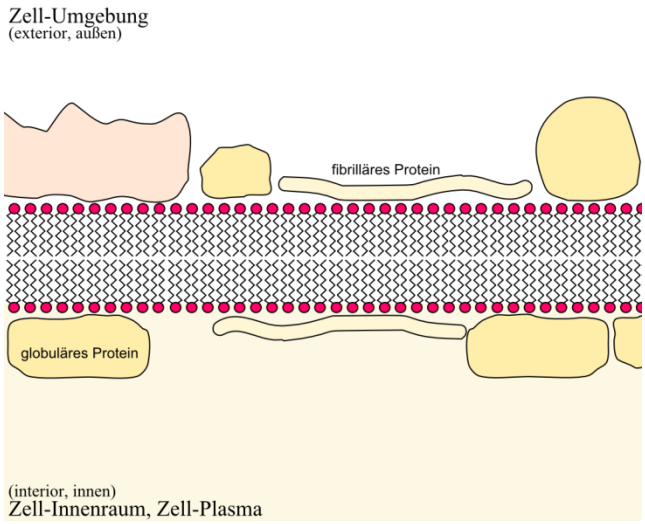
1. *Charakterisieren Sie die Begriffe hydrophil, lipophil, hydrophob und lipophob!*
2. *Erklären Sie die besonderen Löslichkeits-Eigenschaften von Phospholipiden!*

für die gehobene Anspruchsebene:

3. *Stellen Sie eine begründete Vermutung auf, für den Fall das auf eine Phospholipid-Schicht (Monolayer) einige Tropfen Wasser gegeben werden!*

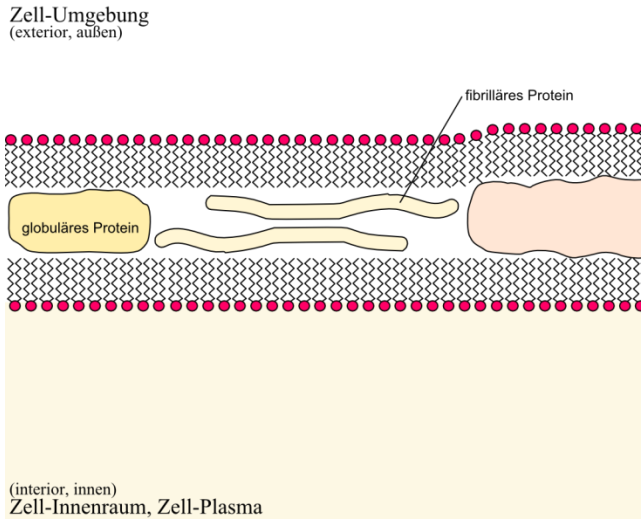
2.1.1. Modelle zum Bau der Zell-Membran

Die ersten Membranmodelle hatten auch noch große Probleme bei der Erklärung diverser Membran-Eigenschaften. Während Festigkeit, Stabilität und Beweglichkeit mit der Doppelschicht aus Phospholipiden gut belegt werden konnte, blieben z.B. die Stoff-Transporte durch die Membran oder die Informations-Aufnahme ein ungelöstes Rätsel.
DARNIELLI und DAVSON entwickelten 1935 das erste Modell, welches auch den Protein-Anteil berücksichtigte.
Die Phospholipide und die Proteine sollten nach diesem Modell aufeinander liegende Schichten bilden – ähnlich wie bei einem Sandwich. Wegen dieser Strukturen erhielt das Modell den Namen **Sandwich-Modell**.

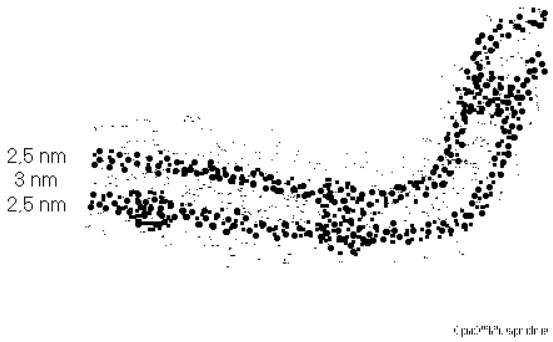


Sandwich-Modell mit aufliegenden Proteinen

Je nach Funktion der Proteine bzw. der Membran sollten die Proteine mal auf der Membran aufliegen, das andere Mal in ihr eingeschlossen sein.
Das Sandwich-Modell konnte aber kaum einen Stoff-Transport durch die Membran erklären. Da sich unpolare und polare Bereiche immer abwechseln, können weder polare noch unpolare Stoffe durch die Membran hindurch. Ähnlich verhält es sich mit dem Informations-Austausch. Wie sollten Infomationen – z.B. über vorhandene Nahrungs-Partikel – nach innen in die Zelle gelangen?
Probleme gibt es im Sandwich-Modell schon mit der Lage der Proteine an sich. Während die Situation mit den aufliegenden Proteinen noch vorstellbar ist, müssten bei den innenliegenden Proteinen die Fett-freundlichen Merkmale (unpolare Oberflächen-Eigenschaften) überwiegen. Solche Proteine kannte und kennt man aber nur in geringer Anzahl.
Auch die vorausgesagte Schichtdicke (des Sandwiches) konnte später mittels der Elektronenmikroskopie nicht bestätigt werden.



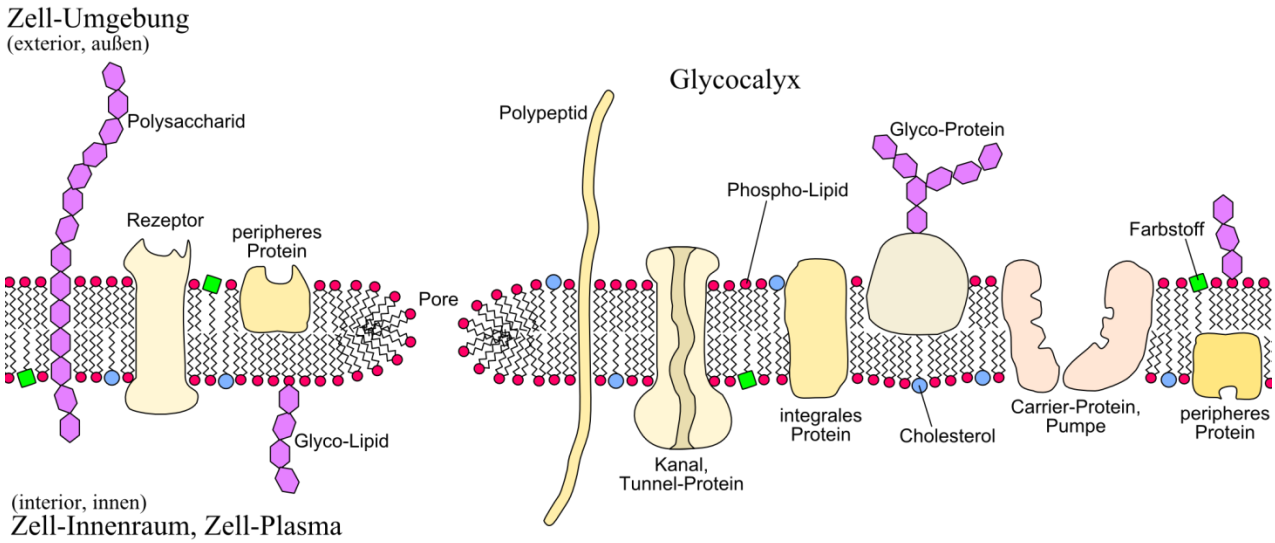
Sandwich-Modell mit innenliegenden Proteinen



Skizze zu einem EM-Bild der Zellmembran

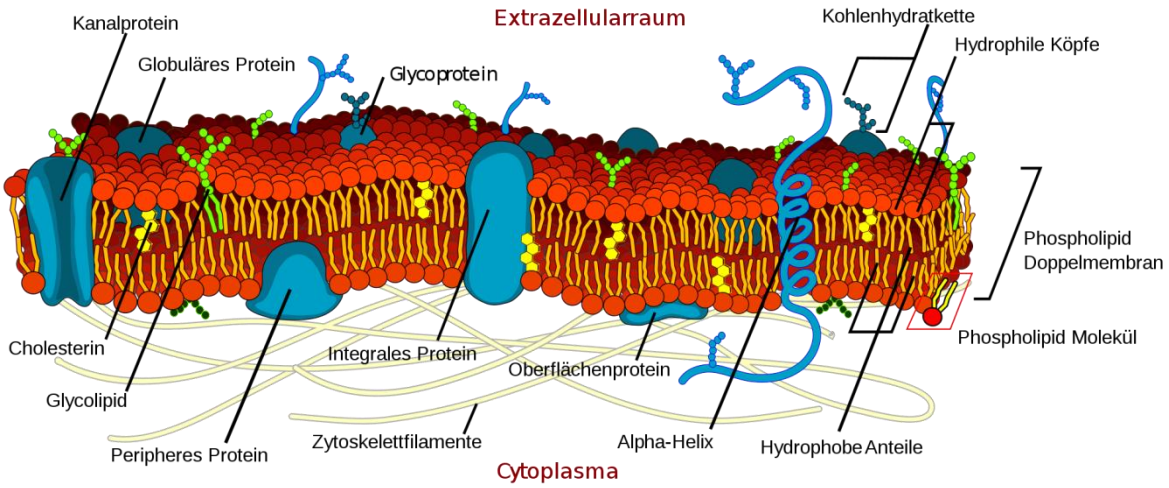
2.1.1.1. das Flüssig-Mosaik-Modell

Durch elektronenmikroskopische Aufnahmen erkannte man den prinzipiellen Bau der Biomembranen und konnte darauf passende Modelle entwickeln.
Die gesamte Struktur ist rund 8 nm dick. Im Elektronenmikroskop sind drei abgegrenzte Schichten (trilaminarer Bau) zu erkennen. Einige Elemente durchdringen die Zellmembran, andere liegen in einer der drei Schichten. Die großen "Klumpen" überragen das dreischichtige Gebilde oft sehr weit.
Die dunklen Flecken – das wußte man aus anderen EM-Aufnahmen – sind durch polare Strukturen bedingt. Sie absorbieren die Elektronen besser und hinterlassen so schwarze Stellen in der Abbildung.
Im Jahre 1972 stellten NICOLSON und SINGER ihr wesentlich weitergefasstes Membran-Modell vor. Ihr **Flüssig-Mosaik-Modell** (fluid mosaic model) geht davon aus, dass Proteine sich auch in der Membran befinden können. Je nach ihren Oberflächeneigenschaften (polar und / oder unpolar) schwimmen sie in oder auf der Membran (wie Eisberge oder U-Boote in einem See).
Das gesamte Gebilde ähnelt aus der Fläche betrachtet, einem Fleckenteppich oder einem Mosaik. Alles ist in sich gut beweglich und sehr dynamisch. Man spricht deshalb auch vom Membranfluss.
Aus aktuellen hochaufgelösten elektronenmikroskopischen Aufnahmen und biochemischen Markierungen (mit metallorganischen, radioaktiven od. fluoressierenden Verbindungen) wissen wir, dass neben den Phospholipiden, eine Vielzahl weiterer Moleküle am Aufbau der Zellmembran beteiligt sind. So ergibt sich heute ein vielgestaltiges Bild der Biomembranen:
Besonders auffällig ist die stoffliche Vielseitigkeit. Durch Kombination (chemische Bindung) von Proteinen und Kohlenhydraten entstehen z.B. sogenannte Glycoproteine. Sind die Reste von Kohlenhydraten und Fetten (Lipiden) vereint, dann sprechen wir von Glycolipiden oder Glycolipoiden.



Der Stofftransport kann z.B. über die Membranporen, die Tunnel-, Kanal- und Carrier-Proteine erfolgen. Die Glycolyx wird für die rezeptiven Funktionen verantwortlich gemacht.
Biomembranen sind beim Aufbau vieler Zellkompartimente (Zellkompartimente) beteiligt. Beispielhaft sei hier auf den GOLGI-Apparat (Dictyosomen) und das Endoplasmatisches Retikulum hingewiesen. Bei allen größen Gebilden (Plastiden, Vakuole usw.) dienen sie zur äußeren Abgrenzung.
Die äußere Biomembran der Zelle wird auch als Plasmalemma (Plasmamembran, Zellmembran) bezeichnet.

Einen räumlichen Eindruck und einige weitere Bauelemente des Plasmalemma einer tierischen Zelle vermittelt die nachfolgende Abbildung:



Q: de.wikipedia.org (LadyofHats)

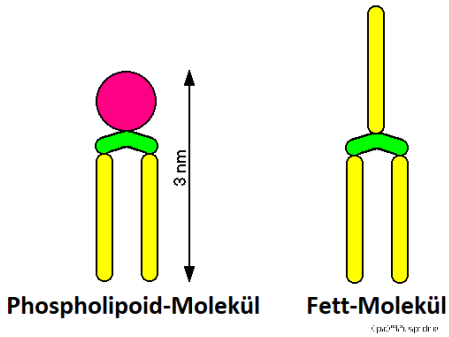
Neben den periphären (extrinsischen) und integralen (intrinsischen) Proteinen gibt es auch solche, die sich an die hydrophile Oberfläche anlagern. Man spricht dann von **Membran-assoziierten Proteinen**. Solche Proteine bilden auf der Außenseite der Zelle z.B. Schutz-Schichten. An der Innenseite sind die Membran-assoziierten Proteine oft Bestandteile von Protein-Komplexen. Dazu gehören z.B. Begleit-Enzyme für bestimmte Stoffwechsel-Vorgänge. Sie liegen direkt neben anderen Enzymen, die zumeist periphär in die Membran eingebaut sind.
Einseitig assoziierte und integrale Proteine bewirken eine Asymmetrie der Membran, Innen- und Außen-Seite unterscheiden sich deutlich. Man spricht auch von integraler Monotopie.

herausragende Fähigkeit der Biomembran: Sie kann sich bei kleineren Verletzungen / Beschädigungen selbst wieder versiegeln (durch die klare horizontale Ausrichtung der Molekül-Verbände und ihre besondere Beweglichkeit)

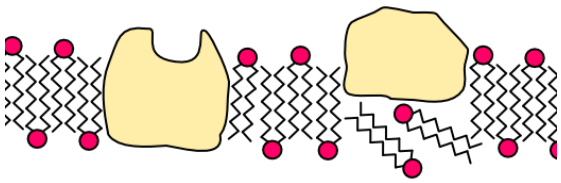
interessante(r) Internet-Link(s):
http://www.youtube.com/watch?v=y3FsB_lygpU&feature=rec-LGOUT-exp_r2-2r-8-HM
(Animation, Lehrfilm)

Aufgaben:

1. Ermitteln und vergleichen Sie die Lösungs-Eigenschaften von Fett- und Phospholipoid-Molekülen anhand der Abbildung! Kennzeichnen Sie die polaren Regionen mit blauer Farbe (z.B. Buntstift) und die unpolaren Regionen mit grüner Farbe!



2. Man hat festgestellt, dass die Proteine innerhalb der Membran ihre Lage (Schwimmhöhe) nur im geringen Maße ändern. Geben Sie eine Hypothese ab, warum dieses so sein könnte!
3. Welche der Funktionen der Biomembranen bzw. der Zellmembran (Plasmalemma) können aus dem Bau erklärt werden? Erläutern Sie!
4. Der Autor schlägt das nebenstehende Membran-Modell vor. Setzen Sie sich mit diesem auseinander! Könnte es neben dem Flüssig-Mosaik-Modell bestehen? Begründen Sie Ihren Standpunkt!

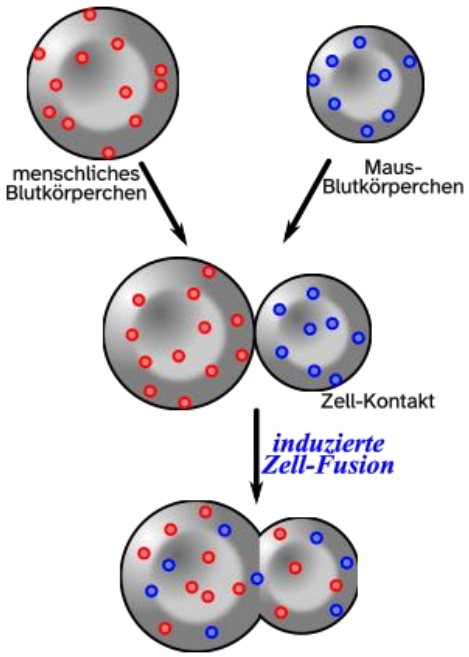


für die gehobene Anspruchsebene:

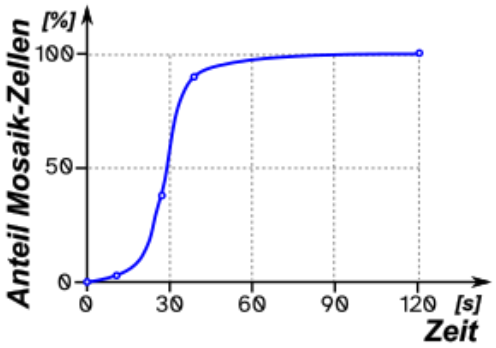
5. Ist die Lipid-Hypothese (von OVERTON) und die OVERTON-MEYER-Korrelation eigentlich das Gleiche? Recherchieren Sie und stellen Sie Ihre Ergebnisse kurz vor!

2.1.1.2. neuere Membran-Modelle

Modelle müssen immer gegen die Praxis geprüft werden. Das gilt natürlich auch für das Flüssig-Mosaik-Modell (1972).
FRYE und EDIDIN gelang es 1970 die Fluidizität der Biomembran mit einem einfachen Experiment zu beweisen.
Sie arbeiteten mit roten Blutkörperchen von Mäusen und Menschen, die naturgemäß mit unterschiedlichen Antigenen (Oberflächen-Proteine) behaftet sind. Die Erkennung und Vermessung der Zellen erfolgte mit speziellen Antikörpern, die mit fluoreszierenden Farbstoffen ergänzt wurden. Bei Bestrahlung mit UV-Licht zeigten beide Antikörper-Farbstoff-Komplexe eine jeweils anders-farbige Fluoreszenz.
Nach einer induzierten Zell-Fusion erhielten sie heterokaryotische Zellen, an deren Oberfläche die Proteine wieder statistisch zufällig verteilt waren. Die ursprünglichen großflächigen Zell-Membranen der beiden fusionierten Zellen hatten sich vollständig vermischt.
Mit Hilfe verschiedener Antigen-Antikörper-Kombinationen und einer einer quantitativen Analyse konnten sie auch die Geschwindigkeit des Vorgang's abschätzen.
HENIS und seine Mitarbeitern führten Experimente mit vereinzelten Tier-Zellen und fluoreszierenden Farbstoffen durch, die zu den gleichen fundamentalen Ergebnissen führten (veröffentlicht 1990). Die Forscher bestrahlten die markierten Zellen einseitig mit einem Laser-Strahl. Der sorgte dafür, dass die Farbstoffe auf der bestrahlten Seite zerstört wurden. Die Messung der Fluoreszenz erfolgte während des gesamten Experiment's auf der Seite der Bestrahlung.



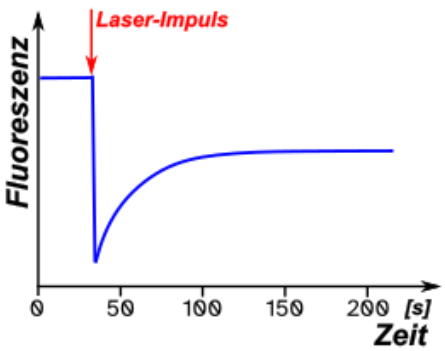
FRYE-EDIDIN-Experiment mit (rot und blau) fluoreszierenden Antigen-Antikörper-Komplexen



Meßpunkte des FRYE-EDIDIN-Experiment's für eine Kombination von AntiKörpern (mit interpoliertem Graphen)

Aufgaben:

1. *Skizzieren Sie die Versuch-Anordnung von HENIS!*
2. *Interpretieren Sie das Diagramm!*
3. *Welche Beobachtungen würde man machen, wenn man die Fluoreszenz auf der entgegengesetzten Seite messen würde? Entwickeln Sie ein passendes Diagramm und erläutern Sie Ihre Vermutungen!*



Fluoreszenz beim HENIS-Versuch

SAFFMAN-DELBRÜCK entwickelten aus physikalischen Modellen für viskose Flüssigkeiten eine Formel zur Modellierung der Diffusions-Bewegung von Proteinen (1975). Es handelt sich somit nicht wirklich um ein neues Modell, obwohl oft die Bezeichnung SAFFMAN-DELBRÜCK-Modell in der Literatur zu finden ist.

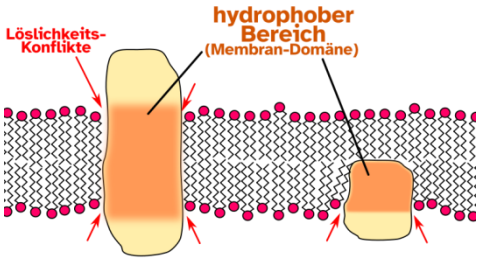
Bei der Anwendung der Formel und der wirklichen Bewegung der Proteine konnten aber Widersprüche entdeckt werden. Somit gab es ausreichend Gründe an verbesserten Membran-Modellen zu forschen.

Auch einige der späteren Beobachtungen passen nicht zu dem klassischen Flüssig-Mosaik-Modell.

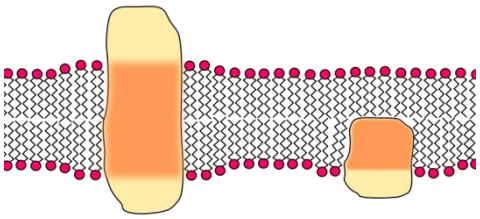
1983 folgte das **Matratzen-Modell** (**mattress-model**) von MOURITSEN und BLOOM. Sie erkannten, dass häufig der hydrophobe Protein-Teil (meist die Membran-Domäne) größer als die typische hydrophobe Schichtdicke der Doppel-Phospholipid-Schicht ist.

Da die Phospholipide unterschiedlich lange Fettsäure-Reste enthalten und die Membran an sich fluid ist, ordnen sich nach und nach die Lipide um.

Die längeren Phospholipde ordnen sich wie Kragen um die größeren hydrophoben Bereiche und lösen dadurch die Löslichkeits-Konflikte immer mehr auf.



frisch eingelagerte Proteine
mit größerem hydrophoben Bereich

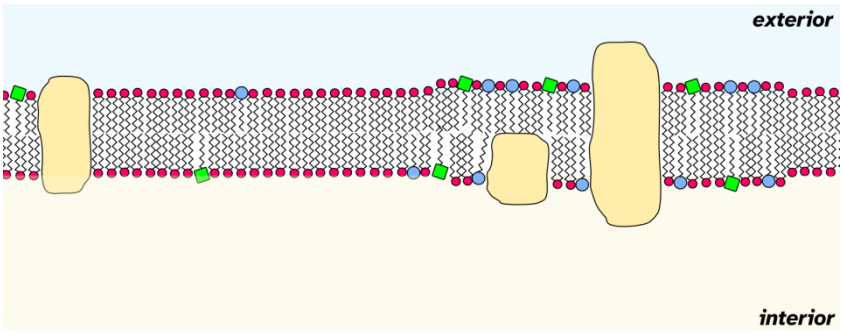


Kragen-Bildung aus passenden Lipiden

So entstehen Bereiche unterschiedlicher Dicke, wie man sie von gesteppten Matratzen kannte.

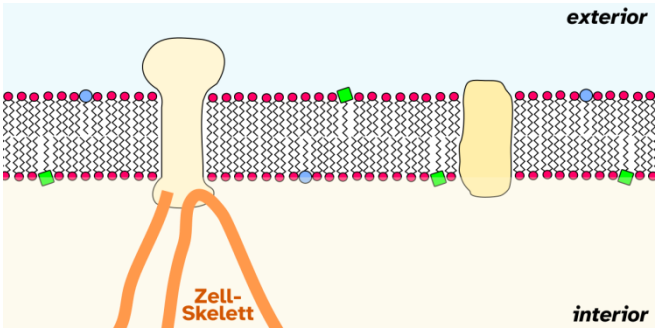
klassisches Modell	**bewegliche (flüssigere), Protein-freie Zone**	**zähflüssigere, Protein-haltige Zone mit veränderten Lipiden usw. ("Matratze")**

Andere passende Cholesterole und ähnlich gebaute Lipid-ähnliche Moleküle lagerten sich – ebenfalls entsprechend ihrer Reste-Länge in die Membran-Bereiche ein. Dadurch reduziert sich die Fluidizität und die Membran-Bereiche werden zähflüssiger.



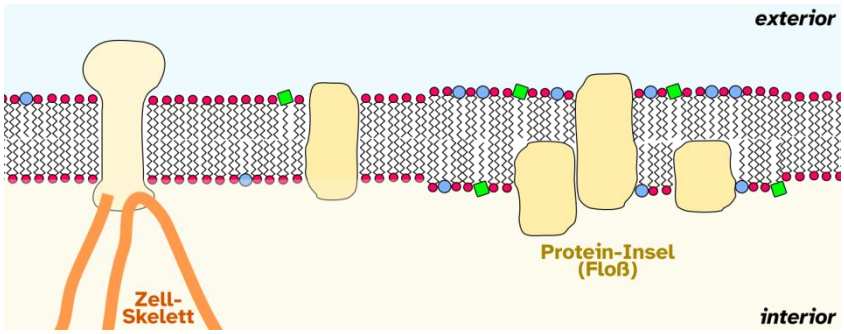
geringere **höhere Beweglichket**

KUSUMI und seine Mitarbeiter beobachteten Proteine, die mit extrem kleinen Gold-Teilchen markiert waren, mit einer hoch-auflösenden Kamera. Die zeitlich aufeinanderfolgenden Aufnahmen zeigten an einigen Stellen eine größere Beweglichkeit der Proteine in der Membran. An anderen Orten bewegten sich die Proteine kaum. Diese Regionen passten sehr häufig zu den Bereichen, an denen das Zell-Skelett (→ 2.6.1. Zell-Skelett) zur Biomembran Kontakt (→ 2.1.5. interzelläre Kommunikation) hat.

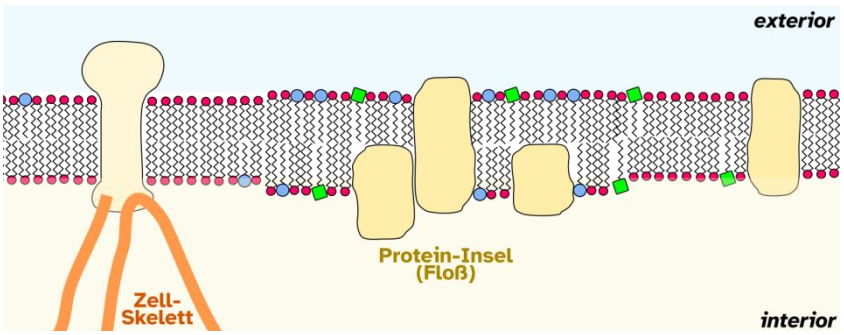


Modell der abgegrenzten Bezirke
(fence and picket model)

KUSUMI und SAKO (1996) leiteten daraus das **Modell der abgegrenzten Bezirke** ("**fence-and-picket-model**") ab. Manchmal spricht man auch vom "Picket-Fence-Modell".
Weiterhin hat man z.B. mittels EM-Aufnahmen festgestellt, dass einige Bereiche auf und in der Membran relativ frei von Proteinen sind. In anderen Bereichen scheinen sich dagegen die Proteine zu konzentrieren.
Proteine müssten sich nach dem einfachen NICOLSON-SINGER-Modell auch zufällig an der Oberfläche verteilen. Bei Analysen der Protein-Verteilung auf Einzellern konnte man dieses aber nicht beobachten. Vielmehr fand man funktionell zusammenhängende Proteine eher dichter zusammenliegend. Sie bildeten praktisch kleine Inseln. Unterstützt wird die unterschiedliche Verteilung wohl auch durch die innere Kompartimentierung (Unterteilung, Bereichs-Bildung) der Zelle (→ 2.3. Cytoplasma).



Auch andere Membran-Bestandteile – wie z.B. die Chlolesterole – sind in den Bereichen unterschiedlich verteilt. Selbst die Phospholipide sind leicht anderes aufgebaut (z.B. durch veränderte Kettenlängen der Fettsäure-Reste). Es entstehen so Regionen, die etwas zähfließender und andere, die mehr beweglich sind.
Zähflüssigkeit auch durch gehäufte Anzahl Phospholipde mit ungesättigten Fettsäuren. Deren "Knick" im Molekül-Rest soll zu einem Verharken der Lipdide führen.
Von außen betrachtet erscheint es so, als würden sich Inseln von zäh-flüssigen, Protein-haltigen Bereichen wie Flöße im Meer der "normalen" Membran bewegen. Der Finne SIMONS (1938 -) u.a. nannten dieses Modell (1997) das **Lipid-Floß-Modell** ("**lipid-raft-model**").

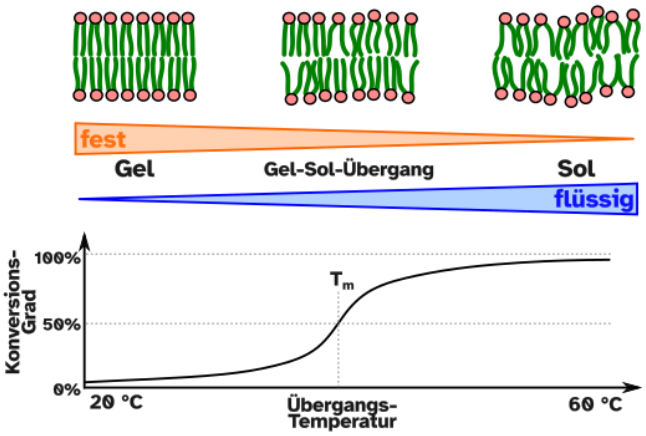


Die Inseln ("Protein-Flöße") wandern nur als Ganzes in der Membran. Nach einiger Zeit könnte die obige Modell-Struktur dann so aussehen.
Die an das Zell-Skelett angebundene Membran-Region bleibt praktisch an ihrer alten Position. Die Protein-Insel ist – wie ein Floß – weitergetrieben und hat andere Membran-Abschnitte einfach beiseite verschoben.
Fasst man die modernen Erkenntnisse zusammen, dann kommt man zu einem modernen **dynamisch-strukturierten Mosaik-Modell**. Dieses Modell ist derzeit in der Biologie breit akzeptiert. In der Literaur findet man es auch unter dem Namen "**Protein-Insel-Modell**" (**protein island model**).

2.1.1.3. besondere Eigenschaften der Bio-Membranen

Übergangs-Temperatur T_m (m … melting (schmelzen))

Cholesterol (Cholesterin) wirkt wie ein Klebstoff
ein eher kleiner Anteil senkt die Fluidizität
bei höherem Anteil werden die stabilisierenden Kräfte zwischen den Phospholipiden verringert, die Membran wird flüssiger



Aufgaben:

1. Erläutern Sie den Begriff Kompartimentierung!
2. Nennen Sie die Merkmale des Lebens und geben Sie, welche von der Biomembran (mit) realisiert werden!
3. Setzen Sie sich mit der folgenden Behauptung auseinander!
   "Biomembranen sind asymmetrisch sowie flüssig und fest zugleich."
4. Von einem einzelnen Phospholipid, einem integralen und einem peripheren Protein wurden bei einer Membran-Aufsicht Bewegungs-Muster aufgezeichnet. Der Membran-Abschnitt sowie die Beobachtungs-Zeit waren identisch. Ordnen Sie den Mustern den zugehörigen Membran-Bestandteil zu! Begründen Sie Ihre Zuordnung!

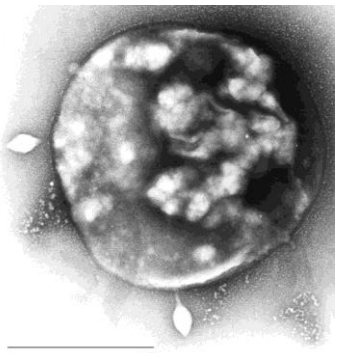
		
A	**B**	**C**

für die gehobene Anspruchsebene:

5. Skizieren Sie ein Diagramm (mit 2 Y-Achsen), in dem die Fluidizität und die Übergangs-Temperatur in Abhängigkeit vom Cholesterol-Anteil gezeigt wird (angenommen werden lineare Zusammenhänge)!

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

2.1.2. besondere Arten der Zellmembran

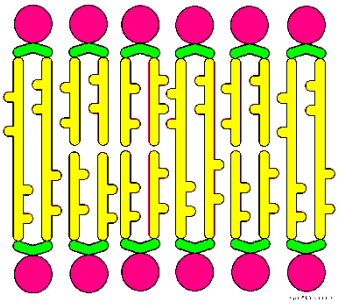


Archäe aus der Gattung *Sulfolobus*
(bei der Infektion durch Viren)
Q: de.wikipedia.org (Xiangyux)

Neben den Bakterien und Blaualgen sowie den Eucyten bilden die Archäen eine der drei großen Domänen zellulärer Lebewesen. Bei den Archäen (Urbakterien, Archaeobakterien (3. Organismen-Domäne)) beobachtet man eine abgewandelte Membran-Struktur.

Archäen unterscheiden sich neben dem besonderen Membranbau auch im Bau der Ribosomen und der Zellwände, so dass eine Extrastellung notwendig ist. Die Ribosomen sind strukturell komplexer als die der anderen Procyten. Die Zellwand enthält Mureïn – ein Polysaccharid mit seitlichen Aminosäuren-Ketten (Oligo- bis Polypeptide).

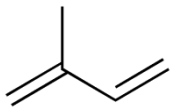
Zwar ist bei den Archäen-Membranen das Prinzip der Dreischichtigkeit (Sandwich) ebenfalls vorhanden, aber die Lipoide sind nicht immer zweischichtig angeordet. Viele Archäen-Lipoide sind an zwei Enden mit hydrophilen Teilen versehen. Ein Molekül steht somit direkt für die Dreischichtigkeit. Die hydrophoben Molekülteile werden aus Isopren-Bausteinen zusammengesetzt. Charakteristisch ist auch der leicht verzweigte Bau des fettfreundlichen Molekülteils.



Da einige Bauelemente in einem Stück durch die Membran reichen – und sie somit nur eine Schicht ausmachen – spricht man dann von einem **Monolayer**.

Isopren ist ein Molekül, das aus fünf Cohlenstoff-Atomen zusammengesetzt ist. Das Molekül ist verzweigt und enthält an zwei Enden Doppelbindungen, die für Verknüpfungen genutzt werden können.

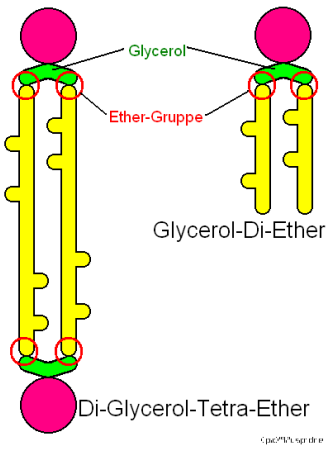
Isopren ist z.B. auch der Grundbaustein für Latex und ätherische Öle.



Q: de.wikipedia.org
(Edgar181)

Die hydrophilen Anteile werden durch Di- oder Tetra-Ether von Glycerol gebildet. Ether sind chemisch weitaus stabiler. Eine Hydrolyse (wie bei den Estern) ist bei ihnen nur sehr schwer möglich.

Der grundsätzliche Bau mit peripheren und integralen Proteinen usw. entspricht dem der oben besprochenen Biomembran.



Aufgaben:

1. ***Zeigen Sie mit Hilfe einer Strukturformel, wie eine Bindungstelle am Glycerol bei den Lipoiden der Archäen-Membran aussehen müsste!***
2. ***Ist die Archäen-Membran auch zum Membranfluss fähig? Begründen Sie Ihre Meinung!***

für die gehobene Anspruchsebene:

3. ***Vergleichen Sie den Monolayer einer Phospholipid-Schicht ("normale" Zell-Membran) mit dem einer Archaeen-Membran!***

Aufgaben:

1. *Beschreiben Sie mit Ihren eigenen Worten den Aufbau der Biomembran entsprechend modernen Vorstellungen!*
2. *Skizzieren Sie einen Membran-Abschnitt nach dem Flüssig-Mosaik-Modell von SINGER und NICOLSON!*
3. *Erläutern Sie jeweils kurz, welche Aktualisierungen des Flüssig-Mosaik-Modell's es in den letzten Jahrzehnten gegeben hat!*
4. *Ein Professor hat für seinen Assistenten ein paar Hand-Skizzen zu Membran-Proteinen gemacht. Der Assistent sollte sie in anschauliche Abbildung von Membran-Abschnitten einarbeiten. Charakterisieren Sie die unterschiedlichen Begrenzungs-Linien! Was hat sich der Professor sehr wahrscheinlich dabei gedacht? Skizzieren Sie einen kleinen Membran-Abschnitt unter Verwendung der Skizzen (die Ausdehnung (Höhe, Breite) können Sie begründet anpassen!)*

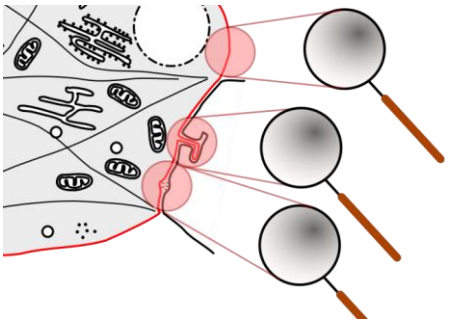


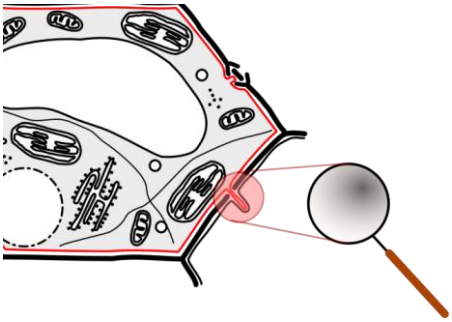
5. *In der Vorlesung bemerkt der – oft schon etwas vergessliche – Professor, dass er wohl einen Fehler gemacht hat und dem Assistenten eine falsche Skizze geliefert hat. Eigentlich hätte das Membran-Protein so dargestellt werden müssen. Ist das wirklich möglich. Beziehen Sie Stellung zur Korrektur-Vorschlag des Professor's*



6. *Müsste das vorne vorgestellte Membran-Modell nicht exakterweise PICKET-FENCE-Modell geschrieben werden?*
7. *Nach einem Experiment nach FRYE-EDIDIN wurde von der Zellmembran eine Serie von Elektronen-mikroskopischen Aufnahmen gemacht.*
   Damit die Oberflächen-Proteine deutlich im EM zu erkennen sind, wurden sie mit Antikörpern markiert. Entgegen der Erwartung, dass sich die Proteine entsprechend dem Membran-Fluß gleichmäßig auf beide Membran-Schichten (Layer) verteilt haben sollten, sind sie immer nur jeweils auf einer Seite sichtbar gewesen. Setzen Sie sich mit diesem Versuch auseinander!

2.1.3. Rezeptions-Vorgänge an Biomembranen





Zellen müssen irgendwie Informationen (Reize) aus ihrer Umgebung aufnehmen können. Auf der Ebene einer Zelle sind dies vor allem chemische Informationen, die wichtig sind. Ist Nahrung in der Nähe? In welcher Richtung befindet sich die Nahrungsgsquelle? Gibt es chemische Informationen von anderen Zellen in der Umgebung? Ist der Nachbar Freund, Feind oder Nahrung? Sind giftige Stoffe in der Nähe? …

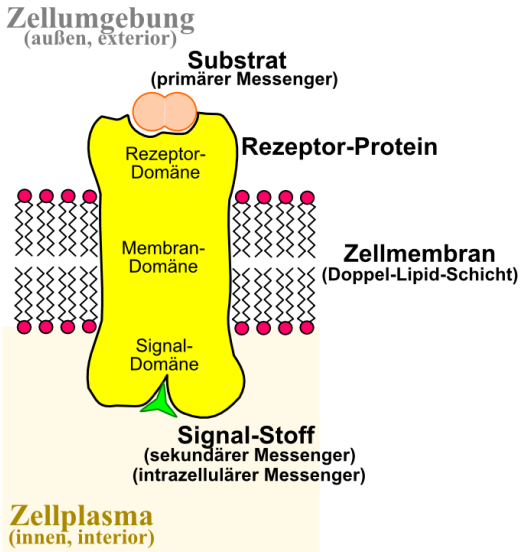
Ein **(Chemo-)Rezeptor** (entspricht sozusagen unseren Sinneszellen / - organen) besteht aus mehreren funktionellen Teilen. Diese werden oft Domänen genannt. Zumeist ist ein Rezeptor ein sehr komplexes Protein, das in mehrere Domänen strukturiert wird. Domänen sind große Bereiche eines Proteins, die bestimmte Teil-Aufgaben übernehmen. So ist z.B. die Membran-Domäne so gebaut, dass sie genau richtig in der Membran liegt (/ schwimmt).

Nach Außen (in den periplasmatischen Raum) auf der Zellmembran befindet sich die **Rezeptor-Domäne**. Sie ist für die Erkennung eines speziellen Stoffes (Reiz; Reizstoff; z.B. Lock- und Schreckstoffe, Nahrung, Zellgifte) vorgesehen. Der Stoff (- auf den der Rezeptor reagieren soll -) und die Rezeptor-Domäne passen wie Schlüssel und Schloss zusammen (fit-in-Prinzip).

Der Rezeptor ist mit mehreren Peptidketten in der Biomembran verankert (Membran-Domäne, transmembranäre Domäne). In das Zellplasma (Cytosol) reicht die **auslösende Domäne**. An ihr ist ein Stoff (Botenstoff, Signal-Transduktions-Stoff) angekoppelt, der bestimmte biochemische Prozesse in der Zelle steuert (auslöst, beeinflusst).

Zumeist sind dies Aktivatoren oder Inhibitoren (Hemmstoffe) für bestimmte Enzyme (📖 **Stoff- u. Energiewechsel**).

Die meisten Rezeptionsvorgänge (Informations-aufnehmenden Vorgänge) laufen modellhaft nach folgendem Schema ab.



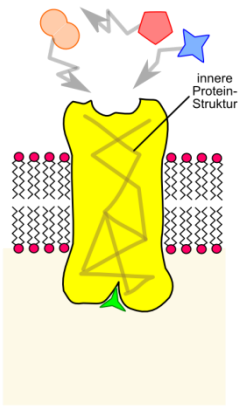
schematischer Bau eines (Chemo-)Rezeptors

Außerhalb der Zelle (exterior) ist die Zelle mit Unmengen von Umwelt-Reizen oder auch Signalstoffen des eigenen Organismus ausgesetzt(**1** (Abb.-en nächste Seite)). Allgemein werden die chemischen Stoffe als Substrat bezeichnet.

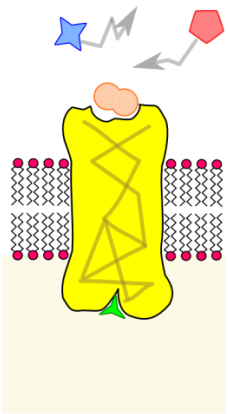
Im Fall eines Rezeptors hat das Substrat zuerst einmal eine informierende Wirkung. Man spricht dann auch vom Reizstoff oder (primären) Messenger.

An der Rezeptor-Domäne kann nur der geeignete Stoff für den Rezeptor andocken (**2**). Die räumlichen Strukturen von Rezeptor und Substrat müssen zueinander passen. Beide sind wie Schlüssel und Schloß. Biochemiker nennen diese Abgestimmtheit aufeinander **Schlüssel-Schloß-Prinzip**.

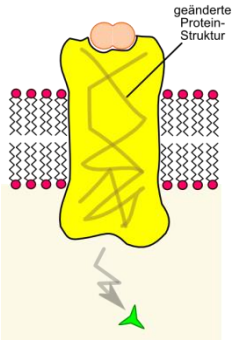
Nur wenn beide zueinander kompatibel sind – also der Schlüssel zum Schloß passt, dann kann das Schloß umgeschlossen werden – der Rezeptor irgendwie reagieren.
Es kommt zu innermolekulare Veränderungen im Rezeptor-Protein und das besonders in der auslösenden Domäne. Ein Zell-interner Signalstoff (Botenstoff, sekundärer bzw. intramolekularer Messenger) wird abgespalten (**3**). Dieser bewirkt dann charakteristische Veränderungen im Stoffwechsel der Zelle.
Nach der Abkopplung des Botenstoffs kann auch der Reizstoff wieder von der Rezeptor-Domäne abwandern (**4**).
Bei allen Wanderungen, Ab- und Andock-Aktionen spielen immer Diffusions-Gleichgewichte eine entscheidende Rolle. Wenn an der einen Seite weniger von einem Stoff vorhanden ist, dann besteht eine große Wahrscheinlichkeit, dass mehr von diesem Stoff zu einer Stelle wandert, wo weniger von diesem Stoff vorhanden ist.
Unter ATP-Aufwand wird nun wieder der Botenstoff (wahrscheinlich natürlich ein neues Molekül) an der auslösenden Domäne angebunden (**4**).
Der Energie-Träger ATP wird dabei in die Energie-ärmen Stoffe ADP und Phosphat zerlegt (**5**). Nun ist der Rezeptor wieder sensibilisiert (aktiviert, arbeitsfähig) (**6**).
Die ursprüngliche Rezeptor-Theorie wurde von Paul EHRLICH (1854 – 1915) und John Newport LANGLEY (1852 – 1925) formuliert und ist heute noch Grundlage für die meisten pharmakologischen Betrachtungen.
Als Beispiele können wir uns den Insulin- und den Glucagon-Rezeptor merken. Beide Rezeptoren spielen in der Blutzucker-Regulation eine Rolle. Sie reagieren auf die steuernden Hormone Insulin bzw. Glucagon. Der Insulin-Rezeptor setzt Zell-intern die Boten-Moleküle Shc (Src and Collagen Homology Protein) und IRS (Insulinrezeptor-Substrat-Protein) frei.
Der Glucagon-Rezeptor ist ein sogenannter G-Protein-Rezeptor. Er setzt interior das G-Protein (als sekundärer Messenger) frei.



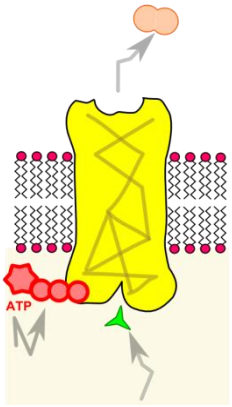
1
freier Rezeptor



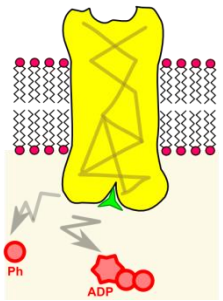
2
Rezeptor
mit andockendem
Reizstoff / Substrat
(exterior)



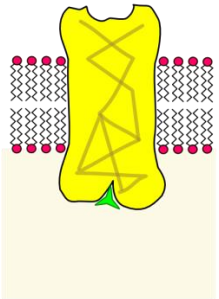
3
Abspaltung
des Botenstoffs
(interior)



4
Reaktivierung
des Rezeptors



5
Abspaltung
des Energie-Trägers



6
freier (regenerierter)
Rezeptor

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Dieses wiederum beeinflusst verschiedene Stoffwechselvorgänge in der Zelle (Hormon-Wirkung).
Weitere Mechanismen, die z.B. ebenfalls mittels G-Proteinen gesteuert werden, sind einige Erregungs-Übertragungs-Arten bei Nerven-Zellen.
Hier sorgt das G-Protein für die Öffnung von Ionen-Kanälen, die dann einen Ionen-Ein- oder Aus-Strom ermöglichen. In der Konsequenz der Ionen-Ströme ergeben sich dann veränderte elektrische Potentiale (→ 🕮 **Neurophysiologie**).

2.1.3.1. mögliche Wirkung des sekundären Messenger / des Signalstoffes im Stoffwechsel der Zelle

In der Zelle liegt z.B. ein bestimmtes Substrat – z.B. Glucose – vor. Ein Enzym, welches das Substrat weiterverarbeiten könnte, ist ebenfalls vorhanden. Es ist im nebenstehenden Stoffwechsel-Beispiel aber noch inaktiv (Abb. **A**).
Nun bekommt die Zelle – z.B. von außen (über den Blutkreislauf) das Signal, die Glucose in Stärke umzuwandeln. Das Signal ist hier das Hormon Insulin.
Wenn der intrazelluläre Messenger vom Rezeptor abgespalten wird, gelangt er auch irgendwann zum Enzym und aktiviert dieses. Hier wirkt das Schlüssel-Schloß-Prinzip. Der Messenger und eine Kontaktstelle des Enzyms passen perfekt zueinander.
(Diese Art der Enzym-Beeinflussung (Enzym-Modulation) wird nicht-kompetitive Hemmung bzw. Aktivierung genannt. (🕮 **Stoff- und Energiewechsel**))
Wie beim Rezeptor kommt es nun auch beim Enzym zu innermolkularen Veränderungen in der Protein-Struktur und es tut sich eine Kontaktstelle für die Glucose auf. Das aktivierte Enzym verbindet nun die Glucose-Moleküle zu einem Stärke-Molekül (allgemein: Produkt) (Abb. **B**).
Irgenwann wandert der Signalstoff wieder vom Enzym ab. Er wird entweder durch andere Prozesse abgebaut / zerstört oder eben – wie oben beschrieben – wieder an den Rezeptor gebunden. Das Enzym-Protein nimmt wieder seine alte interne Struktur an und wird dadurch inaktiv (Abb. **C**).
Natürlich ist auch das umgekehrte Prinzip möglich, d.h. ein arbeitendes Enzym wird durch den intramolekularen Messenger deaktiviert. Das Enzym hört dann solange auf zu arbeiten, bis der Signalstoff wieder abwandert oder z.B. zerstört / abgebaut wird. Nachfolgend kann das Enzym dann wieder normal seinen biochemischen Zweck erfüllen.

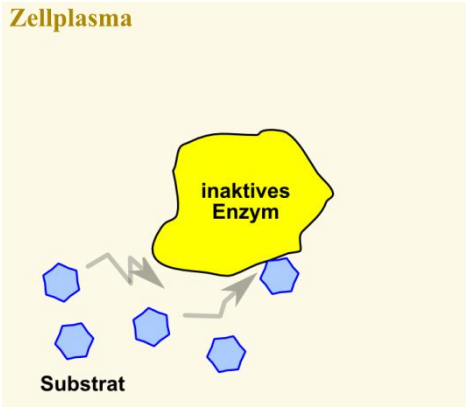


Abb. A

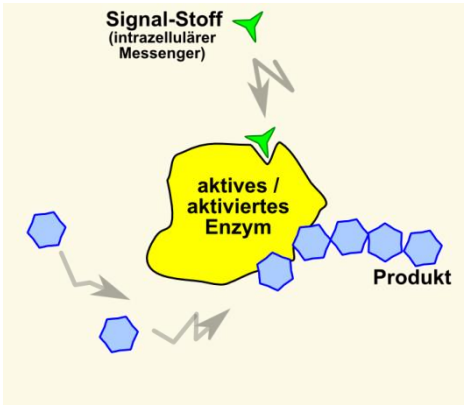


Abb. B

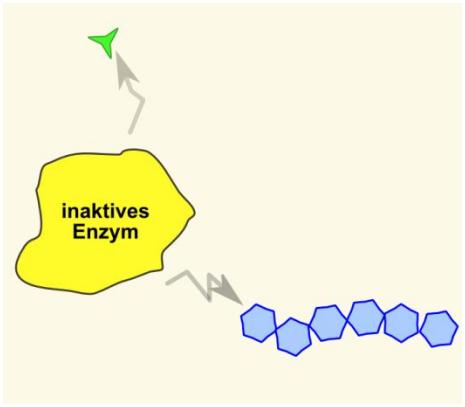


Abb. C

Aufgaben:

1. Skizzieren Sie die drei entsprechenden Situationen (Abb. A – C) auf, die bei einem Enzym mit Blockierung mittels intramolekularen Messenger auftreten würden! Erläutern Sie das Wirk-Prinzip!

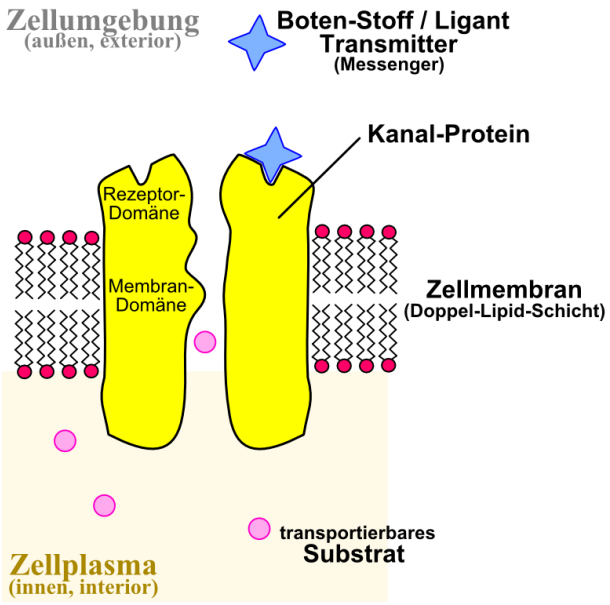
für die gehobene Anspruchsebene:

2. Welche Funktion hat eigentlich die Membran-Domäne? Machen Sie Aussagen zu charakteristischen Eigenschaften und ihrer Verteilung innerhalb der Domäne!

Wieder andere Rezeptoren sind geregelte Ionen-Kanäle. Ein gut untersuchtes Beispiel ist der Acetylcholin-Rezeptor (AcCh-Rezeptor) an den Synapsen (Nervenendköpfchen) von Nervenzellen. Hier dienen sie zur chemischen Informationsweitergabe von Nervenzelle zu Nervenzelle. Der Rezeptor ist meist ein integrales Protein mit einer Röhren-ähnlichen Struktur, durch die ein bestimmtes Ion hindurch gereicht wird (Ionen-Kanal).

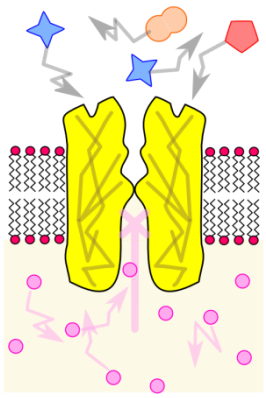
Die meisten Kanäle (Protein-Quartär-Struktur) bestehen aus mehreren Einzel-Proteinen (Monomeren). Das können gleiche aber auch unterschiedliche Einzel-Proteine (Tertiär-Strukturen) sein.

Bei den Kanal-Rezeptoren verläuft die Informationsaufnahme ungefähr so. Normalerweise (z.B. beim AcCh-Rezeptor) ist der Kanal verschlossen (**A**).

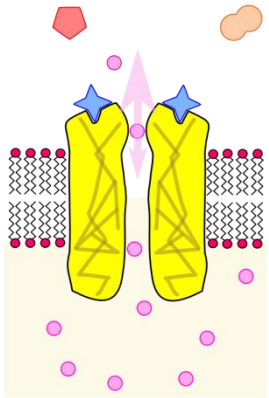


schematischer Bau eines Kanal's / Tunnel's / einer Pore

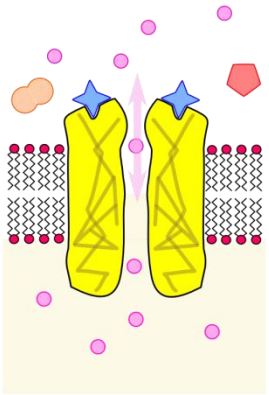
An der Außenseite hat der Rezeptor Andockstellen für das Acetylcholin. Diesen Protein-Teil nennt man Rezeptor-Domäne.



A
inaktiver,
geschlossener Kanal

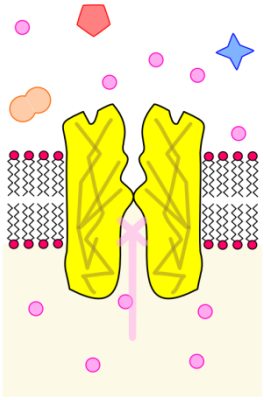


B
vollständig aktivierter,
geöffneter Kanal



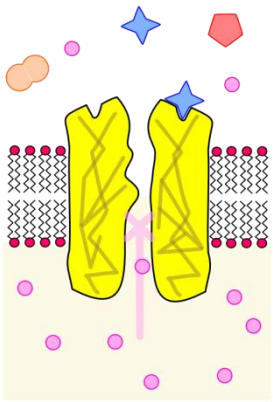
C
geöffneter Kanal
nach einiger Zeit

Der rezeptive Abschnitt (Andock-Stelle) und das Substrat (hier: Acetylcholin) passen zueinander, wie Schlüssel und Schloß. Wir sprechen deshalb auch vom sogenannten Schlüssel-Schloß-Prinzip.
Dockt Acetylcholin an diese Stellen an, verändert sich die Raumstruktur des Kanals. Er öffnet sich und bestimmte Stoffe können den Kanal passieren (**B**). Beim AcCh-Rezeptor sind dies Na^+-Ionen, die nun massiv ausströmen können und dadurch die vorhandene Ionen-Ungleich-Verteilung abbauen. Dadurch sinkt das elektrische Potential an der Membran – die Nervenzelle wird mehr oder weniger stark erregt.
Ein Kanal kann immer nur eine Art von Stoffen – häufig sind es Ionen – transportieren. Praktisch kommt es immer nur zum Konzentrationsausgleich der transportierbaren Teilchen (**C**).
Wandern die Boten-Stoffe / Transmitter ab, dann verschliesst sich der Kanal wieder (**D**).
Das Abwandern wird durch den üblichen Abbau von Substanzen in der Zelle (hier der Transmitter bzw. Reizstoff) befördert. Oft sinkt die Menge des verfügbaren Liganten aber auch schon durch den einfachen Abtransport (z.B. durch das Blut).



D
geschlossener Kanal nach Abwandern des Boten-Stoffes

Die Kanäle stellen mit ihrem integrierten Transport von Substraten einen fließenden Übergang zwischen Rezeptor- und Transport-Funktion dar.
Interessant ist das Verhalten der Kanäle bei zu geringen oder zu hohen Mengen an Boten-Stoffen. Die Einzel-Proteine (Monomere) haben jeweils eigene Rezeptor-Domänen. Wird eine davon nicht aktiviert, dann ist der Kanal nicht ausreichend geöffnet. Der gesamte Kanal-Protein-Komplex kann seine Funktion nicht erfüllen.
Sind z.B. zu viele Transmitter vorhanden, dann treten ebenfalls Blockierungen auf. Die Transmitter "drängeln" sich vor den Andock-Stellen – wir sprechen dann einer von sterischen (räumlichen) Behinderung). Keines der Transmitter-Moleküle kann wirklich andocken und der Kanal bleibt geschlossen.
Man kann sich dies bezüglich des Schlüssel-Schloß-Modells so vorstellen, als wenn mehrere Schlüssel in das Schloß gesteckt werden, und nun gar nichts mehr geht.
Bei einer anderen Gruppe von Kanälen sind die Transportwege in der Normal-Situation geöffnet und werden erst durch das Vorhandensein von passenden Boten-Stoffen geschlossen.



E
halb geöffneter Kanal

Aufgaben:

1. *Erläutern Sie die Funktionsweise eines Chemo-Rezeptors!*
2. *Oft betonen Ärzte, dass bestimmte Medikamente genau dosiert und zur richtigen Zeit eingenommen werden müssen! Begründen Sie diese medizinische Empfehlung!*

für die gehobene Anspruchsebene:

3. *Skizzieren Sie wesentliche Funktions-Situationen für einen Kanal auf, der normalerweise geöffnet ist und durch einen Transmitter geschlossen wird! (umgekehrtes Funktions-Prinzip zum oben beschriebenen AcCh-Kanal)*

2.1.3.2. Wirkprinzipien von Hormonen

Hormone sind die klassischen Regulations- und Steuerungs-Stoffe bei Zellen. Sie werden von speziellen Zellen (Drüsen-Zellen) gebildet und über Körper-Flüssigkeiten oder das Umgebungs-Medium zu den anderen Zellen transportiert. Obwohl jede Zelle zu den Hormonen Kontakt hat oder haben kann, wirken die Hormone nur bei ausgewählten Zellen. Hormone sind selektive, biochemische Botenstoffe. Sie gehören chemisch vielfach zu den Peptiden oder einfachen, davon abgeleiteten Derivaten (Abkömmlingen).
Vielfach wird suggeriert, dass ein Hormon irgendetwas im Körper tut, dies ist aber falsch. So findet man häufig die Aussage: "Das Insulin senkt den Blutzucker-Spiegel." Praktisch stimmt dies nicht, da das Insulin eigentlich nur als Informations-Stoff dient, dass eben zuviel Zucker (Glucose) im Blut vorhanden ist. Das Insulin aktiviert bei verschiedenen Zellen und Zell-Arten Stoffwechsel-Vorgänge, die der Reduktion des Zuckers im Blut dienen. So werden Muskel- und Leber-Zellen dazu angeregt, Muskel- bzw. Leber-Stärke (Glykogen) aus Glucose zu bilden. Das reduziert dann logischerweise die Blutzucker-Menge. In Fett-Zellen hemmt das Insulin dagegen die sogenannte Lipolyse – das Zerlegen von Fetten in ihre Bestandteile. Auch dies dient indirekt dem Senken des Blutzucker-Spiegels, da nun nicht mehr so viele mögliche Grund-Bausteine für eine Körper-eigene Glucose-Produktion gebildet werden. Diese würden ja letztendlich wieder die Blutzucker-Menge erhöhen. Insulin steuert auch noch Vorgänge des Aminosäure-Stoffwechsels sowie des Kalium-Haushalts.
Letztendlich stimmt es indirekt: Insulin senkt den Blutzucker-Spiegel.
Man unterscheidet:

- Wasser-lösliche

und

- Lipid-lösliche

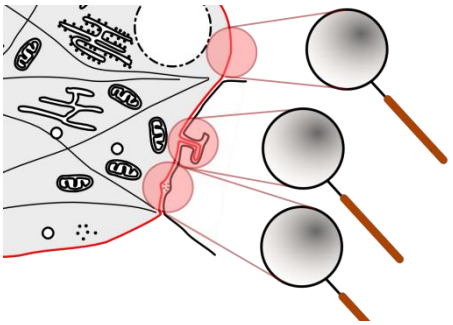
Hormone. Neben den Löslichkeits-Eigenschaften sind es aber auch unterschiedliche Wirk-Prinzipien, die hinter dieser Klassifikation stehen. Letztendlich basieren die verschiedenen Funktionsweisen aber auch wieder auf den Löslichkeits-Eigenschaften.
Neben den Hormonen gibt es in mehrzelligen Organismen aber noch eine Vielzahl anderer Informations-Stoffe, mit z.T. ähnlichen Wirk-Prinzipien, aber anderen Wirk-Orten. Dazu gehöre Mediatoren, Zytokine und Neurotransmitter.
Wasser-lösliche Hormone können die Doppel-Lipid-Schicht der Zellmembran nicht durchdringen. Sie verbleiben üblicherweise im äußeren (meist wässrigen) Milieu einer Zelle.
An der Zell-Oberfläche finden wir Rezeptoren für die verschiedenen Wasser-löslichen Hormone. Bindet nun ein Hormon an seinem zugehörigen Rezeptor, aktiviert dieser über eine Signal-Kaskade bestimmte Stoffwechsel-Vorgänge (Enzym-Reaktione, Metabolismen). Jetzt tut die Zelle irgendetwas. Wandert das Hormon vom Rezeptor ab oder wird das Hormon abgebaut, dann regeneriert sich die Signal-Kette und unterbricht dadurch auch den eigentlichen Stoffwechsel-Vorgang. Die umbauenden Prozesse hören auf, bis wieder ein Hormon an einem Rezeptor andockt.
Eine schematische Darstellung solcher indirekten Prozess-Steuerung finden Sie weiter vorn (am Ende von → 2.1.3. Rezeptionsvorgänge an Biomembranen und dazu → 2.1.3.1. mögliche Wirkung des sekundären Messenger / des Signalstoffes im Stoffwechsel der Zelle).
Typische Wasser-lösliche Hormone sind das Insulin, das Glycagon (Insulin-Antagonist) und das Ocytocin ("Bindungs- od. Kuschel-Hormon").
Fett-lösliche (Lipid-lösliche) Hormone können die Membranen durchdringen. Im Zell-Innenraum angekommen, verbinden sie sich mit speziellen Proteinen. Diese werden intrazelluläre Rezeptoren genannt. Sie funktionieren wie die Membran-Rezeptoren, nur das eben nicht in der Membran fixiert sind, sondern im gesamten Zytoplasma vorkommen können.
Üblicherweise greifen die Lipid-löslichen Hormone nicht in den Stoffwechsel direkt ein, sondern wandern zuerst einmal in den Zellkern. Dort aktivieren oder deaktivieren sie bestimmte Ablese-Vorgänge am genetischen Material (DNS). Dadurch werden dann entweder neue oder mehr Enzyme gebildet, oder die Produktion eines Enzyms wird eingeschränkt. In jedem

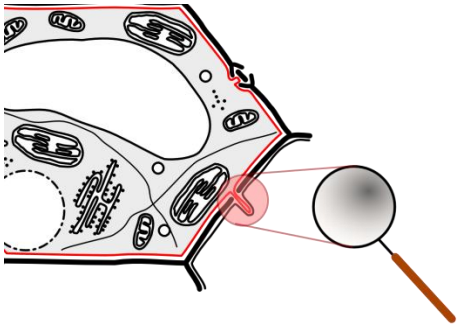
Fall verändern sich dadurch die Stoffwechsel-Vorgänge. Mehr Enzyme können z.B. mehr von bestimmten (gebrauchten) Produkten produzieren. Fehlen bestimmte Enzyme, dann wird die Produktion von bestimmten Stoffen verringert oder ganz beendet.
Zu den Lipid-löslichen Hormonen gehören z.B. die Geschlechts-Hormone (Östrogen, Gestagen und Testosteron).

Aufgaben:

1. *Vergleichen Sie den Signal-Weg eines hydrophilen und eines hydrophoben Hormon's (/ Signalstoff's)!*
2. *Informieren Sie sich, wo genau Insulin im menschlichen Körper gebildet wird!*
3. *Wie kann man erklären, dass jemand mit fehlender Insulin-Produktion viele Jahrzehnte weiter leben kann, während es bei einem Krebs im Bildungs-Organ des Insulins meist innerhalb eines Jahres zum Tod kommt?*
4. *Erklären Sie den Begriff Antagonist! Was genau macht dann der Insulin-Antagonist Glycagon?*
5. *Erstellen Sie für das Hormon Ocytocin einen einseitigen – aber trotzdem breit informierenden –Steckbrief (Ziel-Niveau: Teilnehmer eines Cytologie-Kurses)! Wer in Ihrem Kurs hat den besten Steckbrief erstellt? Warum ist dieser vielleicht besser, als Ihr eigener?*

2.1.4. Transportvorgänge an Biomembranen

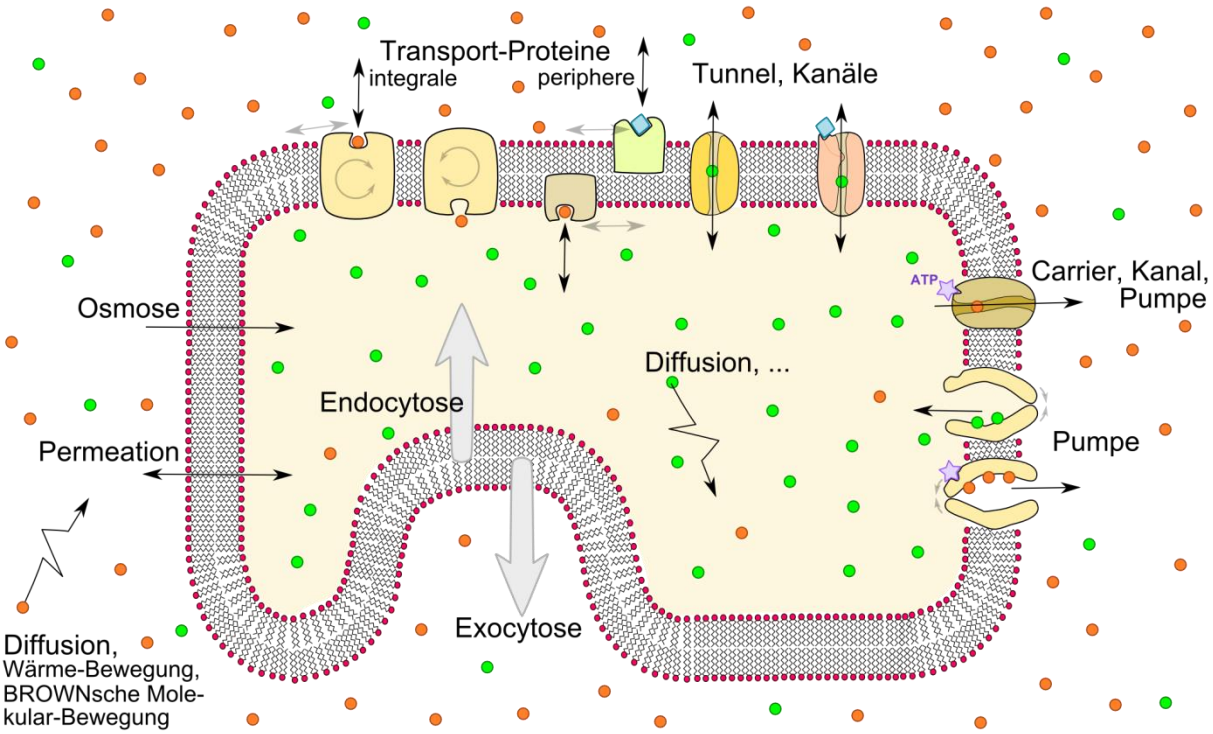




Wie wir schon besprochen haben, ist eine der wichtigsten Aufgaben der Biomembran im Stofftransport zu sehen. Natürlich geht es nicht um die ungerichtete und freie Bewegung von irgendwelchen Stoffen. Das würde ohne Membranen viel unkomplizierter und schneller ablaufen. Beim Stofftransport an einer Biomembran geht es vorrangig um zielgerichtetes, selektives und bedürfnisgerechtes Bewegen von Stoffen.
Für Transportbewegungen stehen an Biomembranen prinzipiell folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- Permeation, Osmose
- passive Transportproteine
- gesteuerte Tunnelproteine
- aktive Transportproteine
- aktiver Transport an (Ionen-)Pumpen
- Endocytose
- Exocytose

Die ersten fünf Möglichkeiten (Permeation, … – … Ionen-Pumpen) verlaufen ohne Form-Veränderungen der Membran. Der zu transportierende Stoff wird durch sie hindurch geleitet. Man spricht dann von **Trans-Membran-Transporten**.
Sind Proteine an den Transporten beteiligt bzw. werden die Transporte von Proteinen durchgeführt, dann nennen wir diese **Protein-gebundene Transportvorgänge**. Im unteren Schema sind das die Vorgänge an der oberen und rechten Zell-Seite.
Bei Endo- und Exocytose werden auch ganze Membranabschnitte bewegt – man spricht hier von **Membran-verlagendem Transport**. Solche Transportvorgänge sind z.T. auch Licht-mikroskopisch beobachtbar.



Schauen wir uns nachfolgend die einzelnen Vorgänge etwas genauer an.

2.1.4.1. grundlegende physikalische Transport-Vorgänge

Alle Stoffe als Ganzes – aber auch die Einzelbestandteile eines Stoffes – bewegen sich. Ursache dafür ist ihre innere oder kinetische Energie. Bei -273 °C – das entspricht 0 K – haben die Teilchen und Stoffe keine Bewegungs-Energie. Sie liegen fest an ihren Gitter-Plätzen. Mit Zunahme der Energie bewegen sich die Teilchen und deren Bausteine (Atome, Ionen) immer stärker (Wärmebewegung der Teilchen). Durch Zusammenstöße mit anderen Teilchen wird Energie von einem zum anderen Teilchen übertragen. Entdeckt wurde die Teilchen-Bewegung im Wesentlichen von Robert BROWN (1773 - 1853). Er beobachtete die ungeordnete Bewegung von gerade so sichtbaren Teilchen. Er erklärte diese Bewegung mit kleineren, nicht sichtbaren und sich bewegenden Teilchen (z.B. das Umgebungs-Medium), die durch Stöße die Bewegungs-Richtungen der größeren Teilchen ablenkten. Diese Erklärung wurde durch spätere Untersuchungen mit besseren Mikroskopen usw. bestätigt. BROWN zu Ehren nennt man diese elementare Teilchen-Bewegung auch BROWNsche Molekular-Bewegung. Sie ist die Ursache für alle Transport-Vorgänge an und in der Zelle.
Physikalisch ist die Ursache der Bewegung die Bewegungs-Energie der Teilchen. Sie ist von der Temperatur abhängig (bzw. die Temperatur beschreibt gerade diese Energie). Man spricht deshalb auch gerne von der Wärme-Bewegung der Teilchen.
Als Erster hat der Botaniker BROWN die ungerichtete Bewegung an Pollenkörnern beobachtet. Später konnte er die nach ihm benannte Bewegung bei vielen anderen Teilchen ebenfalls nachweisen.

2.1.4.1.1. Diffusion und Permeation

Diffusion ist der freie, ungehinderte Konzentrationsausgleich eines oder mehrerer Stoffe. Sie basiert auf der BROWNschen Molekularbewegung (Wärmebewegung des Teilchens) und der allgemeinen Tendenz im Universum eine maximale Entropie (möglichst geringe Energie; maximale Unordnung) zu erreichen.
Wird z.B. ein Kristall einer Substanz in einem abgeschlossen Gefäß mit einem Lösungsmittel (z.B. Wasser) gebracht, dann löst sich dieser auf.



nur Wasser in den Bechergläser (links 8°C; rechts 75°C)



je ein Kristall Kaliumpermanganat in das Wasser gegeben



nach 15 min

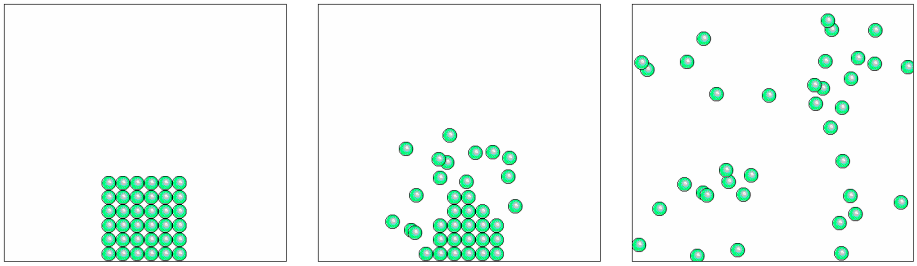


nach 30 min

In ungelöster Form (Kristall) hat die Substanz eine sehr hohe Konzentration (am Ort).
Dagegen ist die Konzentration der (noch zu lösenden) Teilchen im Lösungsmittel zu Anfang praktisch gleich Null. Nach und nach löst sich der Kristall auf. Die gelösten Teilchen (z.B. Ionen) verteilen sich aufgrund der Wärmebewegung nach und nach über das gesamte Lösungsmittel.
Von außen betrachtet ist die Lösung nun gleichmäßig konzentriert – es hat also ein Konzentrationsausgleich stattgefunden.


ein Tag später

Betrachtet man die Teilchen, so kommt man zur nachfolgenden schematischen Darstellung.



Der Kristall (Abb. 1) löst sich auf (Abb. 2). Durch Zusammenstöße untereinander und mit dem Lösungsmittel werden sie letztendlich im gesamten Raum verteilt. Statistisch gesehen kommt es zur homogenen Verteilung der gelösten Teilchen im Lösungsmittel. Die Lösung repräsentiert nun die maximale Entropie (Unordnung).
Praktisch treten aber ständig Ungleich-Verteilungen auf. Mal ist an der einen Stelle in der Lösung eine größere Menge der gelösten Teilchen, am an einer anderen Stelle. Die Diffusion ist ein zutiefst zufälliger (stochastischer) Vorgang.
(Eine Zusammenlagerung (Kristall), wie in der ersten Abbildung, ist zwar praktisch auch während des Diffusions-Verlaufs irgendwann möglich, aber extrem unwahrscheinlich. Dies entspricht von einer Situation mit sehr geringen Entropie.)
In der Zelle spielt die Diffusion eigentlich nur vor und hinter der Membran eine Rolle. Das Gute ist, dass sie völlig kostenfrei für die Zelle zu haben ist. Physikalisch wird die Teilchen-Bewegung durch die Temperatur repräsentiert. Je schneller die Teilchen, desdo höher ist die gemessene Temperatur des Stoffes. Ist dagegen die Temperatur niedriger, dann bewegen sich die Teilchen auch langsamer.
Da der normale Temperatur-Bereich für Lebensvorgänge (0 – 40 °C) weit vom absoluten Temperatur-Nullpunkt (0 K = - 273 °C) entfernt ist, besitzen alle Teilchen reichlich Bewegungs-Energie.
Die ungerichte Bewegung bewirkt keine sehr großen Transport-Geschwindigkeiten. Kleine Teilchen – wie z.B. Wasserstoff-Ionen – sind schneller als große Moleküle. Bei diesen ist erst eine Vielzahl von passenden Stößen (anderer Teilchen) notwendig, bis eine Bewegung überhaupt und dann noch in eine bestimmte Richtung möglich ist.
Wasserstoff-Ionen legen 1 µm (ungefährer Zelldurchmesser) in ungefähr 18 µs zurück. Eiweiße bräuchten für die gleiche Strecke mindestens 1 ms – also rund 50x länger.

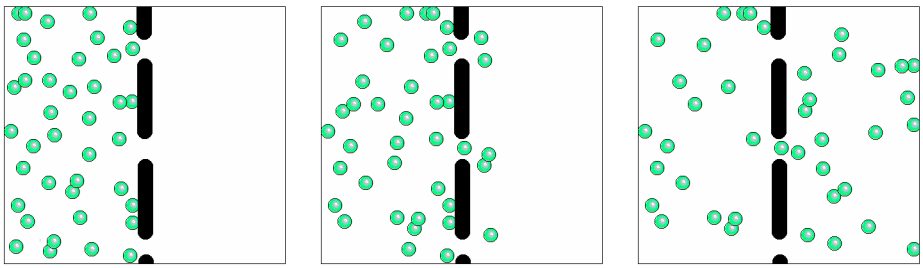
schnelle Aufgabe (zwischendurch):

Berechnen Sie die Diffusionsgeschwindigkeit für Wasserstoff-Ionen und Eiweiße in m/s und km/h!

Praktisch ist aber die Diffusion für größe Entfernungen ungeeignet, da es ständig zu Richtungsänderungen kommt. Diese bewirken, dass effektiv die Diffusionszeit mit dem Quadrat der Entfernung zunimmt. Schon ein Zelldurchmesser von 10 µm bedeutet 100x so lange Diffusionszeiten. Für große Organismen taugt die Diffusion also nicht als Standard-Transport-

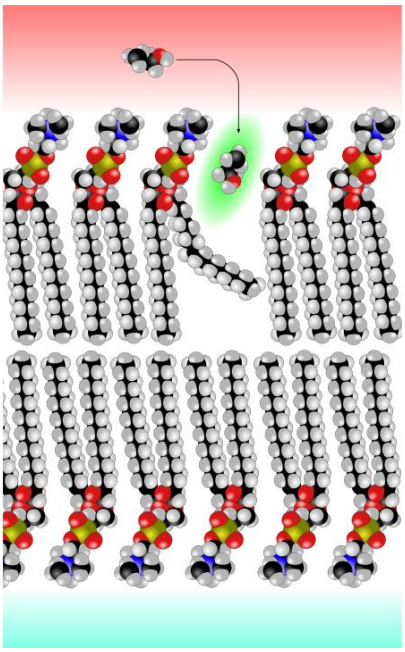
Technik. Sie müssen auf aktive Bewegungen von Körperflüssigkeiten zurückgreifen – die Konvektion (z.B. der Blutkreislauf bei vielen Tieren).
Nun kann der Lösungsmittelraum auch durch eine Membran (od. ein ähnliches Gebilde) geteilt sein. Nehmen wir an, die Poren sind so groß, dass die gelösten Teilchen der Substanz diese passieren können. Unabhängig, ob die Substanz in fester Form (Kristall) oder in gelöster Form auf nur einer Seite bereitgestellt wird, ist es offensichtlich, dass der Konzentrationsausgleich langsamer abläuft. Hier sprechen wir von **Permeation** (dt.: Durchdringung).

Permeation ist eine behinderte, verlangsamte Diffusion durch eine Membran.
Je weniger störend die Membran bzw. umso größer die Poren, umso mehr nähert sich die Permeation einer "normalen" Diffusion an.



Unter normalen Zellbedingungen haben wir es häufig mit Permeationen zu tun. Die Zellmembran ist mit unspezifischen Tunnel-Proteinen und einigen wenigen Poren durchsetzt, die zumindestens für kleine Teilchen eine Durchwanderung möglich machen. Auch innerhalb der Zelle sind viele Bereiche durch Membranen (z.B. Endoplasmatisches Retikulum) voneinander abgegrenzt. Die verschiedenen Stoffe müssen dann ev. durch sie hindurchwandern.
Ansonsten sind die Membranen nur für sehr wenige Stoffe direkt durchlässig. In den meisten Fällen sind dies nur Atome oder sehr kleine – wenig polare – Moleküle. Alle diese Teilchen müssen sowohl den äußeren polaren Teil, wie auch den inneren unpolaren Bereich der Membran passieren können.

Nach der Theorie von TÄUBLE (1971) können kleine Moleküle die Membran an sogenannten **Kink**'s passieren. Kink's sind molekulare Lücken, die durch bestimmte Moleküle (hier Phospholipide) entstehen
Durch die Freiräume passen aber nur kleine Moleküle, vorrangig mit kombinierten polaren und unpolaren Lösungs-Eigenschaften. Die Kink's sind aber auch für das sehr kleine Wasser-Molekül passierbar. 1974 wurde dieser Transport-Weg von SEELIG nachgewiesen.



Kink-Modell für die Durchlässigkeit der Membran für bestimmte Moleküle (hier Ethanol)
Q: de.wikipedia.org (Kuebi)

Zuhause-Experiment: Tee-Beutel im heißen Wasser

Materialien / Geräte:
möglichst großes Tee-Glas od. Glas-Tasse (durchsichtig); Tee-Beutel (möglichst für kräftig roten Tee, z.B.: Hagebutte, Hibiskus, …); kochendes Wasser
ev. Kamera (Handy od. Tablet mit Zeitraffer-Möglichkeit); ev. Stativ

Durchführung / Ablauf:
- ev. Kamera fest positionieren (Stativ od. Bücher-Stapel)
- Tee-Glas (gut ins Licht rücken und) mit kochendem Wasser befüllen
- 5 Sekunden warten oder sonst ev. Kamera mit Zeitraffer-Aufnahme starten
- Tee-Beutel in das Tee-Glas einhängen und nicht mehr bewegen
- Beobachten / Filmen Sie, bis keine Veränderungen mehr zu beobachten sind (max. 10 min)

Zusatzuntersuchung:
- Entnehmen Sie den Tee-Beutel und geben Sie einen Zucker-Würfel oder ein Kandis-Stück (mit einer Größe Ihrer Wahl) dazu
- Beobachten / Filmen Sie, bis keine Veränderungen mehr zu sehen sind

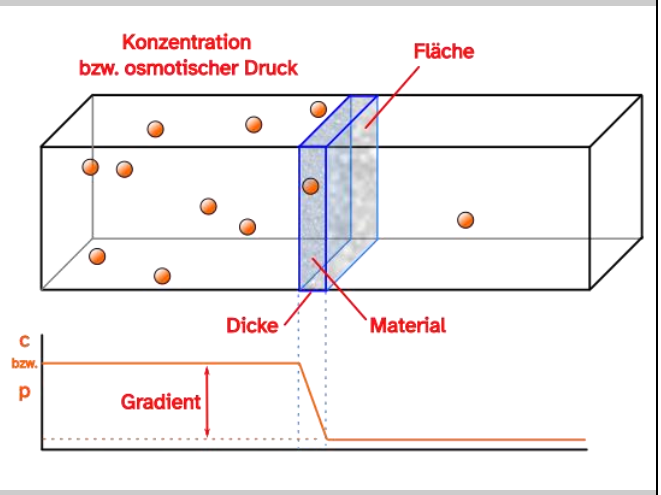
Hinweis:
- Tee kann getrunken werden

Exkurs: Diffusions-Gesetz von FICK

Die Vorgänge an einer Membran quantitativ zu erfassen, ist sehr schwierig. Zu viele Parameter beeinflussen die Permeations-Geschwindigkeit. Gemeint ist auch wrklich die Permeation, da FICK (1829 – 1901) von einer mehr oder weniger durchlässigen Grenzfläche bzw. Membran ausgeht.

Die Berechnungs-Formel, die Adolf FICK 1855 angeboten hat, ist und bleibt eine Näherung. Vor allem für Vergleiche ist sie aber gut geeignet, da sich dann die unbekannten Parameter immer ungefähr gleich auswirken und so vernachlässigt werden können.
Ein solcher Parameter ist der KROGHsche Diffusions-Koeffizient, der abhängig vom Material und dessen Struktur (Poren-Größe; Absorptions-Eigenschaften) ist.
Intuitiv können wir aus unseren Kenntnissen über die Permeation die folgenden Regeln ableiten:

Je größer der (Konzentrations-)Gradient, umso größer ist die Diffusions-Geschwindgkeit (Diffusions-Rate).
Je dicker die Membran, umso langsamer ist die Diffusion.
Je größer die Austausch-Fläche, umso größer ist die Diffusions-Geschwindigkeit.



$$J \approx -D \cdot \frac{A}{d} \cdot \Delta c$$

J … Diffusions-Strom (Diffusions-Geschwindigkeit)
d … Membran-Dicke (Diffusions-Strecke)
A … Membran-Fläche (Austausch-Fläche)
Δc … Konzentrations-Unterschied (-Gradient)
D … KROGHscher Diffusions-Koeffizient

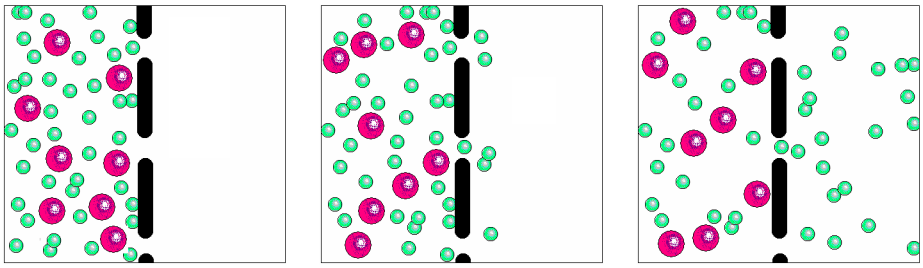
2.1.4.1.2. Osmose

Viele der Zellbestandteile und im Cytoplasma gelösten Stoffe sind viel zu groß für die Poren in den Biomembranen. Da könnte die Zelle ja gleich auf eine Abgrenzung verzichten, wenn die Poren sowieso alles durchlassen würden.

Desweiteren will die Zelle auch nicht all ihre wertvollen Stoffe und die aufwändig produzierten Proteine verlieren. Die abgrenzende Membran darf also nur für einige Teilchen durchlässig sein.

Als Transport-Prozess haben wir es hier mit der sogenannten **Osmose** zu tun.

Voraussetzung für eine Osmose ist eine Membran, die bestimmte Teilchen z.B. wegen ihrer Größe nicht hindurchlässt. Anders herum betrachtet, konnen natürlich auch die Poren zu klein für die bestimmten Teilchen sein.



Eine Membran, die nur einen Teil der Teilchen durchlässt, wird semipermeabel (halbdurchlässig, selektiv durchlässig, selektiv permeabel) genannt.

Das Lösungsmittel und alle anderen (kleineren) Teilchen können die Membran frei passieren und es kommt für sie zum Konzentrationsausgleich. Da die größeren Teilchen auf der einen Seite verbleiben, entsteht hieraus auf dieser Seite ein erhöhter Druck. Dieser entsteht dadurch, dass sich eben mehr Teilchen das gleiche Volumen teilen müssen. Es kommt so zu mehr Zusammenstößen u.a. auch mit der Wand – was eben Druck ist. Der osmotische Druck ist beobachtbar und messbar. U.U. kann er so stark sein, dass Zellen usw. zerplatzen.

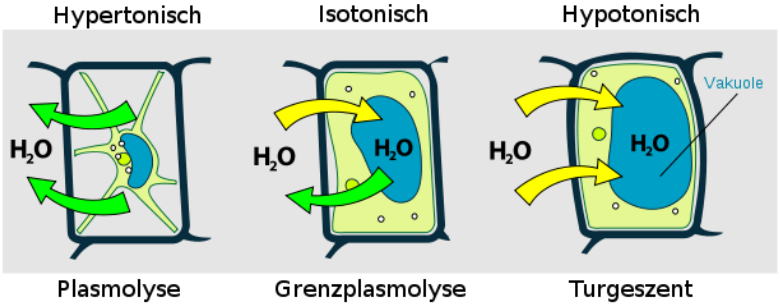
Kann sich das Volumen verändern, dann bewirkt das Mehr an Teilchen natürlich zuerst eine Volumenzunahme.

Der osmotische Druck ist neben der Temperatur nur noch von der Konzentration der gelösten Teilchen abhängig. So hat eine 1 molare (= 1 M) Glucose-Lösung einen osmotischen Druck von rund 25 bar (= 2,5 MPa).

Exakterweise spricht man statt von einem Konzentrationsausgleich (bei Diffusion, Permeation und Osmose) besser von Gradientenausgleich. Unter einem Gradienten versteht man allgemein einen Unterschied. In den besprochenen Fällen war dies immer ein Konzentrations-Unterschied. Möglich sind aber z.B. auch Temperatur-, Dichte- oder Ladungs-Unterschiede. Auch für diese ergeben sich Gradienten-abbauende Tendenzen / Bewegungungen.

Die Osmose wird gerne als biologischer Vorgang beschrieben. Dies ist **nicht** richtig, da die Osmose nicht an lebende Membranen oder Zellen oder ähnliches gebunden ist. Sie tritt an jeder semipermeablen Membran (lebend oder tot; natürlich oder künstlich) auf. Grundlage sind sowohl dieinneren elementaren Teilchenbewegungen (BROWNsche Molekularbewegung; Wärmebewegung) und die vorhandenen Ungleich-Verteilungen auf den beiden Seiten der Membran. Zumeist wird die Osmose in der Schule zuerst und ausschließlich bei biologischen Sachverhalten besprochen.

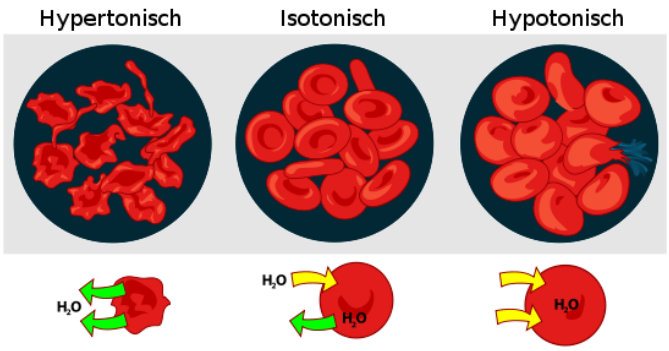
So entsteht der Eindruck eines biologischen Vorgang's. Seiner Natur nach ist die Osmose – wie die Diffusion auch – ein zutiefst physikalischer Vorgang.Die Osmose ist der ursächliche Prozess für die Plasmolyse (→ 2.8. Vakuole), bei der sich in versteiften pflanzlichen Zellen die Zellmembran von der umgebenden (festen) Zellwand ablöst.



Veränderungen der Zelle bei Verwendung unterschiedlicher Umgebungs-Medien (Plasmolyse, Grenz-Plasmolyse, Deplasmolyse)
Q: commens.wikimedia.org (LadyofHats)

Dazu muss das Außen-Medium hypertonisch sein, d.h. es muss eine geringere Konzentration an Wasser besitzen, als das Cytoplasma bzw. die Vakuole. Dies gelingt z.B., wenn man Lösungen von Stoffen als Außen-Medium verwendet, deren Teilchen zu groß für einen einfachen Stoff-Transport durch die Membranen sind. Man verwendet hierfür z.B. Glucose-Lösungen, Salz-Lösungen oder Mischungen aus Glycerol und Wasser.

Bei tierischen Zellen kann es ebenfalls durch osmotische Vorgänge zu Form-Veränderungen oder gar zum Platzen der Zellen kommen. Da hier keine stabilisierende Zellwand das Ausdehnen der Zelle in einer hypotonischen Lösung verhindern kann, gibt irgendwann die Zellmembran dem Tugor (Zell-Innendruck) nach. Eine typische hypotonische Lösung ist destilliertes (bzw. demineralisiertes) Wasser.



Veränderungen tierischer Zellen (hier: Rote Blutkörperchen) in verschiedenen Lösungen
Q: commens.wikimedia.org (LadyofHats)

Da bei den bisher besprochenen Transportvorgängen Eiweiße keine praktische Rolle gespielt haben, werden sie im Gegensatz zu den nun folgenden Transporten zu den **nicht-Protein-gebundene Transportvorgänge**n zusammengefasst.
Sie basieren grundsätzlich auf rein physikalischen Prinzipien und sind für die Zelle ohne zusätzlichen Energieaufwand nutzbar. Somit sind es sogenannte passive Transporte.
Natürlich können auch Eiweiße als (kolloidal) gelöste Stoffe an Diffusionen, Permeationen und Osmosen beteiligt sein. Besonders innerhalb von Zellen (im Cytoplasma) spielen diese Bewegungs-Vorgänge eine wichtige Rolle.

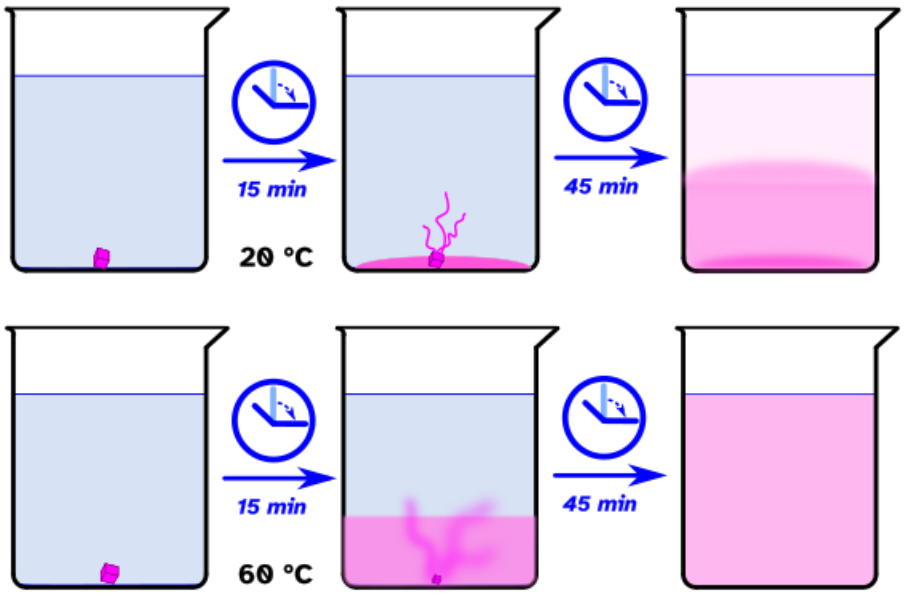
Begriffs-Welten zur Osmose

Tonizität	hoch	mittel	gering
Bezeichnung	**hypertonisch**	**isotonisch**	**hypotonisch**
Gehalt an gelösten (osmotisch wirksamen) Teilchen	größerer	gleich	kleiner
Osmolarität	gering	mittel	hoch
Bezeichnung	hypoosmotisch	isoosmotisch	hyperosmotisch
Wassergehalt	kleiner	gleich	größer
Wasser-Bewegungsrichtung	hin zu dieser Lösung	dynamisches Gleichgewicht	weg von dieser Lösung
Tendenz	Lösung wird weniger hypertonisch	Lösung bleibt unverändert	Lösung wird weniger hypotonisch
liegt eine Zelle in dieser Lösung, dann kommt es zum … (bei der Zelle)	Efflux (Ausstrom) (→ Zell-Verkleinerung)		Influx (Einstrom) (→ Zell-Vergrößerung)

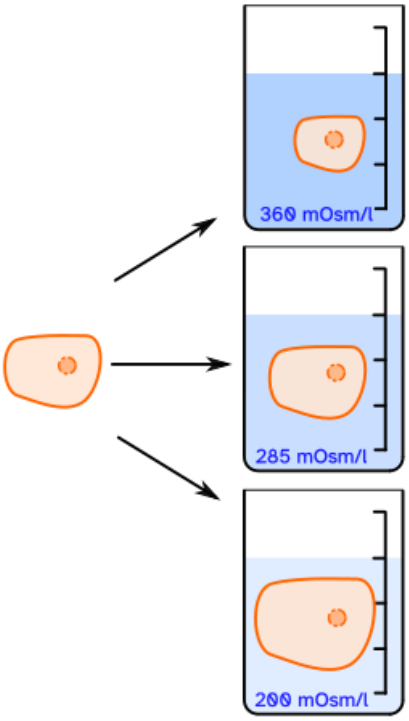
(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Aufgaben (Versuche / Experimente):

1. *Geben Sie in ein Reagenzglas (RG) ungefähr 3 ml einer wässrigen Methylenblau-Lösung (ungefähr 3 cm hoch)! Zwei weitere RG werden mit der gleichen Menge Wasser gefüllt. Alle RG werden nun vorsichtig mit einer Glycerol-Wasser-Mischung (1 : 1) unterschichtet. In das zweite RG wird ein Kristall Kaliumpermanganat gegeben. Kennzeichnen Sie die Phasengrenzen mit einem Folienstift (Permanent-Stift)! Beobachten Sie über mehrere Stunden hinweg (ruhig auch über Nacht stehen lassen)!*
2. *Füllen Sie einen vorgequollenen Dialyse-Schlauch mit einer Mischung (rund 4 ml) aus Methylenblau (0,1 mg / l), Hämoglobin (10 mg / l) und 0,9%iger Kochsalz-Lösung (physiologische Kochsalz-Lösung)! Binden Sie den Dialyse-Schlauch kurz unter dem Füllstand mit Zwirn ab (keine Luftblasen!)! Legen Sie den Schlauch nun in großes Gefäß (1 – 2 l)! Ev. mit einem Magnetrührer langsam rühren lassen! Beobachten Sie die Veränderungen in den Lösungen (im Schlauch: Retentat; außen: Dialysat)! Erklären Sie die Beobachtungen!*
3. *Entkalken Sie ein Hühner-Ei auf einer Seite durch Eintauchen in Essigsäure oder Essig-Essenz (über Nacht)! Legen Sie dann das Ei vollständig in ein größeres Gefäß (Becherglas) mit destillierten bzw. demineralisierten Wasser! Beobachten Sie über mehrere Stunden hinweg! (Das Umgebungswasser darf auch mal durch frisches ersetzt werden.*
4. *In einem Versuch wurden farbige Kristalle bei unterschiedlichen Temperaturen aufgelöst. Dabei erhielt man die abgebildeten Beobachtungen. Beschreiben Sie die Beobachtungen in Bezug auf die Versuchs-Durchführung! Erklären Sie die Beobachtungen!*



5. Stellen Sie Hypothesen über den weiteren Verlauf des Experimentes auf, wenn bis zur nächsten Beobachtung 24 Stunden gewartet wird!
6. Stellen Sie zwei experimente Hypothesen für zwei neue Versuche auf! Beim ersten soll eine Wasser-Temperatur von 2 °C und im 2. Versuch von 40 °C genutzt werden.
7. Die nebenstehende Abbildung soll die Veränderung von Zellen in verschiedenen osmotischen Lösungen darstellen. Der übliche Zell-Innendruck beträgt 280 mOsm/l. (Osm (sprich: osmolar) ist eine Einheit für die osmotische Konzentration (Osmolarität) einer Lösung)
   a) Erläutern Sie die Vorgänge, die nach der Überführung der Zellen in die verschiedenen Lösungen ablaufen?
   b) Müsste sich nicht auch die Flüssigkeits-Menge (Flüssigkeits-Höhe) verändern? Erklären Sie! Erstellen Sie ev. eine berichtigte Skizze!



8. Bauen Sie sich nach dem Vorbild auf der folgenden Seite (Experiment) eine eigene Osmose-Zelle!
9. Ermitteln Sie im Kurs, welche Zelle den größten Anstieg der inneren Flüssigkeit zeigt! Analysieren Sie, welche Faktoren die Steighöhe beeinflussen! Wie müsste eine "Hochleistungs-Zelle" aussehen?

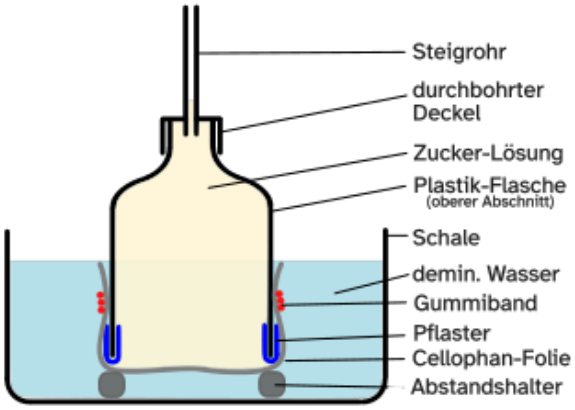
<u>für die gehobene Anspruchsebene:</u>

10. Der Biologie-Schlaumeier schlägt vor, die beiden Flüssigkeiten entgegengesetzt einzufüllen. Er würde dann mit einem mittleren Wasserstand im Steigrohr starten. Setzen Sie sich mit dem Vorsschlag auseinander! Stellen Sie eine Hypothese auf wie sich der Wasserstand entwickeln wird!
11. Der Schlaumeier aus dem Chemie- und Physik-Kurs behauptet, dass wenn man die Gläser (Experiment Aufg. 4) ganz ruhig hinstellt und nur lang genug wartet, sich die gelösten Teilchen wegen der Gravitation wieder unten absetzen. Setzen Sie sich mit der These auseinander!

Bau einer Osmose-Zelle

Materialien / Geräte:
Plastik-Flasche (mit Deckel oder passenden Stopfel mit Bohrung für das Röhrchen); Cellophan-Folie; Gummi-Bänder; Pflaster / Isolierband / Gewebe-Klebeband; durchsichtiges Röhrchen (Strohhalm, Aquarien-Schlauch, …); passenden Bohrer (Durchmesser wie Röhrchen); Bohrmaschine; Alleskleber; Schale; Filzstift; Halterung / Aufhängung (Stativ) oder alternativ ein paar Steinchen, Muttern od.ä. (gleichhoch); Plastik-Spritze mit Kanüle
Leitungs-Wasser (ev. demineralisertes Wasser); Zucker-Lösung od. Glycerol-Wasser-Gemisch (1 : 1)

Vorbereitung:
- Flasche kurz hinter der Hals-Rundung abschneiden; die scharfe Plastik-Kante des oberen Flaschen-Teil's glätten und dann mit Pflaster od.ä. abkleben
- Deckel so bohren, dass das Rörchen gerade so (vielleicht mit etwas Druck) reinpasst; Röhrchen einstecken und mit Alleskleber von beiden Seiten abdichten

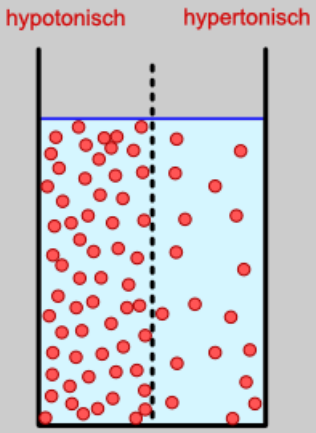


Durchführung / Ablauf:
- Cellophan-Folie mit reichlich Rand zuschneiden und mittels Gummibänder am abgeschnittenen oberen Flaschen-Teil befestigen
- Konstruktion etwas mit der Zucker-Lösung befüllen (halbvoll) und in der Schale positionieren (entweder mit Halterung oder auf Steinchen / Muttern abstellen
- etwas Leitungs-Wasser in die Schale geben
- weiter Zucker-Lösung in die Flasche spritzen bis Wasserstnd im Röhrchen sichtbar wird (ev. die Flasche so befüllen und schwenken, dass keine Luftblase im Inneren verbleibt)
- Schale weiter mit Wasser befüllen bis die Flasche mindestens zur Hälfte eintaucht
- Wasserstand am Röhrchen markieren
- alle 10 / 15 min erneut Wasserstand markieren (ev. gleich Abstand zur vorherigen Marke ausmessen)

Exkurs: Osmose (Prinzip)

Die Osmose ist ein einfacher physikalischer Vorgang, der gemeinhin sehr viele Probleme beim Verstehen und Anwenden aufwirft. Manchmal hat man den Eindruck, es handelt sich um einen der mysteriösisten Prozesse in der Biologie. Besonders gefährlich ist aus meiner Sicht hierbei auch die pauschale und vereinfachte Benutzung der Begriffe hypotonisch, hypertonisch und isotonisch. Sie übertünchen das dahinterliegende Prinzip und führen zu falschen Darstellungen.

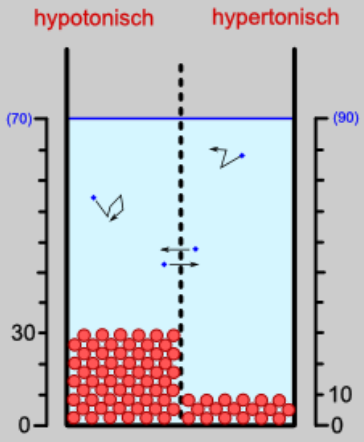
So wird häufig ausgesagt, dass es am Ende der Osmose zum Konzentrations-Ausgleich kommt und die Verhältnisse isotonisch werden. Dies ist aber falsch, wie wir gleich sehen werden.



Hypertonisch bedeutet exakt, dass die Lösung einen höheren (hyper) osmotischen Druck (Tonus) ausübt. Eine hypotonische Lösung besitzt dementsprechend einen geringeren, untergeordneten / (hypo-) osmotischen Druck.

Wir betrachten hier noch einmal das dahinterliegende Prinzip.

In einem – durch eine semipermeable Membran getrennt – Gefäß befinden sich zwei unterschiedlich konzentrierte Lösungen. Der gelöste Stoff ist in den Abbildungen aus rote Kreise symbolisiert. Das Lösungsmittel wird als hellblaue Fläche darsgestellt.



An wenigen Stellen sind die eigentlich darunter zu verstehenden kleinen (blauen) Teilchen mit ihren zufälligen Bewegungen eingezeichnet.

Für die Teilchen des Lösungsmittels ist die Membran voll permeabel.

Die gelösten (roten) Teilchen können die Membran nicht durchdringen (nicht permitieren).

Gemeint ist also beim Begriff semipermeabel, dass nur die Hälfte der Teilchen – eben die blauen Lösungsmittel-Teilchen – durch die Membran hindurch können.

Für die nachfolgenden halbquantitativen (semiquantitativen) Betrachtungen sammeln wir die Teilchen-Arten in zusammen hängenden Bereichen, um so etwas wie Stoff-Mengen zu haben.

Die hypotonische – also die Lösung mit der vergleichsweise höheren Konzentartion an nichtpermeablen Teilchen hat hier im Beispiel einen Anteil von 30 % am Volumen. Das restliche Volumen (**70**) wird vom Wasser belegt.

Die Zwischenräume zwischen den Teilchen ignorieren wir hier.

Das Prinzip ändert sich dadurch nicht. Man kann das Prinzip anhand beliebiger Zahlen ausprobieren.

Auf rechten Seite, wo weniger gelöster Stoff enthalten ist ergiben sich für das Wasser-Volumen die angegeben **90** Volumen-Einheiten.

Entscheidend für die nachfolgend ablaufenden Vorgänge ist die unterschiedliche Menge an (blauen) Lösungungsmittel-Teilchen auf beiden Seiten der Membran.

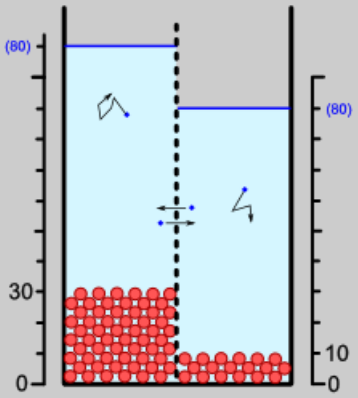
Da auf der linken (hypotonischen) Seite mehr Teilchen sind, werden bedingt durch die BROWNsche Molekular-Bewegung (Wärme-Bewegung der Teilchen), mehr Teilchen nach rechts wandern (können) als nach links.

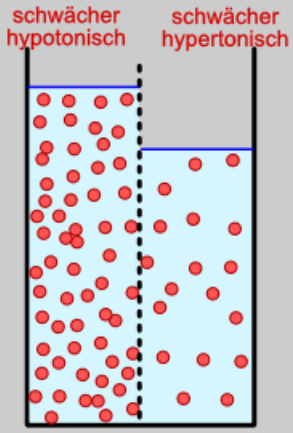
Irgendwann wandern genausoviele Wasser-Moleküle von links nach rechts, wie umgekeht. Es hat sich ein dynamisches Gleichewicht eingestellt.

Man muss sich immer vergegewärtigen, dass die wandernden Wasser-Moleküle nichts von anderen gelösten Stoffen oder den Teilchen-Anzahlen “wissen“. Sie bewegen sich nur aus ihrer natürlichen Wärme-Bewegung heraus.

Irgendwann halten sich beide Bewegungs-Tendenzen die Waage, genau dann, wenn links und rechts gleichviele (blaue) Lösungsmittel-Teilchen sind. Nur um diese geht es! Die anderen (hier roten, gelösten) Teilchen spielen eigentlich gar keine Rolle! Sie nehmen nur Platz weg.

Auch im Zustand der ausgeglichenen Mengen an Lösungsmittel-Teilchen finden immer noch Bewegungen durch die Membran statt. Von links nach rechts wandern jetzt statistisch immer genausoviele Teilchen, wie in die andere Richtung. Wir haben es hier mit einem **dynamischen Gleichgewicht** zu tun, das aus der makroskopischen Perspektive nicht zu beobachten ist.





Beim "Herstellen" der normalverteilten Lösungen bzw. dem "Ausrechnen" der Konzentrationen wird ein vielfach gemachter Fehler vieler pauschalen Darstellungen (die nur mit den Begriffen hypo- und hypertonisch arbeiten) offensichtlich.

Es kommt eben **nicht** zu einem Konzentrations-Ausgleich. Die Lösungen werden also auch nicht isotonisch! (Lediglich für das Lösungsmittel (Wasser) könnte man dies postulieren.)

Die hypotonische Lösung wird nur schwächer hypotonisch, genauso wie die hypertonische nur schwächer hypertonisch wird – mehr nicht!

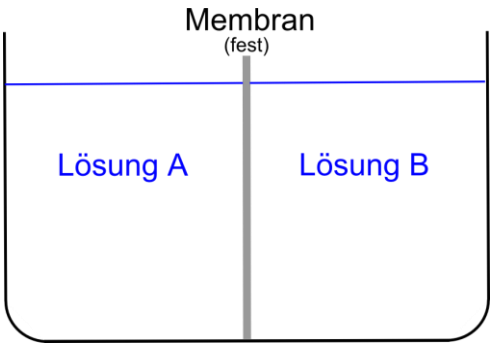
Besser ist es also immer, sich die "genauen" Mengen-Verhältnisse der Teilchen zu vergegenwärtigen, um eben nicht in die Pauschalitäts-Falle zu geraten.

Aufgaben zum Exkurs:

1. *Berechnen die "Konzentrationen" der gelösten Teilchen für alle Situationen und die beiden Gefäßhälften! Zeigen Sie, dass es nicht wirklich einen Ausgleich, sondern nur eine Angleichung der Konzentration gibt!*
2. *Wie verändern sich die Verhältnisse / Prozesse / Beobachtungen und Ergebnisse, wenn die großen roten Teilchen das Lösungsmittel darstellen und darin relativ wenig kleine, blaue Teilchen gelöst sind! (Als Vergleichsmaß sollten es ebenfalls 30 zu 10 % (blaue Teilchen) benutzt werden.)*
3. *Überlegen Sie sich, wie sich die Verhältnisse / Prozesse / Beobachtungen und Ergebnisse ändern, wenn man ein System mit (voll-)permeabler Membran einsetzt!*
4. *Finden Sie eine oder mehrere Konzentrations-Kombinationen, bei denen es zu einem Konzentrations-Ausgleich kommt? Erläutern Sie Ihr Vorgehen und zeigen Sie durch Skizzen von verschiedenen Situationen, wie die Teilchen und das Lösungsmittel verteilt sein müssten! Sollte ein Konzentrations-Ausgleich nicht machbar sein, dann geben Sie eine schlüssige Begründung dafür an!*

Aufgaben:

1. Vergleichen Sie Diffusion, Permeation und Osmose in einer Tabelle!
2. Ein Aquarium kann durch verschiedene Membranen in zwei Kammern geteilt werden. Die Membranen sind formstabil.
   Welche Beobachtungen erwarten Sie bei den nachfolgenden Experimenten? Begründen Sie Ihre Voraussage!
   (Wenn nicht anders angegeben, haben die Lösungen die gleiche Konzentration. Lösungsmittel ist immer Wasser. Alle Membranen sind für Wasser permeabel.)



Exp. Nr.	Lösung A	Membran	Lösung B
1	Wasser	vollpermeabel	Natriumchlorid-Lösung (Kochsalz)
2	Natriumchlorid-Lösung	permeabel für Natriumchlorid und Kaliumpermanganat	Kaliumpermanganat-Lösung (violett)
3	Cupfersulfat-Lösung (hellblau)	permeabel für A und B	Magnesiumsulfat-Lösung (farblos)
4	Kaliumpermanganat-Lösung	vollpermeabel	Magnesiumsulfat-Lösung
5	destilliertes Wasser	semipermeabel	Glucose-Lösung
6	10 M Lösung Glucose	nicht permeabel für Glucose	1 M Lösung Glucose
7	Glucose-Lösung (farblos)	permeabel für Natriumchlorid	Natriumchlorid-Lösung
8	3 M Lösung Saccarose	undurchlässig für Zucker	3 M Glucose-Lösung
9	Wasser	nicht permeabel für Glycerol	Glycerol
10	1 M Lösung Saccarose	undurchlässig für Zucker	3 M Glucose-Lösung

3. Früchte platzen am Baum auf, wenn kurz vor oder während der Reife viel Regen fällt. Erklären Sie das Phänomen!
4. Vorbereitete Nahrungsmittel (z.B. geputztes und geschnittenes Gemüse) soll nicht so lange im Waschwasser liegen. Warum?
5. Welche Arbeitstechnik ist besser? Begründen Sie Ihre Meinung! Geben Sie eine Rangfolge der Arbeitstechniken an!
   a) Gemüse (roh) waschen; putzen; schneiden
   b) Gemüse putzen; schneiden; waschen
   c) Gemüse (roh) waschen; putzen; schneiden; waschen
   d) Gemüse (roh) waschen; putzen; waschen; schneiden
6. Bockwürste platzen oft, wenn man sie zu stark erhitzt. Erklären Sie das Phänomen!

für die gehobene Anspruchsebene:

7. Informieren Sie sich über Dialyse! Was hat Dialyse mit den besprochenen Transportvorgängen zu tun? Erklären Sie Prinzip und Verwendung der Dialyse!

Aufgaben (zum Experiment / Spiel):

1. *Lesen Sie sich die Beschreibung des Spiel's (Modell-Experiment's) durch!*
2. *Wie wird aus Ihrer Sicht ein abgeleitetes Diagramm aussehen, in dem für die Spielzüge (Takte) die Anzahlen der Erbsen A und B dargestellt werden?*
3. *Skizzieren Sie ein passendes Diagramm und begründen Sie die vermutete Kurven-Form! (Sollten mehrere Möglichkeiten bestehen (z.B. Schwankungen od.ä.), dann kennzeichnen Sie das in der Skizze durch mehrere dünnere Kurven oder einen schattierten Bereich.)*
4. *Führen Sie das Modell-Experiment / Spiel einmal durch!*
5. *Erstellen Sie ein passendes Diagramm auf Millimeter-Papier!*
6. *Erklären Sie den Verlauf Ihrer Kurve!*
7. *Berechnen Sie sich die "Konzentrationen" (Teilchen der Art X pro Gesamtanzahl (in jeder Urne))! Stellen Sie Konzentrationen in ein oder zwei passenden 7 vergleichbaren Diagrammen dar!*
8. *Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit denen anderer Kurs-Teilnehmer / Team's!*
9. *Interpretieren Sie das Spiel als ein Modell für die Osmose! (Geben Sie explizit an, welche Elemente der Realität durch welche Modell-Teile repräsentiert werden!)*

Modell-Experiment / Spiel: Erbsen (Erbsen-Einzel)

Benötigt werden:

- 20 gelbe Erbsen → A; 80 grüne Erbsen → B
- (alternativ: unterschiedlich gefärbte Kugeln, Bohnen gleicher Größe)
- 2 hohe undurchsichtige Becher oder Becherglas mit Papier-Umrandung (als Sichtschutz) oder ähnliches als (Stochastik-)"Urne"

Ablauf:

1. Befüllen der Urne 1 mit 10 gelben und 20 grünen Erbsen
2. Befüllen der Urne 2 mit 30 grünen Erbsen
3. Festlegen der Anzahl der Ziehungen (Spielzüge) (z.B. 50 (besser 100)) → Takte
4. Ziehen jeweils einer Erbse aus den beiden Urnen (jeweils vor der Urne ablegen)
5. WENN die Erbse grün ist, DANN in die andere Urne legen.
6. WENN die Erbse gelb ist, DANN verbleibt sie in der eigenen Urne
7. ev. Veränderung und neue Anzahlen (für jede Ziehung (jeden Spielzug, Takt)) notieren
8. weiter bei 4. bis Anzahl gewünschte Ziehungen erreicht ist

Abänderungen / Varianten:

- auf jeder Seite sind zu Anfang sowohl grüne, als auch gelbe Erbsen
- wenn auf der einen Seite 5 Erbsen mehr sind, dann wird bei jedem 5. Mal eine Erbse mehr auf dieser Seite gezogen (bei Differenz 10 bei jedem 5. Mal 2 Erbsen usw.)

für die gehobene Anspruchsebene:

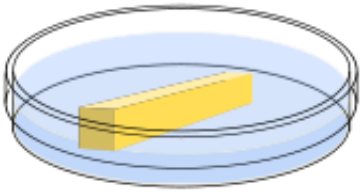
10. *Realisieren Sie das Spiel als (stochastische) Simulation in einer Tabellenkalkulation! (Sie können sich aber auch einer deterministisch basierten Simualtion für größere Teilchen-Zahlen heranwagen. Beispiel-Abb. auf der nächsten Seite)*

Ausschnitt (Anfang) einer stochastischen Simulation mit einer Tabellenkalkulation

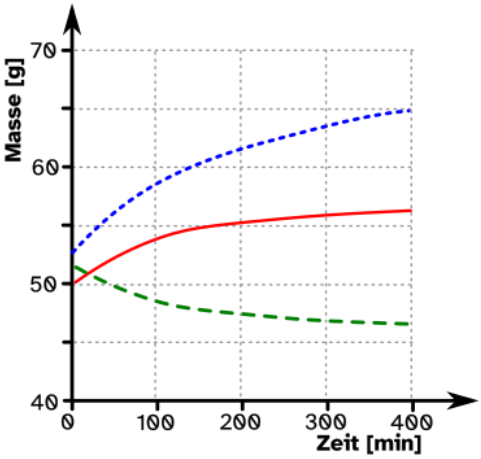
Ausschnitt (Anfang) einer deterministischen Simulation mit einer Tabellenkalkulation

weitere Aufgaben (zu Diffusion, Permeation und Osmose):

1. *In PETRI-Schalen werden der Reihe nach demineralisiertes Wasser, 5, 10, 15, 20, 25 und 30 %ige Glucose-Lösungen gegeben. Aus geschälten Kartoffeln werden dann Pommes-Frites-ähnliche Kartoffel-Streifen herausgeschnitten. Vor dem Einbringen in die Lösungen werden diese auf ähnliche Länge zugeschnitten und der Länge nach vermessen.*



Stellen Sie begründete Vermutungen zu möglichen Veränderungen der Kartoffel-Streifen auf!
<u>Empfehlung:</u> Die Kartoffel-Streifen können (und sollten) auch zusätzlich gewogen werden. Dabei müssen diese aber auch vor der ersten Messung einmal in die Lösung eingetaucht werden und man muss sie auch immer gleichmäßig abgetropfen lassen. (notw.: Waage mit 0,1 g Wiege-Genauigkeit)
2. *Führen Sie das Experiment von Aufgabe 1 durch! Messung der Streifen-Länge alle 5 min.*
(Für genauere Untersuchungen werden die Kartoffel-Streifen gewogen. Die Streifen dazu immer vorher kurz mit Küchenpapier trocken tupfen.)
Vergleichen Sie die Beobachtungen mit Ihren Voraussagen!
Erklären Sie ev. Abweichungen!
3. *Bei einem Experiment wurden vollständig entkalkte Eier in 5%ige und 25%ige Kochsalz-Lösung sowie demineralisierten Wasser gelagert und in Abständen deren Masse verfolgt. Leider haben die Experimentatoren vergessen zu notieren, welche Kurve zu welcher Lösung gehört. Stellen Sie Vermutungen für die Zuordnung auf und begründen Sie diese!*



Simulations-Spiel zur Diffusion

Spiel für 1 bis 6 Personen; Spielsteine sind Mensch-ärgere-dich-nicht-Figuren oder verschiedenfarbige Knöpfe
Ziel ist es, möglichst schnell in die diagonale / gegenüberliegende Ecke zu kommen
Woher abschätzen, wieviele Züge man benötigt!
Macht es einen Unterschied, von welchem Startplatz man startet?

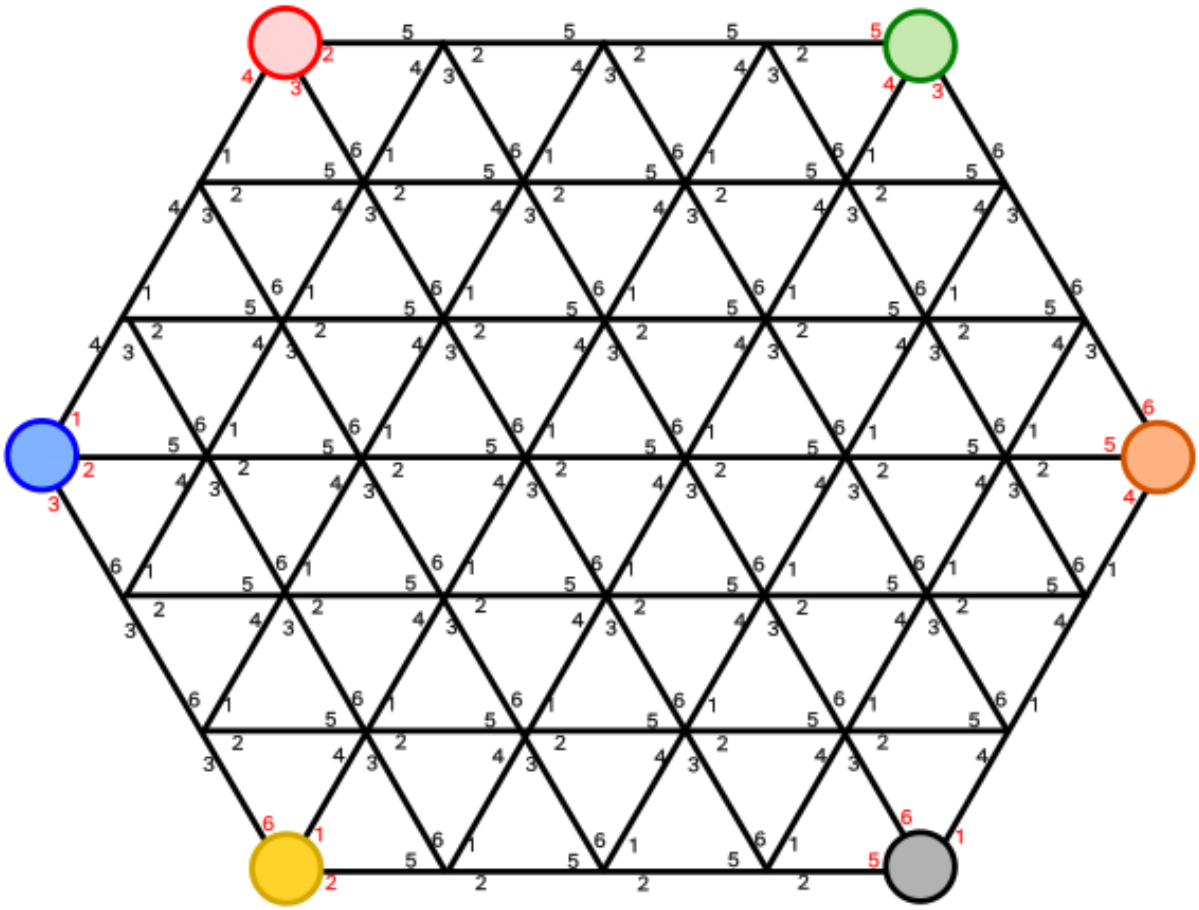
Vorbereitung:
Jeder würfelt einmal! Wer die höchste Zahl würfelt, darf sich eine Farbe auswählen! Ev. muss in einem Stechen die Erstwahl weiter ausgewürfelt werden!

Spiel-Ablauf:

- es wird reihum im Uhrzeigersinn gewürfelt
- gestartet werden darf nur mit den roten Ziffern
- wenn die erwürfelte Richtung existiert und frei ist, wird gesetzt (→ BROWN-sche Molekular-Bewegung)
- ist die Richtung nicht frei, dann wird der andere Spielstein wird in erwürfelte Richtung gesetzt (→ Teilchen-Kollision), der eigene Spielstein besetzt dann die frei-gwordene Stelle

Spiel-Variante: (mit Reflexion)

- trifft man steil auf eine Seitenkante, dann darf eine Position weitergesetzt werden; die Richtung entspricht den Reflexionen / Abprallern



(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

2.1.4.2. Protein-gebundene Transport-Vorgänge / Transmembran-Transporte

Die nachfolgenden Transportsysteme sind immer **Protein-gebunden**. Verschiedenste Eiweiße übernehmen dabei den Transport von meist kleineren Stoffen. Protein-gebundene Transportvorgänge sind somit immer biologischer Natur. In abgestorbenen Zellen, Organismen usw. zerfallen die Proteine und die abgrenzenden bzw. Träger-Membranen sehr schnell. Die Protein-gebundenen Transportvorgänge kommen daraus folgend zum Erliegen.

2.1.4.2.1. Transport mittels peripherer Proteine

Ein Transport von Stoffen nur durch periphere Proteine ist zwar möglich, aber sehr selten. Dies liegt schon daran, dass entweder Membran-Poren notwendig sind, um die Membran-Seite zu wechseln oder dieser Transport an Membran-Verlagerungen gekoppelt ist (→ 2.1.3.3. Membran-verlagernde Transport-Vorgänge / Membran-basierte Transporte).
Da die peripheren Proteine nur in einer Phospholipid-Schicht schwimmen, können sie auch nur innerhalb dieser Schicht Transport-Funktionen erfüllen. Solche Transporte sind quasi Diffusionen in einer Ebene – der Ebene der (Zell-)Membran. Werden z.B. bestimmte Proteine an dem einen "Ende" der Zell-Membran in diese eingebaut (→ Abb. 1), dann verteilen sie sich nach und nach (→ Abb. 2) über die gesamte Membran-(Ober-)Fläche (→ Abb. 3, 4). Die Antriebskraft ist die Eigenbewegung der Teilchen, die hier eben nur in einer Ebene möglich ist (→ Membranfluss). Durch die Schichtung der polaren und unpolaren Molekül-Teile ist ja – wie wir bereits besprochen haben (→ 2.1. Zellmembran, Plasmalemma) – ein Ausbrechen aus der Phospholipid-Schicht nicht möglich. Die Zusammenstöße mit den Phospholipiden und anderen Membran-Bestandteilen sorgen für Bewegungen, die der BROWNschen entspricht. Genau das sind ja die auch Vorstellungen, die im Flüssig-Mosaik-Modell der Biomembranen dargestellt werden.
Periphere Proteine (**blau**), die sich in der inneren Lipid-Schicht bewegen, können die Membran praktisch nicht verlassen. Genau geht es den peripheren Proteinen in der äußeren Lipid-Schicht (**grün**). Auch sie können diese Schicht nicht verlassen, aber alle möglichen Oberflächen-Positionen irgendwann mal erreichen.

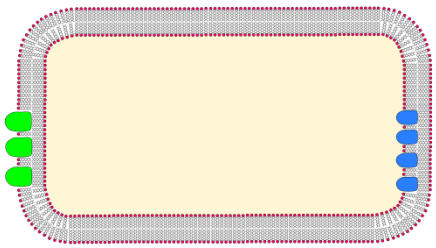


Abb. 1: Ausgangs-Situation

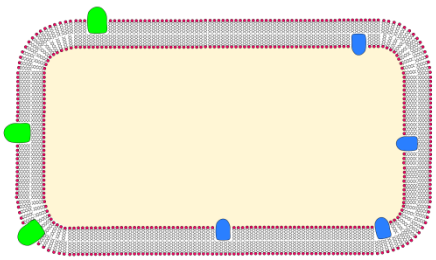


Abb. 2: beginnende Protein-Wanderung

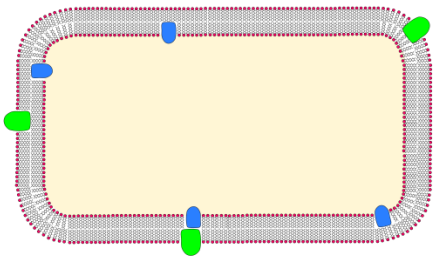


Abb. 3: gleichmäßige Verteilung

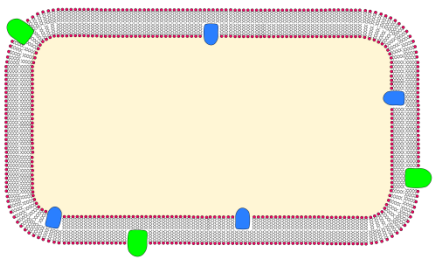


Abb. 4: Gleich-Verteilung zu einem anderen Zeitpunkt

Prinzipiell können die Proteine auch über Andockstellen (Kontaktstellen) für spezielle Stoffe verfügen. Diese Stoffe können dann entlang der Membran irgendwann an- oder auch wieder abdocken.

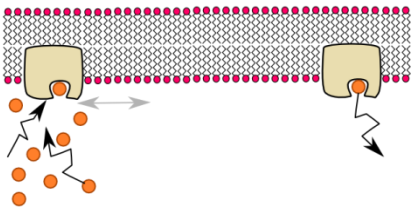
Solche einfachen Protein-gebundenen Transport-Vorgänge finden z.B. innerhalb der Zelle an den verschiedenen Membransystem (z.B. Endoplasmatisches Retikulum) oder an und in Zell-Organellen statt.

Da das An- und Abdocken zufällig und abhängig von der örtlichen Häufigkeit (Konzentration) erfolgt, kann es so nach und nach zu einer Umverteilung / Wanderung dieser Teilchen kommen.

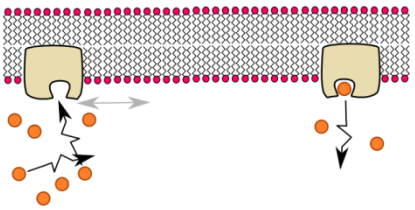
Nehmen wir an, zu Anfang befinden sich bestimmte – zu transportierende – Teilchen an einem Ort. In einer angrenzenden Membran befinden sich Proteine, welche diese Teilchen aufnehmen können. Da die Konzentration (Häuffigkeit) der tTeilchen an dem einen Ort sehr hoch ist, besteht hier eine sehr große Wahrscheinlichkeit für das Andocken. Mit dem Membran-Fluß (→ Flüssig-Mosaik-Modell der Biomembran) wandern die Transport-Proteine nun entlang der Membran. An Orten, an denen die Konzentration der zu transportierenden Teilchen kleiner ist, ist die Wahrscheinlichkeit für das Abdocken größer als für ein Andocken.

Die Wahrscheinlichkeit der Andock- und Abdock-Vorgänge bewirkt letztendlich, dass die Teilchen gleichmäßig verteilt werden. Es kommt zu einem Konzentrations-Ausgleich. Die Prozesse laufen aber auch weiterhin ab – An- und Abdocken sowie die Fließbewegungen passieren ständig. Wir sprechen deshalb von einem dynamischen (beweglichen, veränderlichen) Gleichgewicht. Von außen betrachtet macht es den Eindruck, als würde nichts mehr passieren. Im Inneren kommt es aber ständig zu neuen Transport-Vorgängen, die sich in kleinen statistischen Schwankungen bemerkbar machen. Im dynamischen Gleichgewicht sind die An- und Abdock-Vorgänge sowie die Hin- und Rück-Flüsse in der Membran immer jeweils gleich groß.

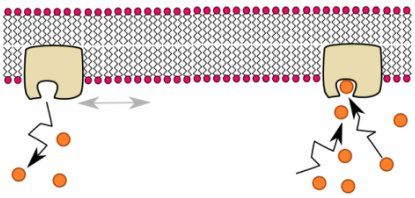
Alle passiven Vorgänge laufen nach diesem Prinzip. Die Zelle erhält den Konzentrations-Ausgleich praktisch zum Null-Tarif. Ein zusätzlicher Energie-Aufwand für das An- oder Abdocken oder den Membran-Fluß ist nicht notwendig.



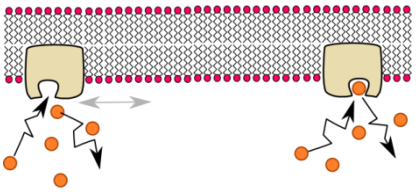
Ausgangs-Situation



Verlauf



verstärkter Rücklauf
bei Überschuß-Situation

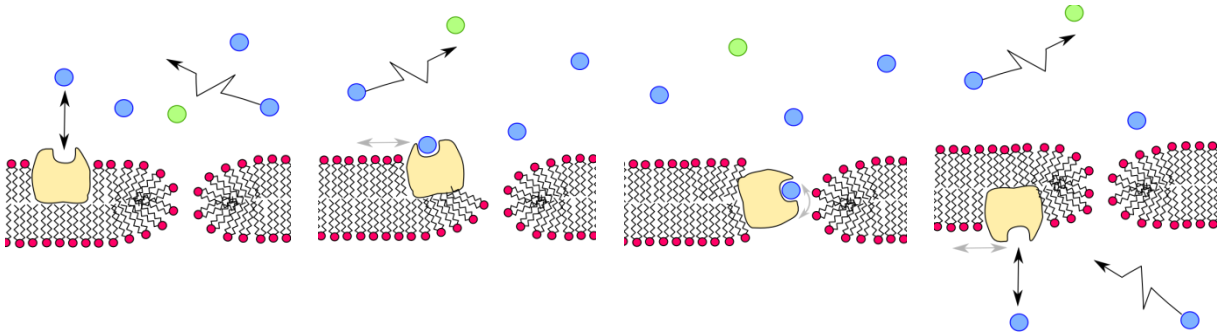


dynamisches Gleichgewicht
(Konzentrations-Ausgleich)

Zellen, die in der Evolution irgendwann mal ein aktives Transport-Protein für den gleichen Transport "erfinden" (durch Mutation entsprechende Proteine ausbilden) würden, sind im Nachteil. Sie verschwenden Energie (ATP) für etwas, was sie umsonst genausogut bekommen können. Diese Energie fehlte dann für andere wichtige Vorgänge oder evolutionäre Neuerfindungen.

Etwas anders sieht dies allerdings aus, wenn die Zelle auf das Substrat "scharf" ist und dieser vielleicht auch noch im Mangel ist, dann macht ein Energie-aufwändiger, aktiver Transport viel mehr Sinn.

Die peripheren Proteine können, wenn in der Membran dauerhafte oder zeitweilige Membran-Poren existieren, auch Stoffe von einer Seite der Membran zur anderen transportieren. Solche Poren sind allerdings sehr selten.

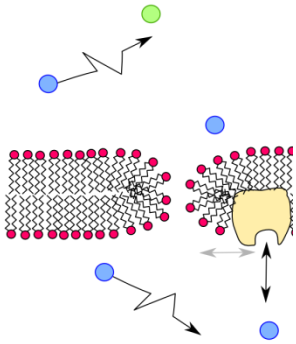


"Ausgangs"-Situation

"End"-Situation (Gleichgewichts-Zustand)

Aufgaben:

1. *Wie verlaufen ev. die Transport-Vorgänge, wenn an zwei Orten jeweils ein anderer Stoff gehäuft vorkommt? Erläutern Sie die Vorgänge unter der Bedingung, dass auch zwei unterschiedliche Transport-Proteine in der Membran vorkommen! Wohin führt ein beliebig langer Ablauf der Vorgänge?*
2. *Der Zeichner der Schemata (Protein-gebundener Transport durch eine Pore) hat als Abdock-Situation zuerst das nebenstehende Bild angeboten. Würde dies überhaupt gehen? Begründen Sie Ihre Meinung! Was würde ev. (langfristig) passieren?*



für die gehobene Anspruchsebene:

3. *Was verändert sich (bezogen auf Aufgabe 1), wenn in der Membran nur ein Protein(-Molekül) vorkommt, dass*
   a) nur einen Stoff b) beide Stoffe transportieren kann?
   Stellen Sie Hypothesen auf!
4. *Ein Mitschüler behauptet, dass die Zelle in dem Fall, dass alle transportablen (blauen) Stoffe in der Zelle vorliegen, überhaupt keinen Transport mehr durchführt. Setzen Sie sich mit der Aussage auseinander!*
5. *Wie würde sich die Vorgänge (von Aufgabe 4) verändern, wenn der transportable Stoff in der Zelle langsam in eine nicht-transportable Form umgewandelt wird? Stellen Sie Hypothesen auf! Diskutieren Sie diese mit den Mitschülern!*
6. *Ist es überhaupt möglich, dass eine Stoff in eine nicht-transportable Form umgewandelt werden kann? Gemeint ist hier mit dem gleichen Transport-Protein. Erläutern Sie, wie dass gehen kann bzw. alternativ, wieso das nicht funktionieren kann!*

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

2.1.4.2.2. Transport mittels integraler Proteine

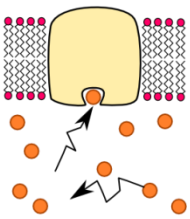
Stellen wir uns nun ein Protein vor, das nicht nur in einem Layer der Doppel-Lipid-Schicht schwimmt, sondern die gesamte Membran-Dicke durchdringt. Diese integralen Proteine können sich u.U. in der Doppel-Lipid-Schicht drehen. Als Voraussetzung sind dazu aber bestimmte Oberflächen-Eigenschaften des Proteins notwendig. Eventuell werden diese auch erst wirksam, wenn das Substrat – also der zu transportierende Stoff – angedockt ist.

Das Transport-Protein kann sich ev. in der Membran drehen und gibt dann auf der anderen Seite das transportierte Teilchen ab. Denkbar ist es, dass sich das Protein nun durch geänderte Oberflächen-Eigenschaften leer wieder (z.B. in einer anderen Richtung) zurückdreht.

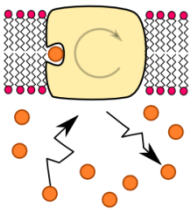
Nach und nach gelangen nun immer mehr Teilchen auf die zweite Seite. Dies passiert besonders deshalb, weil die Chance für das Andocken auf der einen Seite einfach größer ist als auf der anderen. Dementsprechend ist hier – wegen der geringeren Konzentration – die Wahrscheinlichkeit für das Abdocken wesentlich höher als auf der anderen Seite.

Nach einer bestimmten Zeit stellt sich auch hier ein dynamisches Gleichgewicht ein und die Konzentration wird auf beiden Seiten gleich groß sein.

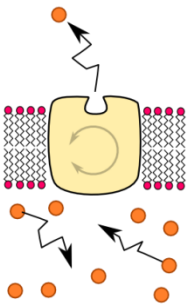
In dieser Form handelt es sich um einen passiven Transport, weder für das An- und Ab-Docken noch für die Bewegung in der Membran wird Energie verbraucht.



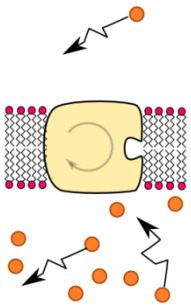
Ausgangs-Situation



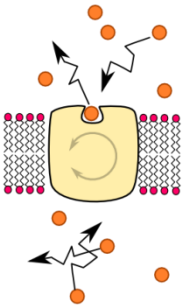
Transport-Bewegung des Proteins



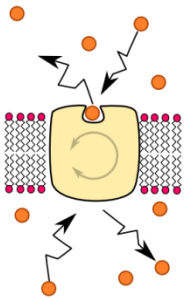
erster vollzogener Stoff-Transport



Rück-Bewegung des Proteins



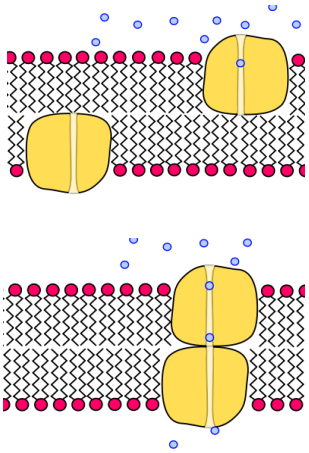
verstärkter Rücklauf bei Überschuß-Situation



Gleichgewichts-Zustand / -Situation

Beachten muss man aber, dass die speziellen Proteine zuerst einmal hergestellt werden müssen. Das verbraucht natürlich Energie.

Bei Bakterien sind einige peripheren Membran-Proteine auf den Transport ganz bestimmter Ionen spezialisiert. Sie wirken dadurch teilweise antibiotisch. Die als **Ionophore**n bezeichneten Proteine sind entweder **Kanal-bildend** oder **mobil**. Mobile Ionophore funktionieren – wie oben beschrieben – durch Bewegung in der Membran. Kanal-bildende Ionophore bestehen aus zwei identischen peripheren Proteinen. Jedes bildet praktisch einen halben Kanal. Kommen die Teil-Kanäle durch Membran-Fluss zusammen, dann bilden sie zeitweilig einen durchgehenden Kanal (Abb. rechts).



Aufgaben:

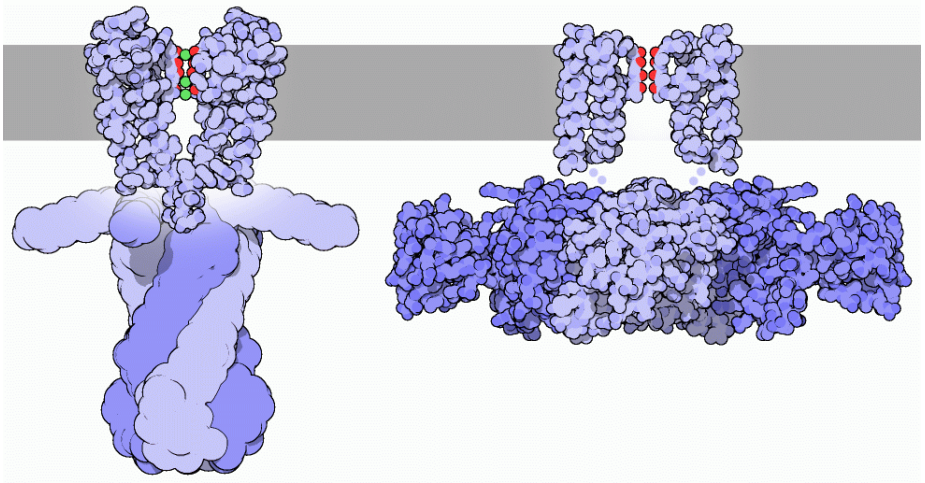
1. ***Stellen Sie eine Hypothese für den Fall auf, dass oben besprochenes Protein auch bei der Rückwärts-Bewegung ein Molekül transportiert!***
2. ***Macht ein solches Protein (Aufg. 1) evolutionär eigentlich einen Sinn! Entscheiden Sie sich für den Pro- oder Kontra-Standpunkt und sammeln Sie Argumente! Führen Sie in Partner-Arbeit od. im Kurs eine Pro-Kontra-Diskussion durch! (jeweils zwei andere Kurs-Teilnehmer sind die Moderatoren und Schiedsrichter)***

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

2.1.4.2.3. Transport an Tunnel-Proteinen

Viele Moleküle sind viel zu groß, um einfach durch die Zellmembran durchzudiffundieren. Außerdem würden sie zumeist entweder im polaren Teil oder noch wahrscheinlicher im unpolaren Teil nicht gelöst werden können und damit dort "hängen" bleiben. Ein weiteres "Problem" der Zelle ist es, dass sie natürlich nicht alle Stoffe braucht. Sie "möchte" und "muß" die Stoffe selektieren. Mittels Tunnelproteinen hat die Natur eine sehr effektive Lösung für die erwähnten Probleme gefunden. Tunnelproteine sind integrale Eiweiße mit einer zentralen "Röhre". Durch diese räumliche Struktur (➔Tertiär- und Quartärstruktur-Elemente des Proteins (➔🕮 **Organische Chemie für Biologie und Ernährungslehre**)) wird der Stoff geleitet. Der Transport erfolgt zumeist wesentlich schneller, als durch normale Teilchenbewegung. Deshalb spricht man auch von **erleichterter Diffusion**. Besser wäre es sicher von einer erleichterten Permeation zu sprechen.

Viele Tunnelproteine besitzen an der "Einlaßstelle" zumeist eine Stelle, die den zu transportierenden Stoff "erkennt". Die Erkennung erfolgt aufgrund mehrerer Stoff-Merkmale – z.B. der Größe oder der Ladung. Nur Teilchen den bestimmten Eigenschaften können dann den Tunnel passieren (Sieb-Wirkung).



Kalium-Kanal
Q: www.rcsb.org

Andere Tunnelproteine lassen wieder andere Stoffe mit jeweils speziellen, ausgewählten Eigenschaften (z.B. Form, Ladung, funktionelle Gruppen) durch.

Bei Untersuchungen hat man auch Tunnelproteine gefunden, deren Funktion durch bestimmte Moleküle (z.B.: Signalstoffe, Salze) oder Umgebungsbedingungen (z.B.: elektrische Spannung, Temperatur, mechanische Einflüsse) ein- und ausgeschaltet werden kann. Solche Tunnelproteine nennt man **gated channel** (geschaltete Kanäle; gate = engl.: Tor, Sperre, Schaltelement; channel = engl.: Kanal). Die Poren / Kanäle werden für die Ziel-Stoffe geöffnet oder geschlossen.

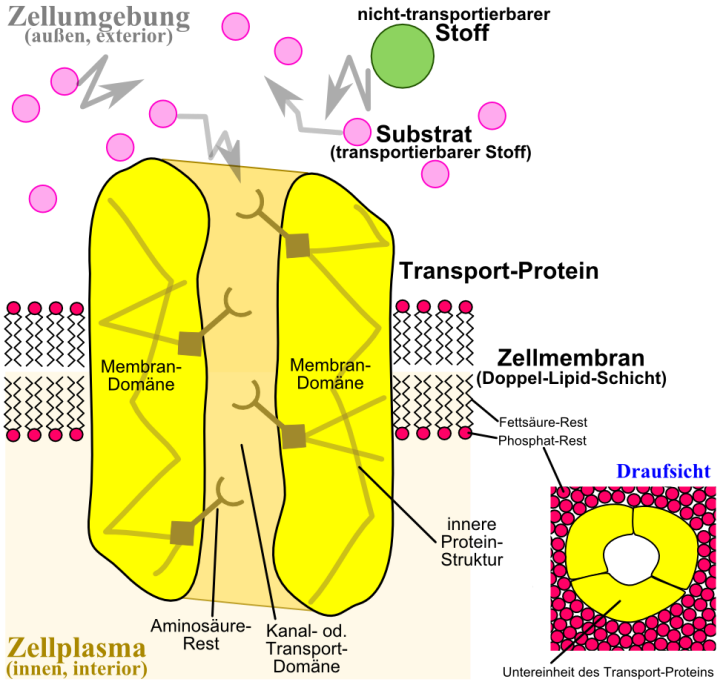
Ein sehr gut untersuchter Kanal ist der Kalium-Kanal von Bakterien. Ein Kalium-Kanal besteht aus vier Protein-Untereinheiten. Diese bilden im Zentrum des Gebildes eine dünne Röhre. Diese ist gewissermaßen mit den Resten den Aminosäuren ausgekleidet. Viele dieser Reste enthalten exponierte Sauerstoff-Atome. Die Kalium-Ionen werden von Sauerstoff-Atom zu Sauerstoff-Atom weitergereicht. Die Transportgeschwindigkeit ist beachtlich. Pro Sekunde kann ein Kalium-Kanal 100 Mill. Ionen passieren lassen. Für die recht ähnlichen Natrium-Ionen (gleiche Ladung aber größer) ist der Kanal praktisch undurchlässig. Nur in 10'000 zu 1 Fällen gelangt ein Natrium-Ion durch den Kanal. Für die Aufklärung des Kalium-Kanals erhielt MAC KINNON 2003 den NOBEL-Preis.

2.1.4.2.3.1. Funktionweise der Transportproteine, Tunnel und Kanäle

Die Proteine verfügen über keine echten Löcher, Tunnel oder Kanäle. Vielmehr ist das ein äußerer Eindruck, weil bestimmte Teilchen die Proteine durchwandern können. Die Proteine transportieren die Stoffe durch innermolekulare Bewegungen (Veränderung der Raumstruktur (meist Tertiärstruktur)) oder durch Bewegungen des Protein-Molekül-Komplexes innerhalb der Membran (Membranfluss).

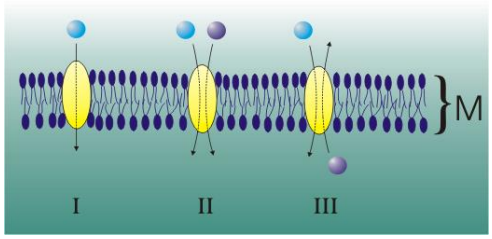
Die meisten Transport-Proteine sind Komplexe (Quartär-Strukturen) aus mehreren gleichen oder ähnlichen Untereinheiten (Tertiär-Strukturen).

Wird für den Transport Energie verbraucht, dann ist dies ein **aktiver Transport**.



Solche Transporte machen für die Zelle nur Sinn, wenn z.B. ein Transport entgegen dem Gradienten (entgegen dem Konzentrationsgefälle) erfolgen oder der Transport beschleunigt werden soll. **Passive Transporte** (z.B. auch Diffusion, Permeation und Osmose) erfolgen mit dem Grandienten ohne Energieverbrauch.

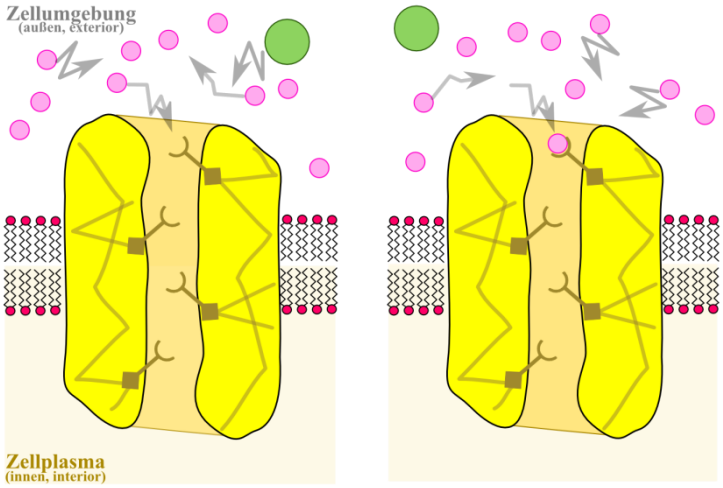
Transportproteine werden nach der Anzahl der transportierten Stoffe und Richtungen unterschieden. Transportiert ein Protein nur einen Stoff, dann spricht man von einem **Uniport** (I). Werden zwei Stoffe gleichzeitig in die gleiche Richtung transportiert, nennen wir sie **Symport** (II). Beim **Antiport** werden die Stoffe in entgegengesetzte Richtungen bewegt. Beim Transport von zwei verschiedenen Stoffen ist immer (!) die Anwesenheit beider Stoffe notwendige Voraussetzung für ein dauerhaftes Funktionieren des Kanals.



Q: de.wikipedia.org (Zoph)

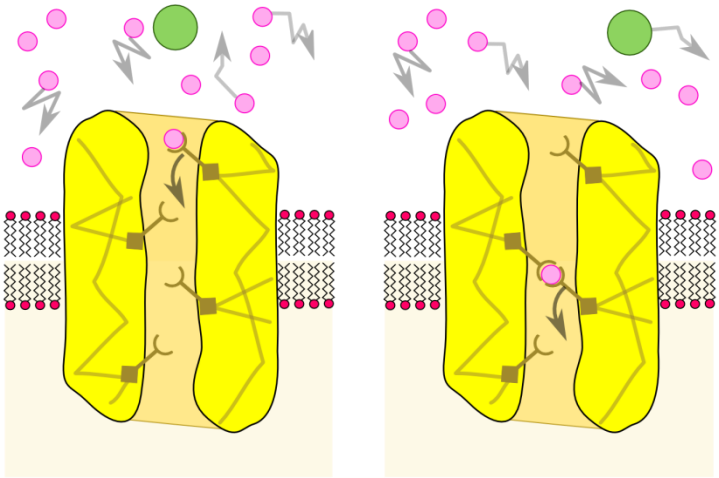
Den Transport der Stoffe darf man sich nicht als freies "Durchfliegen" vorstellen. Vielmehr wird der zu transportierende Stoff von den internen Protein-Strukturen (Aminosäure-Resten) immer in kleinen Schritten weitergereicht.

Schauen wir uns einen passiven Transport etwas genauer an:
Im Normal-Fall werden auf der einen Seite der Membran eine größere und auf der anderen Seite eine kleinere Konzentration vorhanden sein (**A**).
Neben der Teilchen-Zahl können aber auch andere physikalische Ungleich-Verteilungen - allgemein **Gradient**en genannt – Ausgangs-Punkt für Transport-Vorgänge sein.
Auf zellulärer Ebene kommen z.B. recht häufig elektrische Gradienten vor, d.h. die eine Seite der Membran ist anders oder stärker geladen, als die andere.



A **B**

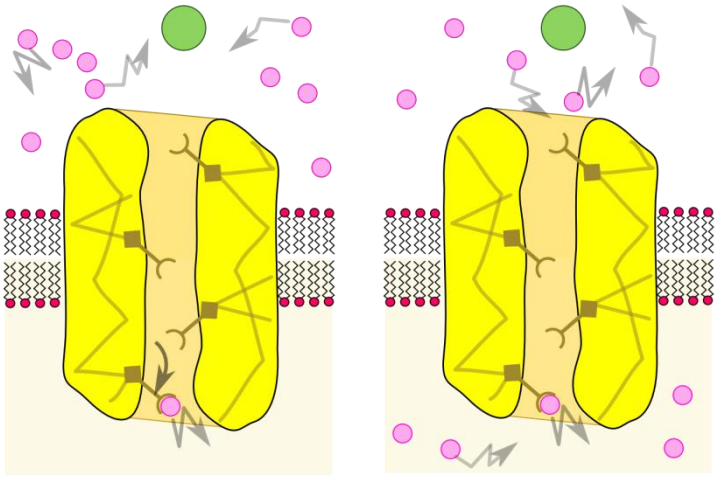
Die Teilchen – auch die, der anderer Stoffe – diffundieren frei in den Medien (**graue Bewegungs-Pfeile**).
Das Kanal-Protein hat im zentralen Bereich Amniosäure-Reste oder Peptid-Ketten, die durch bestimmte komplementäre Eigenschaften einen bestimmten Stoff aufnehmen können (**B**).
Neben Größen-Eigenschaft sind auch Ladungen oder andere chemische Eigenschaften für die Passung relevant. Allgemein sprechen wir vom **Schlüssel-Schloß-Prinzip**. Der zu transportierende Stoff und das Transport-Protein müssen zueinander passen, wie der Schlüssel zu einem bestimmten Schloss.
Dockt der Stoff an diesem Molekül-Teil an, kommt es zu Veränderungen der Eigenschaften.
Die Passung bewirkt einen kleinen Umbau der Struktur und damit wird der Stoff ein wenig tiefer in das Transport-Protein hinein bewegt (**C**).



C **D**

Nach der Übergabe des zu transportierenden Substrat's, bilden sich die Anordnungen der Aminosäure-Reste wieder so zurück, dass erneut ein Substrat-Teilchen transportiert werden kann.
Der Vorgang wiederholt sich an weiteren Protein-Strukturen (innenliegenden Aminosäure-Resten). Stück für Stück gelangt der Stoff so durch den "Tunnel" (**D**).
Das Ganze erinnert an eine Eimer-Kette beim Feuer-Löschen. Die Wasser-Eimer werden von Person zu Person weitergereicht.
Dass der "Tunnel" nicht wirklich ein Loch ist, kann man daran erkennen, dass von dem Transport-Protein praktisch nur ein Stoff transportiert wird. Größere Stoffe passen sowieso nicht durch. Aber auch kleinere Moleküle oder Ionen, die Größen-mäßig dicke hindurchpassen würden, können nicht durch den Tunnel. Im Prinzip sind die Eimer zu klein oder die Arme der Feuer-löschenden Personen zu kurz. Eine effektive Weitergabe der Eimer klappt einfach nicht. Für diese Eimer (zu transportierende Stoffe) wäre eine andere Eimer-Kette zu bilden, was einem anderen Protein entspricht.

Wegen der Anschaulichkeit bleibt man aber bei der Beschreibung als Tunnel.
Am anderen Ende der Transport-Kette wird der Stoff dann in das andere Medium (z.B. Zell-Innere) entlassen.
Nach und nach können weitere Teilchen durch den Tunnel wandern (**E**).
Die meisten passiven Poren funktionieren in beide Richtungen. Es kommt letztendlich zu einem Ausgleich der Gradienten (hier z.B. der Konzentration) auf beiden Seiten der Membran (**F**). Es bildet sich ein **dynamisches Gleichgewicht** heraus, bei dem ständig Teilchen hinein und heraus transportiert werden.

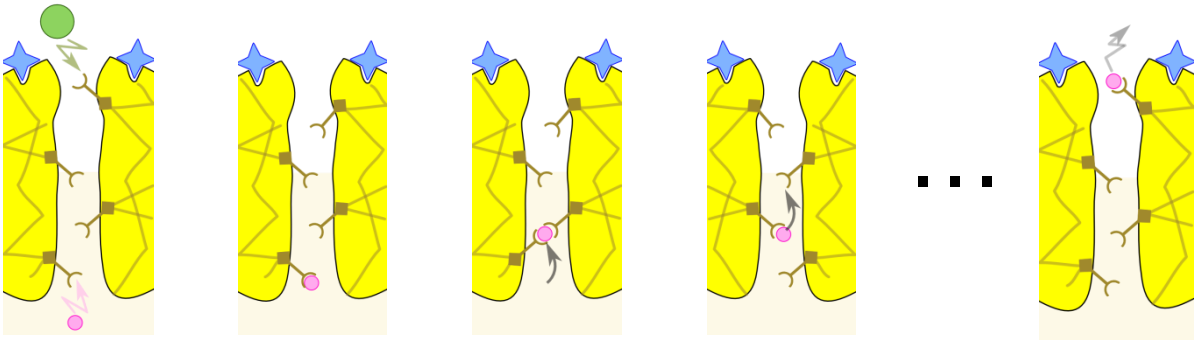


E **F**

Von außen betrachtet scheint sich aber nichts mehr zu verändern – Ein- und Aus-Strom der Teilchen sind im Gleichgewicht gleich groß.

Aufgaben:

1. Erläutern Sie anhand der nachfolgenden Abbildungs-Serie die Funktionsweise eines Kanal-Proteins!



1 **2** **3** **4** **5**

für die gehobene Anspruchsebene:

2. Die blauen Sternchen stellen einen rezepierten Stoff (hier: Aktivator) dar. Ist dieser angedockt hat das Protein seine "normale" Betriebs-Form. Nach dem Abdocken schon eines der Aktivatoren kommt es zu Form-Änderungen des Protein's. Stellen Sie eine oder mehrere Hypothesen über das weitere Funktionieren des Kanals auf! Begründen Sie Ihre These ausführlich!

2.1.4.2.3.2. Regulations-Möglichkeiten an Transport-Proteinen

Bei vielen Stoffen ist die Zelle daran "interessiert", sie möglichst umfangreich aufzunehmen oder abzugeben. Andere wiederum sind zwar zweckmäßig, aber ein zuviel oder zuwenig wäre für die Zelle schädlich. Irgendwie muss es ihr gelingen, auf solche unerwünschten Stoffmengen reagieren zu können. Die Regulation bzw. Steuerung an Transport-Proteinen wird **Gating** genannt.

Hier sind Zellen im Vorteil, die z.B. durch Mutationen abgewandelte oder neue (Transport-)Proteine ausbilden. Sind diese Proteine durch passende Stoffe beeinflussbar, dann könnte dies die gefährlichen Potentiale von zu großen oder zu kleinen Stoff-Konzentrationen ausgleichen oder zumindestens abfedern.

Betrachten wir nachfolgend zwei verschiedene Möglichkeiten. Bei dem einen Regulations-Typ wird der zu transportierende Stoff nur in die Zelle transportiert, wenn ein anderer Stoff als Signal dafür fungiert. Bei der zweiten Variante wird nur so lange transportiert, bis ein Stoff gebildet wird, der den Kanal schließt.

Schauen wir uns zuerst die Möglichkeit an, bei der ein Stoff (**blaue Vierecke**) den Kanal schließt (/ hemmt). Der Kanal ist ansonsten nur für eine Art von Teilchen (Substrat, **grüne Kreise**) durchlässig.

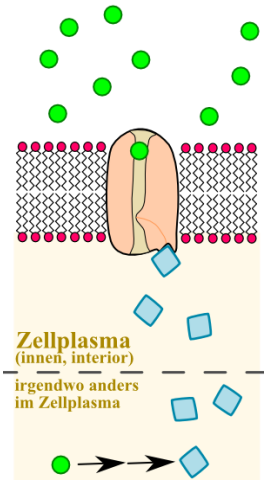


Abb. **A**
geschlossener Kanal

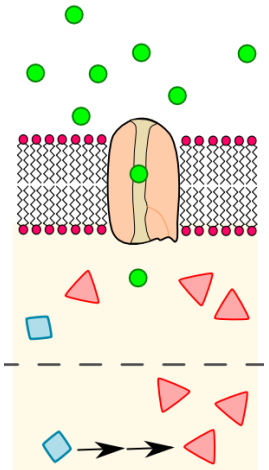


Abb. **B**
geöffneter Kanal

Der Hemm-Stoff könnte z.B. aus einer Weiter-Reaktion des aufgenommenen Stoffes stammen. Hier ist er Produkt und verteilt sich innerhalb der Zelle. Gelangt er an den speziellen Kanal, dann bewirkt er eben dessen Schließung. Nun wird kein Substrat mehr aufgenommen (Abb. **A**). Folglich kann es z.B. nicht zu einer Vergiftung durch dieses Substrat oder eines seiner Abbau-Produkte (einschließlich des Kanal-Hemmstoffes) kommen. Auch überhöhte Konzentration von den besteiligten Stoffen sind so einigermaßen ausgeschlossen.

Wird der Hemmstoff nun durch einen weiteren Stoffwechsel-Vorgang abgebaut, dann sinkt seine Konzentration nach und nach. Das Produkt (**rote Dreiecke**) dieses Vorgangs kann den Kanal nicht beeinflussen.

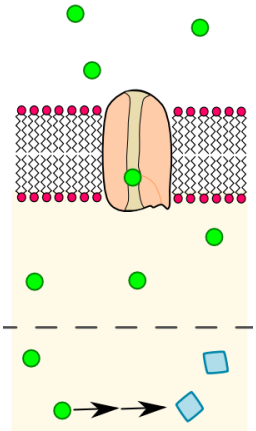


Abb. **C**
normaler Stoff-Fluß

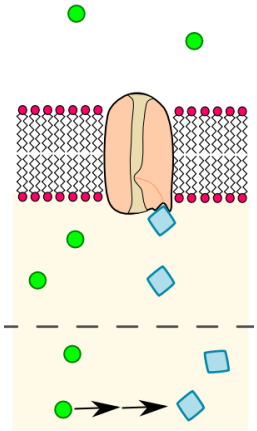


Abb. **D**
Schließen des Kanals
durch Produkt-Überschuß

Irgendwann wird auch der Hemmstoff vom Kanal abwandern und diesen dadurch wieder öffnen (Abb. **B**).

Nun können die Substrat-Teilchen durch den Kanal strömen und es wird sich ein Konzentrations-Ausgleich einstellen.

Da jetzt wieder Ausgangsstoff für (Hemm-)Stoff-Produktion zur Verfügung steht, setzt auch dieser Vorgang wieder ein (Abb. **C**).

Erst wenn der Hemmstoff-Pegel in der Zelle größer wird, kann sich der Kanal wieder schließen (Abb. **D**).

Da bei dieser Regulations-Variante ein Produkt die Regulation bestimmt, spricht man von einer Endprodukt-Hemmung (Endprodukt-Regulation). Es handelt sich um eine negative Rückkopplung.

Aufgaben:

1. ***Erstellen Sie Konzentrations-Zeit-Diagramm (mit relativen Skalen) für das Substrat und den Hemmstoff! Wählen Sie eine ausreichend lange Zeit-Skala, um alle möglichen Situationen darzustellen!***

Der Signalstoff (blaue Vierecke) kann aber auch völlig unabhängig von dem aufzunehmenden Substrat sein. In diesem Fall steuert dann irgendein anderer Zell-Prozeß die Aufnahme des Substrates.

Bei der zweiten Regulations-Variante bewirkt ein Signal-Stoff (**rote Dreiecke**) das Öffnen des Kanals (Abb. **A**). Dieser könnte z.B. der Ausgangs-Stoff für einen chemischen Vorgang in der Zelle sein. In unserem Beispiel benötigt der Vorgang als zweites Substrat unbedingt ein anderes Teilchen (**orange Kreise**) aus der Zellumgebung. Praktisch wird der Kanal durch den Signalstoff geöffnet oder auch aktiviert. Man spricht von einem Aktivator. In der Folge der Umsetzungs-Reaktionen entsteht ein Produkt (**violette Fünfecke**), der selbst nicht regulativ wirksam wird.

Ein Regulations-Vorgang, bei dem ein Ausgangsstoff (oder eine frühe Zwischenstufe) als Aktivator wirksam wird, nennen wir Ausgangstoff-Aktivierung.

Werden nun díe vorhandenen Aktivatoren umgesetzt, dann koppelt aufgrund der sinkenden Konzentration auch irgendwann das Signal-Molekül vom Kanal-Protein ab (Abb. **B**). Der Kanal schliesst sich.

Nach und nach erhöht sich nun wieder die Konzentration des Signalstoffes in der Zelle (Abb. **C**). (Wegen des fehlenden zweiten Ausgangsstoff kann er ja nicht abgebaut werden.)

Es ist dann nur noch eine Frage der Zeit, bis der Kanal wieder aktiviert wird und den zweiten Ausgangsstoff passieren lässt (Abb. **D**).

Insgesamt bewirkt dieser Regulations-Mechanismus eine positiv gekoppelte Konzentrations-abhängige Öffnung eines Kanals.

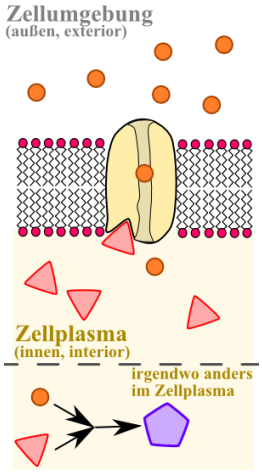


Abb. **A**
normaler Ablauf

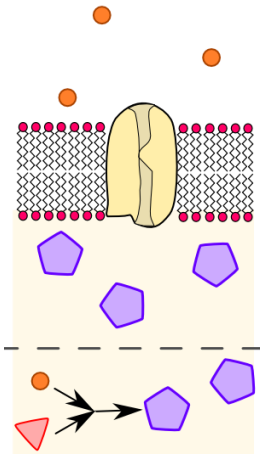


Abb. **B**
Abbau des Aktivators

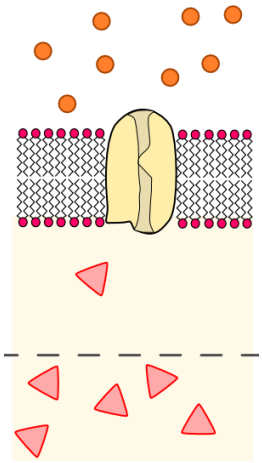


Abb. **C**
erneute Bereitstellung des Aktivators

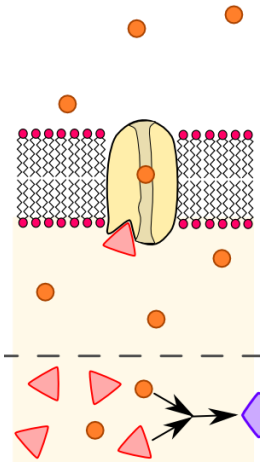


Abb. **D**
durch Aktivator geöffneter Kanal

Aufgaben:

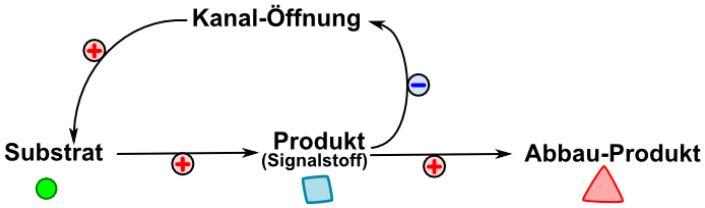
1. ***Erstellen Sie Konzentrations-Zeit-Diagramm (mit relativen Skalen) für das Substrat und den Hemmstoff! Wählen Sie eine ausreichend lange Zeit-Skala, um alle möglichen Situationen darzustellen!***

Einige Kanäle in Zell-Membranen sind auch Spannungs-gesteuert. Dazu müssen wir wissen, dass an Bio-Membranen praktisch immer bestimmte Ladungs-Verhältnisse vorherrschen. D.h. man kann zwischen beiden Seiten der Membran eine mehr oder weniger große Spannung messen (üblich rund -60 mV). Kommt es zu einer Umpolung der Spannungs-Verhältnisse, dann öffnen bzw. schließen die Spannungs-abhängigen Kanäle kurzzeitig. Danach schließen bzw. öffnen sie wieder "normal". In Folge dessen können sich dann auch wieder die üblichen Spannungs-Verhältnisse herausbilden. Solche Vorgänge und Regulations-Mechanismen finden wir besonders in Nerven- und Muskel-Zellen.

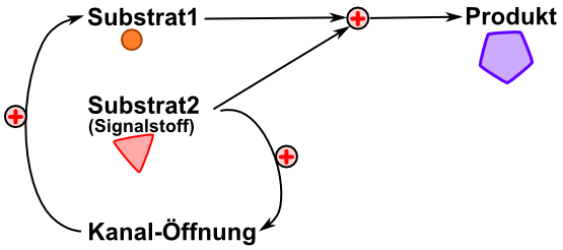
(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Aufgaben:

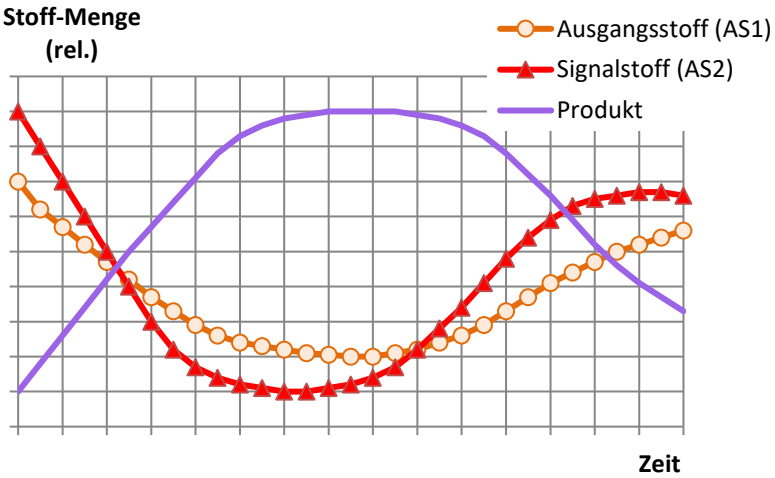
1. Vergleichen Sie die freie Permeation mit dem Transport durch ein Kanal-Protein!
2. Kann eigentlich auch das eigentliche Transport-Substrat als Signal-Stoff fungieren? Wenn ja, erläutern Sie, wie das funktioniert und zu welchem Ziel dies führen würde! Wenn nein, dann begründen Sie Ihre Meinung und erläutern Sie, was dann schief laufen würde!
3. Erläutern Sie das nebenstehende Fluß-Diagramm!
4. Wie müsste das Fluß-Diagramm verändert werden, wenn man statt der Kanal-Öffnung die Kanal-Schließung betrachtet?



5. Warum funktioniert – trotz ausschließlich positiver Kopplungen das im nebenstehenden Fluß-Diagramm dargestellte Regulations-System für einen Kanal? Wie könnte man das Schema verbessern, damit der rückkoppelnde Effekt deutlich wird?



6. Interpretieren Sie das Diagramm! (Modell: Ausgangsstoff-Aktivierung)
7. Skizzieren Sie sich das Diagramm ab und zeichnen Sie darin die Öffnung der Kanäle (gemeint ist der prozentuale Anteil geöffneter / geschlossener Kanäle) als relative Größe ein!

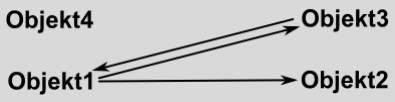


für die gehobene Anspruchsebene:

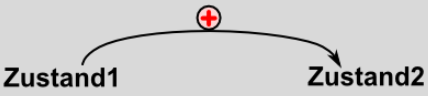
8. Was würde sich verändern, wenn bei den Transport-Proteinen die Andockstelle außerhalb der Zelle wäre? Sind dann überhaupt sinnvolle Transport-Vorgänge denkbar (ev. auch mit anderen Stoffen und Reaktionswegen!!!)! Begründen Sie Ihre Meinung!

Exkurs: Fluß-Diagramme (Darstellung von Zusammenhängen)

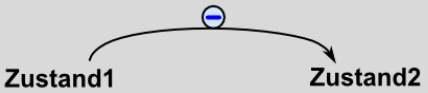
Häufig will man die Zusammenhänge zwischen Größen oder Vorgängen möglichst einfach darstellen. Dazu werden gerne Fluß-Diagramme verwendet.
Im einfachsten Fall kennzeichnet man nur das Vorhandensein einer Beziehung zwischen zwei Objekten durch einen Pfeil. Damit wird zuerst einmal deutlich, welche Dinge zusammenhängen und welche nicht.
Im nebenstehenden Beziehungs-System beeinflusst Objekt 1 das Objekt 2. Genau so verhält es sich zwischen Objekt 1 und 3. Hier gibt es aber auch eine rückwirkende Beziehung zu Objekt 1. Indirekt kann nun Objekt 3 auch Objekt 2 beeinflussen. Das Objekt 4 hat zu keinem anderen Objekt dieser Darstellung eine (bekannte) Beziehung.



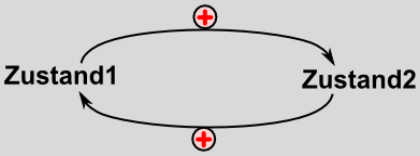
In einer nächsten Erkenntnisstufe erforschen wir, wie die Beeinflussung prinzipiell / qualitativ erfolgt. Man nutzt dann meist auch nicht mehr das gesamte Objekt als Darstellungs-Inhalt, sondern wir betrachten eine spezielle Größe / einen Zustand / … usw. Diese kann man später dann auch wirklich quantitativ erfassen und bewerten. Wie der Zusammenhang zwischen zwei Größen / Zuständen / … ist, kennzeichnet man durch ein Plus- bzw. Minus-Zeichen an dem gemeinten Beziehungs-Pfeil. Für das Plus-Zeichen gilt:
Wenn Zustand1 steigt, dann steigt auch Zustand2.
Alternativ gilt auch:
Wenn Zustand1 sinkt, dann sinkt auch Zustand2.



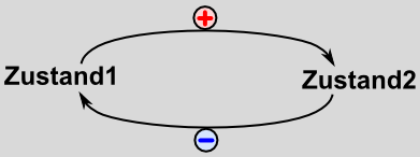
Also sind die Veränderungen gleichlaufend. Für gegenläufige Zusammenhänge nutz man das Minus-Zeichen. Dann lauten die Umschreibungen beispielsweise:
Wenn Zustand1 steigt, dann sinkt Zustand2.
Alternativ gilt auch:
Wenn Zustand1 sinkt, dann steigt Zustand2.



Interessant werden die Beziehungen dann, wenn es Rückwirkungen gibt. Ob diese direkt oder indirekt erfolgen, ist dabei egal.
Die nebenstehende Beziehung sieht eigentlich nur gut / schön / positiv aus. Der Teufel liegt hier im Detail. Wenn wir unsere übliche Les-Art anwenden, dann wird dies sofort deutlich:
Wenn Zustand1 steigt, dann steigt auch Zustand2. Wenn nun Zustand2 steigt, dann steigt auch wiederum Zustand1.



Dieses Beziehungs-System würde sich (ewig) gegenseitig aufschaukel. Das endet meist in einer Katastrophe.
Andes bei diesem System. Hier wirkt eine Beziehung begrenzend / entgegengesetzt. Solche Systeme begrenzen sich selbst.
Wenn Zustand1 steigt, dann steigt auch Zustand2. Wenn nun Zustand2 steigt, dann sinkt aber Zustand1. Wenn Zustand1 sinkt, dann sinkt auch Zustand2. Wenn nun Zustand2 sinkt, dann steigt Zustand1 wiede, usw. usf.



Beide Zustände machen ein ständiges Auf und Nieder durch. Insgesamt bleiben sie aber ausgeglichen bzw. werden ausgeglichen.

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

2.1.4.2.3.3. Aquaporin – der Wasser-Kanal

die Doppel-Lipid-Schicht schließt mit seiner zentralen hydrophoben Fettsäure-Reste-Schicht einen Wasserdurchgang praktisch aus

heute wissen wir, dass spezielle Proteine den Wasser-Ein- und Ausstrom ermöglichen
diese Proteine werden Aquaporine (AQP's) genannt
derzeit 200 Versionen bekannt
bei Säugetieren kennt man 13 Aquaporine
funktionell unterscheiden sie sich immer etwas

Homotetramer
die Membran-Domäne wird in jedem Monomer von 6 transmembranen α-Helices bestimmt

durchlässig vorrangig für Wasser (orthodoxe Aquaporine)
aber auch anderen kleine und neutrale Teilchen können die Pore passieren (Aquaglyceroporine)
dazu gehören Harnstoff, Glycerol (Glycerin)
auch CO_2 in gelöster Form und auch als Anion (CO_3^{2-} sowie HCO_3^-) und wohl auch Ammoniak (NH_3) möglich

innere Struktur Sanduhr-förmig
positive Ladungen im Kanal-Gang verhindern den Durchtritt von Hydronium-Ionen (H_3O^+)
das ist eigentlich sehr verwunderlich, weil die Wasser-Moleküle im flüssigen Zustand über Wasserstoff-Brückenbindungen recht stabile Cluster bilden und dabei ständig Hydronium-Ionen (neben den Hydroxid-Ionen) gebildet werden
scheinbar kommt es zu einem Kippen des Wasser-Molekül im geladenen Protein-Zentrum, dadurch werden die Donator-Akzeptor-Beziehungen gebrochen und kurzzeitig die Ionen-Bildung unmöglich gemacht

die Aquaporine können bis zu $3{,}0 \times 10^9$ Wasser-Teilchen pro Sekunde durchlassen

die Regulation der Wasser-Aufnahme und -Abgabe erfolgt durch veränderung der Aquaporin in der Zell-Membran
es erfolgt eine passende Verschiebung von Proteinen (trafficking) zwischen intrazellulären Membran-Systemen und der Zell-Membran

reines Wasser hat eine Konzentration von 56 mol/l (= 56 M; sprich: molar)
für Betrachtungen der osmotischen Vorgänge wird die Konzentration auch mit 56'000 mmol/l (= 56'000 mM) angegeben
die Osmolarität beträgt 300 mOsm bzw. 0,3 Osm (sprich: osmolar)

Aufgaben:

1. ***Geben Sie an, wieviele Primär-, Sekundär-, Tertiär- und Qualiär-Strukturen in einem funktionsfähigen Aquaporin-Protein zu finden sind!***
2. ***Warum kann ein polares Molekül, wie es das Wasser ist, trotzdem einen Kanal passieren, der für neutrale Teilchen vorgesehen ist? Erklären Sie ausführlich!***
3. ***Berechnen Sie, wieviele Milliliter oder Mikroliter pro Sekunde durch ein Aquaporin fließen können!***

zur Zeit wird eine Öffnungs-Kontrolle (Gating) mittels Phosporilierung diskutiert
fehlt die Phosphorlierung, dann versperrt eine kleine Peptid-Schleife die Pore

Aqua-porin	Vorkommen	Bemer-kungen
orthodoxe Aquaporine		
AQP0	in der Augen-Linse	mit AQP1 und 5
AQP1	Erythrozyten; Nieren-Gänge (HENLE-Schleifen)	
AQP2	in den Sammelrohren der Nieren (Gang-Membran)	
AQP4	in den Sammelrohren der Nieren (innere Zell-Membran); Blut-Hirn-Schranke	
AQP5	in Speicheldrüsen	
AQP8		
Aquaglceroporine		
AQP3	in den Sammelrohren der Nieren (innere Zell-Membran)	
AQP7		
AQP9		

Vermutungen über die Existenz solcher Wasser-Durchlässe gab es schon in der Mitte des 19. Jahrhunderts durch Ernst Wilhelm BRÜCKE

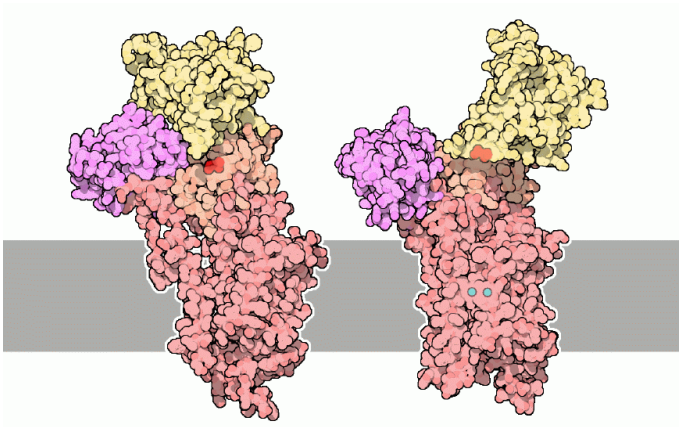
mit der Entdeckung der Doppel-Mebran in den späten 1920er Jahren ging man mehr von einer einfachen Diffusion (gemeint ist Permeation) aus, konnte aber die großen Durchlass-Geschwindigkeiten nicht sinnvoll erklären
in den 1970er postulierten dann SOLOMON, MACEY und FINKELSTEIN die Existenz von Wasser-Kanälen

Der US-amerikanische Molekularbiologe Peter AGRE versuchte dem Phänomen auf die Spur zu kommen. Er isolierte und untersuchte ein Protein (1988), das er später Aquaporin – Wasserpore – nannte. Heute wissen wir, dass es mehrere Aquaporine gibt, sie aber alle nach dem gleichen Prinzip funktionieren.
Aquaporine gehören zu solchen Membran-Proteinen, die sich notorisch widerstandsfähig gegen Struktur-Analysen verhalten und deshalb nur schwer zu erforschen sind.
Zuerst isolierte AGRE aus Zellen der Nieren-Kanälchen und menschlicher Erythrocyten ein Proteien, welches zuerst den Code CHIP28 (channel forming integral protein) erhielt. Im nächsten Schritt wurde dann die Protein-Struktur aufgeklärt und eine passende mRNA synthetisiert. Diese mRNA injizierte man dann in Eizellen von Krallenfröschen. In den behandelten Eizellen konnte nun das Protein Aquaporin gebildet und in die Zellmeran eingebaut wer-

den. Die behandelten und zum Vergleich unbehandelte Eizellen überführte er in Wasser oder bestimmte Lösungen und beobachtete dann die Veränderungen der Zellen.
Lagen die behandelten Zellen in destilliertem Wasser, dann nahmen die Zellen mit CHIP28 sehr schnell an Volumen zu. Viele der Zellen platzten sogar. Bei den unbehandelten Eizellen dauerte die Volumen-Zunahme deutlich länger und die Wasser-Aufnahme war auch nicht so groß.
Für die Aufklärung der Funktion der Aquaporine und der Kalium-Kanäle erhielten AGRE und MACKINNON 2003 den NOBEL-Preis für Chemie.
Bei einigen Aquaporinen binden Edelmetall-Ionen (Gold, Silber, Quecksilber) am Eingang des Kanal's an einer Aminosäure /Cysteïn). Da die Bindung sehr fest ist (irreversibel), wirken die Edelmetall-Ionen toxisch. Eine ebenfalls hemmende Wirkung auf die Aquaporine haben organische Quecksilber-Verbindungen.

2.1.4.2.4. aktiver Transport an Carrier-Proteinen / Substanz-Pumpen

1957 entdeckte der dänische Mediziner Jens Christian SKOU ein Enzym (Protein), das unter ATP-Verbrauch Na^+-Ionen ins Zelläußere und K^+-Ionen nach innen transportiert (1997 gab's dafür den NOBEL-Preis für Chemie).
Die beiden Teile des Proteiens (Enzym-Nr. 3.6.3.9.) bilden einen Scheren-artigen Umklapp-mechanismus.
Zuerst ist der Protein-Komplex zum Zellinneren geöffnet. (Natürlich gibt es gar kein zuerst, aber an einer Situation muss man bei der Erläuterung natürlich beginnen.) Insgesamt drei Na^+-Ionen müssen sich nun an den zugehörigen Bindungsorten anlagern, damit im nächsten Schritt mit ATP eine Konformations-Änderung erfolgen kann. Der Proteinkomplex klappt zur anderen Seite um. Das ATP liefert die notwendige Energie für diesen Prozess. Nun können die Na^+-Ionen nach außen hin abwandern. An einer anderen Bindungsregion können nachfolgend (praktisch fast gleichzeitig) zwei K^+-Ionen andocken. Dies bewirkt ein Zurückklappen der Proteinstrukturen. Die Kalium-Ionen wandern dann nach innen ab.
Solange genug Na^+- und K^+-Ionen sowie ATP vorhanden sind, kann sich der Vorgang ständig wiederholen (→ detailliert: 2.1.4.2.4.1. Funktionsweise der Natrium-Kalium-Pumpe).
Sehr weit verbreitet sind z.B. in unseren Zellen Calcium-Ionen-Pumpen. Sie transportieren Ca^{2+}-Ionen ins Zell-Innere bzw. das Innere von Zell-Bestandteilen (z.B. Endoplasmatisches Retikulum). Ganz exakt heißt der Protein-Komplex **Calcium-Pumpe des sacroplasmatischen und endoplasmatischen Retikulums** (Abk.: SERCA; se/erCaATPase).
Die Ca^{2+}-Pumpe ist ein Antiport, d.h. sie transportiert verschiedene Stoffe in entgegengesetzte Richtungen. Die Ca^{2+}-Ionen werden ins Zell-Innere bzw. das Innere der Zell-Strukturen gepumpt, während Wasserstoff-Ionen (Protonen) in die andere Richtung fließen.



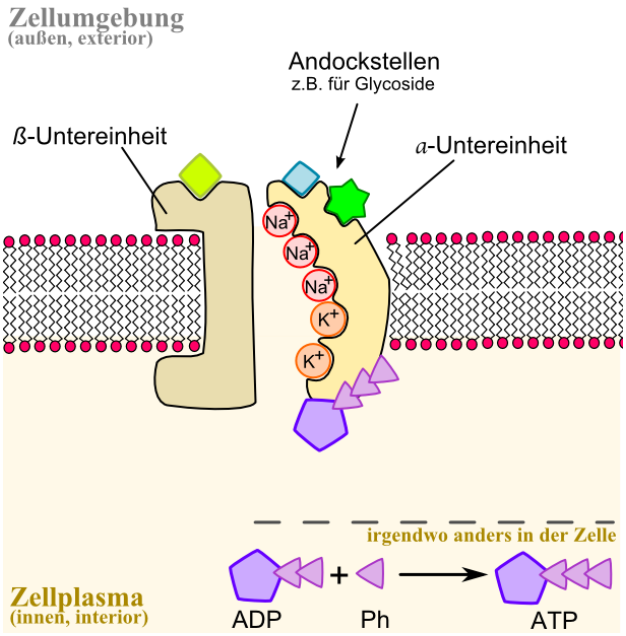
Calcium-Pumpe (inaktiv und aktiv)
Q: www.rcsb.org

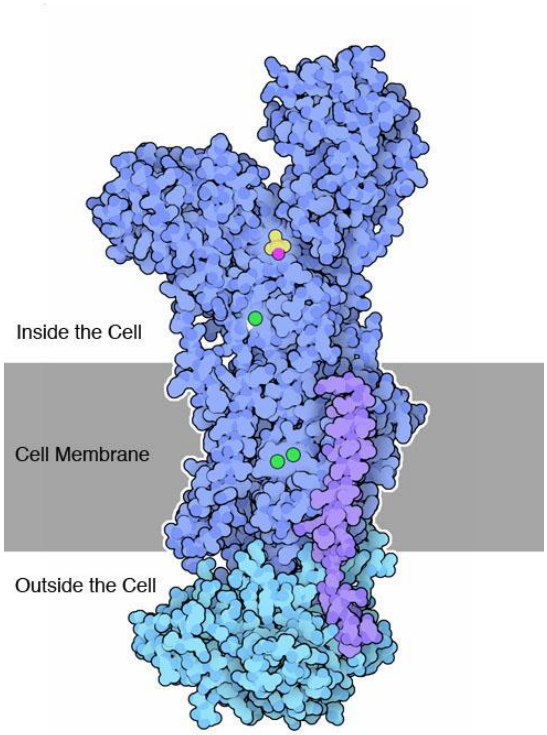
So sind die Ca-Pumpen dafür verantwortlich, Calcium-Ionen von den Muskel-Proteinen wieder abzuführen. Diese Ionen wurden zur Auslösung der Kontraktion ausgeschüttet. Erst, wenn die Calcium-Ionen abgeführt worden sind, können sich die Muskel-Proteine (Actin-Myosin (→ 2.6.5.1. Actin-Myosin-Filamente)) wieder entspannen.
Als wichtiger Bestandteil (Co-Faktor) der Pump-Vorgänge ist Magnesium (Mg^{2+}-Ion) notwendig.
Manchmal werden auch Proteine, die den Pump-Mechanismus quasi umdrehen, als Pumpen bezeichnet. Systemisch gesehen sind es eigentlich eher Abläufe. Diese Proteine – zu denen z.B. die ATP-Synthase (ATP-ase) gehört – erzeugen aus einem Konzentrations-Gefälle (hier: Wasserstoff-Ionen, Protonen) Energie. Dabei strömen die Ionen – dem Konzentratuions-Gefälle folgend durch das Protein. Dieses bildet aus ADP und einem Phosphat-Rest neues ATP, welches für den Rest der Zelle nun wieder als Energie-Quelle zur Verfügung steht. Wegen des umgekehrten Arbeits-Prinzips sollte man besser den Begriff (molekularer / biochemischer) Motor verwenden.

interessante(r) Internet-Link(s):
http://www.youtube.com/watch?v=s0p1ztrbXPY&feature=related (Animation: passiver Transport)
http://www.youtube.com/watch?v=STzOiRqzzL4&feature=related (Animation: aktiver Transport)
http://www.youtube.com/watch?v=bGJIvEb6x6w (Animation: K-Na-Pumpe)
http://www.youtube.com/watch?v=JShwXBWGMyY&feature=related (Animation: verschiedene Transporte)

2.1.4.2.4.1. Funktionsweise der Natrium-Kalium-Pumpe

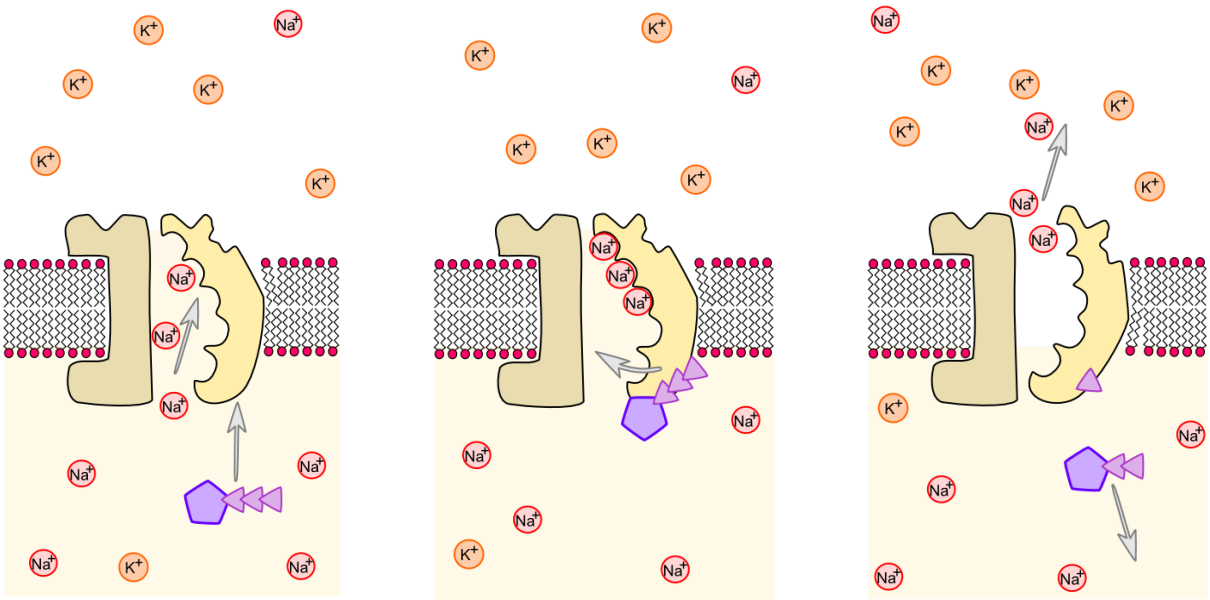
Heute wissen wir, dass die Quartär-Struktur der Na-K-Pumpe aus zwei Untereinheiten (Tertiär-Strukturen) besteht. Da es sich um zwei verschiedene Proteine handelt, spricht man von einem Hetero-Dimer.





Natrium-Kalium-ATPase
Q: www.rcsb.org

Die α-Untereinheit ist die eigentliche aktive Struktur, während die β-Einheit der Verankerung in der Lipid-Doppelschicht dient.
Eine wichtige Voraussetzung für die Arbeit der Pumpe ist das Vorhandensein von Energie in Form von ATP. Das ATP wird z.B. über Atmungskette bereitgestellt. Dort wird aus dem Energie-ärmeren ADP und einem Phosphat-Rest (Ph) das Energie-reiche ATP hergestellt.
Durch den Energie-Einsatz ist die Zelle nun befähigt, einen Konzentrationsgradienten aufzubauen bzw. zu verstärken.
Wie der Name es schon sagt, werden Kalium- und Natrium-Ionen transportiert. In einem Arbeitszyklus werden dabei drei Natrium-Ionen aus der Zelle hinaus (exterior) und zwei Kalium-Ionen hinein (interior) transportiert. Für einen Arbeits-Zyklus wird immer ein Molekül ATP verbraucht.
Ausgangspunkt der nachfolgenden Beschreibung soll die Na^+-Konformation (Abb. / Schritt **1**) sein. Drei Natrium-Ionen bewegen sich durch Diffusion (BROWNsche Molekular-Bewegung, Wärmebewegung) zum aktiven Zentrum der Pumpe (/des Enzyms) und lagern sich dort an. Das ATP phosphoriliert die Pumpe (Abb. / Schritt **2**). Hierdurch wird sie aktiviert und es kommt zu einer Konformations-Änderung (K^+-Konformation (Abb. / Schritt **3**)).
Das ATP gibt dabei einen Teil seiner Energie an das Protein ab. Im Zuge der Energie-Abgabe wird ein Phosphat-Rest (Ph) abgespalten und es bleibt das Energie-ärmere ADP über, das zur Energie-Aufladung in die Zelle diffundiert.
In Folge dieser Konformations-Änderung wird der Rückweg für die Natrium-Ionen verschlossen. Ihnen bleibt nur die Diffusion in das Außenmedium.



Mit den Natrium-Ionen wird gleichzeitig auch noch ein Magnesium-Ion mit durch die Membran gepumpt. Dieses Ion spielt aber für die elektrochemischen Prozesse (des Ruhe-Membran-Potential's) keine Rolle, so dass wir hier auf eine weitere detaillierte Besprechung verzichten.

Als chemische Gleichungen würde die erste Hälfte eines Pumpzyklus so aussehen:

$$E + ATP + 3\,Na^{+} + Mg^{2+} \longrightarrow E\text{-}Ph^{*}(3\,Na^{+},Mg^{2+}) + ADP$$

Enzym — Ionen *(interior)* — aktiviertes und beladenes Enzym

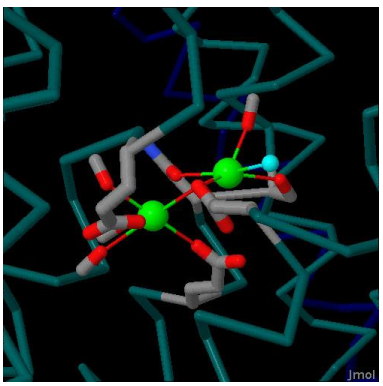
$$E\text{-}Ph^{*}(3\,Na^{+},Mg^{2+}) \longrightarrow E\text{-}Ph + 3\,Na^{+} + Mg^{2+}$$

aktiviertes und beladenes Enzym — phosphoryliertes Enzym — Ionen *(exterior)*

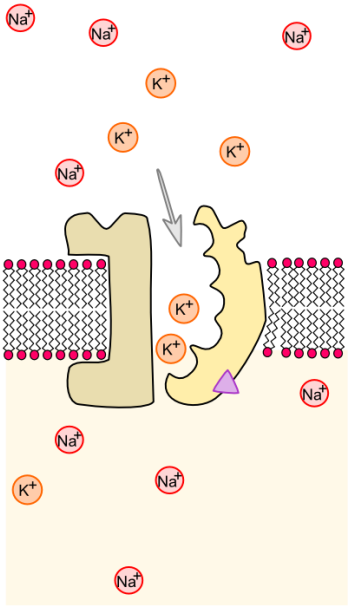
Mehr oder weniger gleichzeitig wandern Kalium-Ionen aus dem Außenmedium an das neu gebildete aktive Zentrum für K^{+}-Ionen (Abb. / Schritt **4**). Dieses aktive Zentren befindet sich an einer völlig anderen Stelle im Protein-Körper (Holo-Enzym) der Natrium-Kalium-Pumpe, als das Kontakt-Zentrum für die Na^{+}-Ionen. In der nebenstehenden Abbildung ist die Koordinierung der zwei Kalium-Ionen durch verschiedene Aminosäuren sichtbar gemacht worden.

Sind die zwei Plätze belegt, kann das Pumpen-Protein unter Abspaltung des Phosphat-Restes (Dephosphorilierung) eine Konformationsänderung hin zur Ausgangssituation durchmachen (Abb. / Schritt **5**).

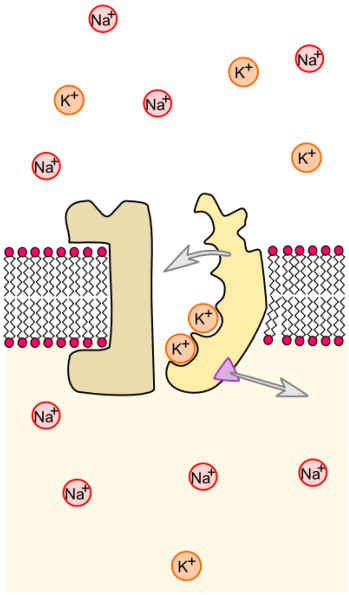
Die Kalium-Ionen wandern nachfolgend in das Zellinnere (interior) und machen gewissermaßen Platz für die (neuen) Natrium-Ionen, die im nächsten Zyklus gepumpt werden (Abb. / Schritt **6**).



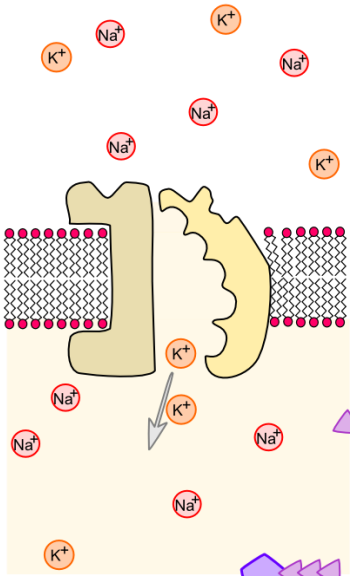
aktives Zentrum mit zwei Kalium-Ionen (**grün**)
Q: www.rcsb.org



4



5



6

Auch diesen Teil der Pumpenaktivität können wir in chemischen Gleichungen beschreiben:

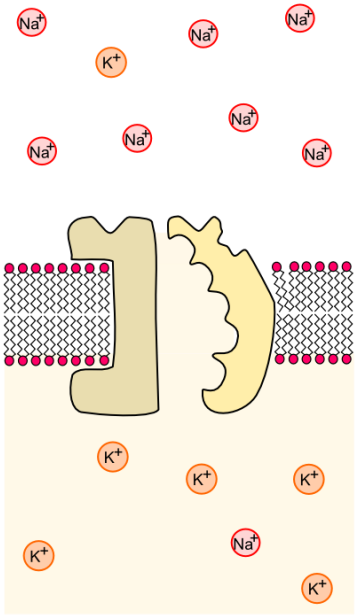
$$\text{E-Ph} + 2\,K^+ \longrightarrow \text{E-Ph*}(2\,K^+)$$

phosphoryliertes Enzym — Ionen *(exterior)* — aktiviertes Enzym

$$\text{E-Ph*}(2\,K^+) \longrightarrow \text{E} + \text{Ph} + 2\,K^+$$

aktiviertes Enzym — Enzym — Phosphat-Rest — Ionen *(interior)*

Bei einem Transport-Zyklus wird also insgesamt eine positive Ladung mehr hinaus transportiert, als hinein. In einer Sekunde kann die Pumpe bis zu 100 Transport-Zyklen ausführen.
Die Zellinnen-Konzentration an Kalium-Ionen kann durch die Aktivität der Pumpe das 20fache gegenüber dem Außenmedium betragen.
Für die in unserem Abbildungs-Modell benutzten Kalium- und Natrium-Ionen-Verteilung würde die Situation nach zwei Pump-Vorgängen dann wie nebenstehend aussehen.



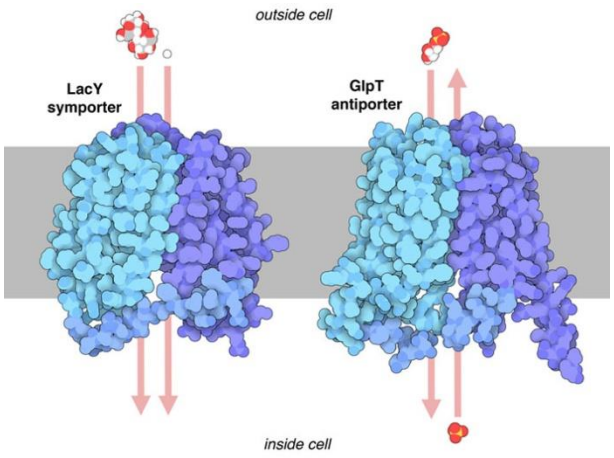
Aufgabe:

1. *Vergleichen Sie die Verteilung der Ionen und Ladungen der Ausgangs-Situation mit der Situation nach zwei Pump-Aktionen!*
2. *Skizzieren Sie den Verlauf einer K/Na-Ionen-Pump-Aktion! Erläutern Sie anhand Ihrer Skizze den Ablauf!*
3. *Welche Gradienten entstehen an der Membran im Verlauf mehrerer Pump-Aktionen? (Alle Stoffe sind in ausreichender Menge vorhanden.)*
4. *Wie verändert sich die Ionen-Verteilung, wenn zwei Pump-Aktionen hintereinander ablaufen? Stellen Sie die Verhältnisse übersichtlich dar! Als Ausgangs-Situation verwenden wir die Abbildung 1 aus der Schema-Serie vom Anfang dieses Kapitels (2.1.4.2.4.1.)!*
5. *Vergleichen Sie den aktiven und passiven Transport (eines bestimmten Ion's)!*
6. *Einfache Ionen-Kanäle haben in der Natur die höchste Durchlass-Rate von allen Transport-Proteinen. Sie schaffen 1 bis 100 Millionen Ionen pro Sekunde. Kotransporter (Symporter und Antiporter) brinden es auf 100 bis 10'000 Moleküle. Am langsamsten sind Pumpen mit 1 bis 100 Molekülen pro Sekunde. Machen da Pumpen eigentlich evolutionär Sinn? Diskutieren Sie das Phänomen!*

für die gehobene Anspruchsebene:

7. *Für verschiedene Untersuchungen nutzt man die Potenzialbildung (elektrische Spannung) als Indikator für den Zustand der Zelle. Erklären Sie, warum man so was machen kann!*
8. *Was haben die BRODY-Krankheit, Morbus HOPF (Acrokertosis verruciformis) und Morbus DARIER mit den Ionen-Pumpen zu tun? Recherchieren Sie!*

Glucose ist einer der wichtigsten Energie-liefernden Stoffe für die Zelle. Da wundert es nicht, dass die Zell-Membranen auch Glucose-Transporter enthalten. Diese transportieren unter Energie-Verbrauch Glucose und auch andere Monosccharide in das Zell-Innere. Begleitet werden diese Transporte von mitlaufenden oder gegenläufigen Transporten von Ionen oder kleinen Molekülen.
Fördert ein Protein einen zweiten Stoff in die gleiche Richtung, dann spricht man von einem **Symporter** (z.B. Natrium-Glucose-Cotransporter). Ein **Antiporter**-Protein transport den einen Stoff in die eine und den anderen in die entgegengesetzte Richtung (z.B. Natrium-Calcium-Austauscher).



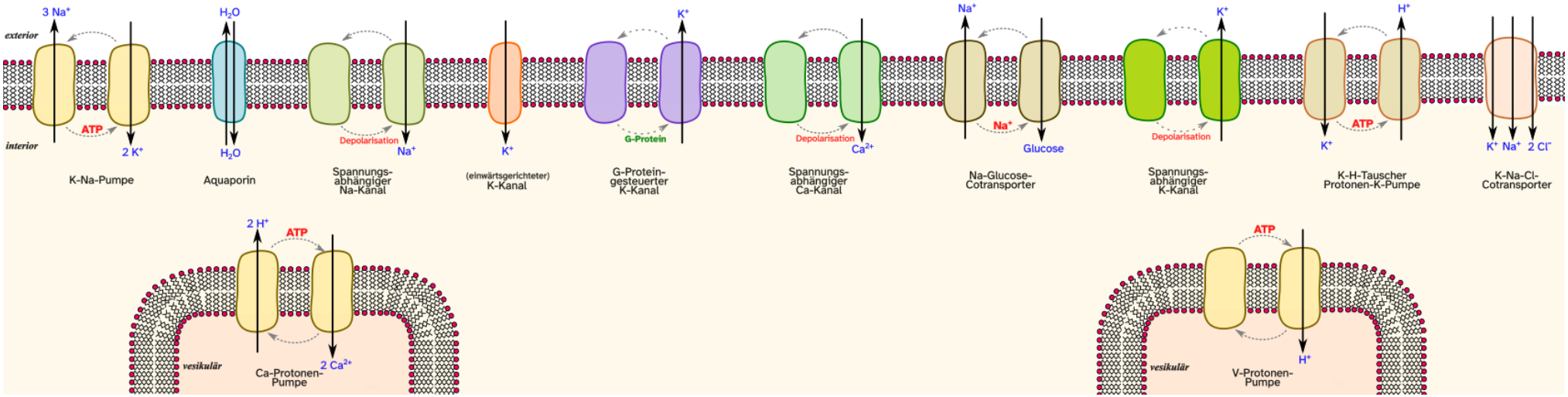
Symporter und Antiporter
Q: rcsb.org [Molecule of the Month]

2.1.4.2.4.2. der Zoo der Protein-basierten Transport-Systeme

im menschlichen Genom sind z.B. gut 70 Gene für Liganden-gesteuerte Kanäle enthalten
für Kalium-Kanäle gibt es 80 verschiedene Gene, 10 für Calcium- und 12 für Chlorid-Kanäle
außerdem 9 Gene für Spannungs-gesteuerte Natrium-Kanäle, die für die Aktions-Potentiale notwendig sind (→ 🕮 **Neurophysiologie**)

die verschiedenen Kanäle sind weitgehend zufällig gemischt auf der Zell-Membran bzw. den Membranen allgemein verteilt
je nach Zell-Typ dominieren mal die einen, mal die anderen Kanäle

sie bilden einen regelrechten Zoo
wir betrachten hier nur die Systeme, die für Schul-biologische Betrachtungen bedeutsam sind
wenn bestimmte Faktoren / Bedingungen vorhanden sein müssen, damit die Kanäle öffnen bzw. schließen, dann sind diese an den Pfeilen angegeben
der jeweils links angeordnete Kanal stellt den Grundzustand dar
eine genauere Besprechung erfolgt ev. in anderen Skripten oder in den folgenden Kapiteln



Auswahl Protein-basierter Transport-Systeme

2.1.4.2.5. Transporte an tubulären Strukturen

Das Zellskelett besteht im Wesentlichen aus Proteinen. Dazu später mehr (→ 2.6. fibrilläre und tubuläre Strukturen). An Faser-Strukturen wandern z.B. die Bewegungs-Proteine Kinesin und Dyneïn entlang und transportieren dabei größere Moleküle und kleine Zell-Bestandteile. Es handelt sich um aktive Transporte. Dyneïn wandert an Mikrotubuli in die eine Richtung, Kinesin in die andere. Für jeden Wanderschritt wird ein Molekül ATP gebraucht.
Auch die Kontraktion von Muskeln beruht auf kleinste Transport-Bewegungen von Myosin-Molekülen an den Actin-Filamenten.

Aufgaben:

1. *Wiederholen Sie den Aufbau der quergestreiften Muskelatur!*
2. *Vergleichen Sie quergestreifte und glatte Muskelatur!*

für die gehobene Anspruchsebene:

x. *Stellen Sie Hypothesen auf, warum bei längerer Muskel-Tätigkeit die Leistungsfähigkeit zurückgeht!*

Exkurs: Mukoviszidose – Krank durch defekte Ionen-Kanäle?!

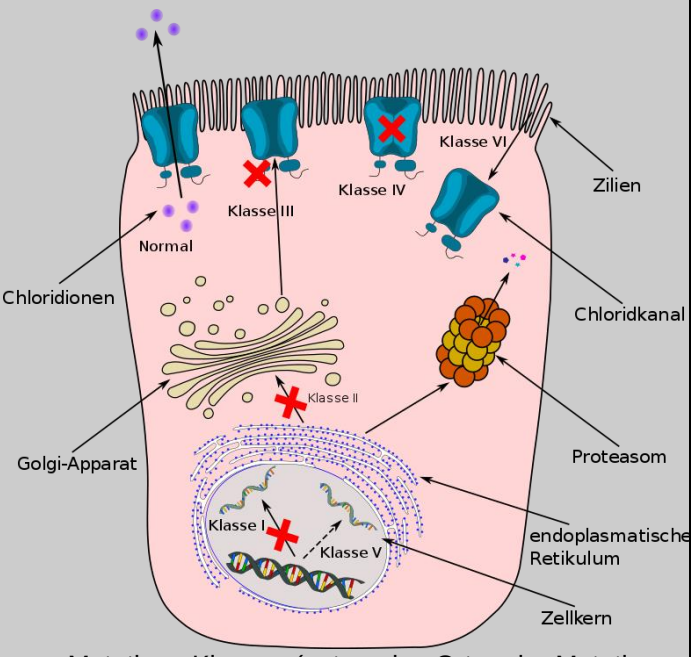
Mukoviszidose – auch zytische Fibrose – ist eine meist schwer verlaufende Erkrankung hauptsächlich des Atmungs-System's.
Der Name leitet sich von *mucus* (lat.: Schleim) und *viscidus* (lat.: zäh, klebrig) ab.
Die offensichtliche Ursache ist zäherer Schleim in vielen Organen, als bei Gesunden. Der zähe Schleim kann schlechter abgehustet werden. Durch längere Verweilzeiten bildet der Schleim auch eine Lebens-Grundlage für Bakterien, was wiederum gehäuft zu Lungen-Entzündungen führt.
Der Schleim verstopft kleinere Bronchien. Dadurch kommt es zu einer verschlechterter Sauerstoff-Versorgung. Häufig kommt es zu Erstickungs-Anfällen mit Krämpfen in der Atem-Muskelatur.
Auch die Schleim-Bildung in der Bauchspeicheldrüse ist betroffen. Der zähe Schleim behindert die Sekret-Abgabe in den Dünndarm; wodurch es zu einer schlechten Verdauung der Nahrung kommt. Betroffen sind u.U. auch andere exokrine (nach außen führende) Drüsen dazu zählen auch Leber und Galle und Schleimdrüsen der Geschlechtsorgane.
Insgesamt ist Mukoviszidose eine schwere Multisystem-Erkrankung, die früher ohne geeignete Behandlung oft schon vor der Pubertät zum Tod führte.

Krankheit hat genetische Ursachen, wird entweder rezessiv vererbt oder kann durch Mutationen auch neu auftreten; derzeit rund 2'000 verschiedene genetische Veränderungen bekannt
statistisch 1 auf 2'000 Lebendgeburten

auf molekularer Ebene sind veränderte Ionen-Kanäle (CFTR-Kanäle) für die zähe Schleim-Bildung verantwortlich

aktive Kanäle – also quasi Pumpen
gesteuert durch cAMP

CFTR-Kanäle liegen besonders in den Epithel-Zellen der Bronhien und der in den Dünndarm führenden Drüsen-Gänge der Bauchspeicheldrüse



Mutations-Klassen (entsp. den Orten der Mutations-Folgen)
Q: de.wikipedia.org (Kuebi)

diese Zellen bilden Schleim, der nach außen abgegeben wird
bei Gesunden sind die CFTR-Kanäle für die Abgabe von Chlorid-Ionen verantwortlich (Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator)
die Chlorid-Ionen bewirken wiederum eine verstärkte Abgabe von Natrium-Ionen in den Schleim
beide Ionen sorgen für eine verstärkte Abgabe von Wasser aus den Zellen und damit für eine Verflüssigung des Schleim's
der dünnflüssige Schleim kann in Richtung der größeren Bronchien (also nach außen) fließen bzw. bewegt werden.
am Ende der Bronchien bzw. der Drüsengänge wird dem Schleim die Ionen und letztendlich auch ein Teil des Wasser*s wieder entzogen und in den Körper zurückgeleitet
Schleim bindet Bakterien und Viren; Schleim-Partikel werden durch Flimmer-Epithel der Bronchien-Zellen in Richtung Rachen transportiert und entweder ausgehustet oder geschluckt

veränderte Gene bewirken mehr oder weniger veränderte Tunnel-Proteine für die Chlorid-Ionen

bei Erkrankten funktionieren die -Kanäle nicht richtig oder gar nicht
da nun die Ionen-Abgabe fehlt, kommt es auch nicht zur Verflüssigung des Schleim's
die Folgen haben wir schon beschrieben

ein Nebeneffekt des veränderten Ionen-Haushalt's ist die Bildung von relativ salzigem Schweiß, dieser wurde früher als Diagnose-Merkmal benutzt

Körper-Flüssigkeit	**Ionen-Konzentration [mmol/l]**	
	Na^+	**Cl^-**
Zell-Plasma	12	4
Schweiß (Gesunder)	23	20
Schweiß (Erkrankter)	93	97

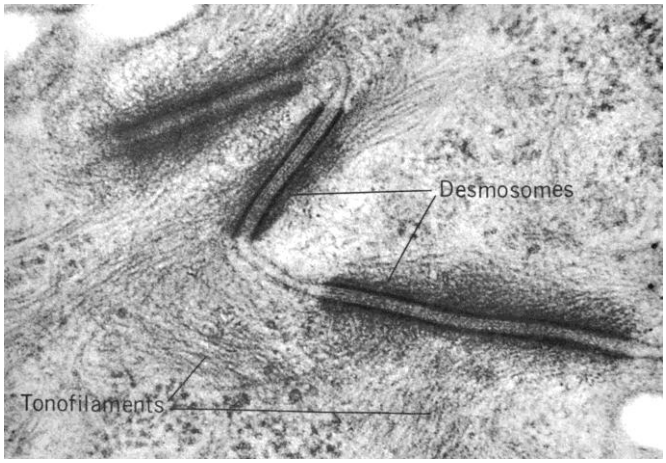
Behandlung heute mit Inhalations-Therapie
neben Schleim-lösenden und entkrampfenden Spray's wird verstärkt auf regelmäßiges Inhalieren gesetzt
in der Inhalations-Lösung befindet sich Salz-Lösung, Muskel-Beruhigungsmittel und Antibiotika

weitere Detail's / Links:
https://de.wikipedia.org/wiki/Mukoviszidose (wikipedia)

Aufgaben zum Exkurs:

1. *Entwickeln Sie eine Skizze zur Lage des CFTR-Protein's in der Zellmembran und zum prinzipiellen Bau des Tunnel's! Orientieren Sie sich dabei an den Modell-Skizzen für die regulierten, passiven, Protein-gebundenen Transport-Vorgänge!*
2. *Erläutern Sie die Arbeitsweise eines CFTR-Kanal's!*
3. *Warum führt ein verändertes Tunnel-Protein zu Funktions-Verlusten? Geben Sie eine mögliche Erklärung an!*
4. *Erstellen Sie zuerst ein Fluss-Diagramm für die Vorgänge um die CFTR-Kanäle und begleitende Erscheinungen! Erweitern Sie dann das Fluss-Diagramm unter Verwendung roter Pfeile und Kennzeichen um die Sachverhalte bei einer Mukoviszidose!*
5. *Begründen Sie die Zusammensetzung der Inhalations-Lösung für die Inhalations-Behandlung!*
6.

2.1.4.2.6. Zusammenspiel verschiedener Proteine der Zellmembranen

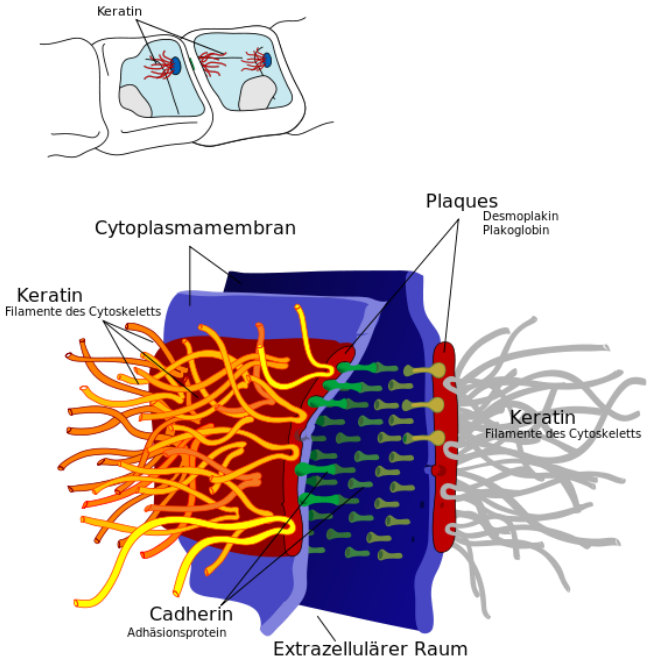


Desmosomen im EM-Bild
Q: http://www.columbia.edu/itc/hs/medical/-sbpm_histology_old/lab/micro_popup41.html

Für die Erfüllung gemeinsamer Aufgaben, der direkten Kommunikation oder dem Stoff-Austausch zwischen zwei Zellen ist im Normalfall ein unmittelbarer und stabiler Kontakt zwischen diesen notwendig.
An den Kontaktstellen müssen mehrere unterschiedliche Funktionen realisiert werden. So müssen die Zellen aneinander haften. Bestimmten Stoffe muss die Passage ermöglicht werden, während anderen eine Durchwanderung verwährt werden soll. Weiterhin ist die Übertragung von chemischen und / oder elektrischen Signalen notwendig.
Die konkreten Teilaufgaben werden jeweils von stark spezialisierten Proteinen realisiert.
So verwirklichen einige ausschließlich die Zell-Zell-Kontakte, während andere einen bestimmten Stoff (oder Stoffe einer Stoff-Gruppe) von einer Zelle in die andere transportieren.
Beide Zellen konzentrieren dazu an bestimmten Zellmembran-Abschnitten zumeist gleichartige oder kooperierende Proteine.

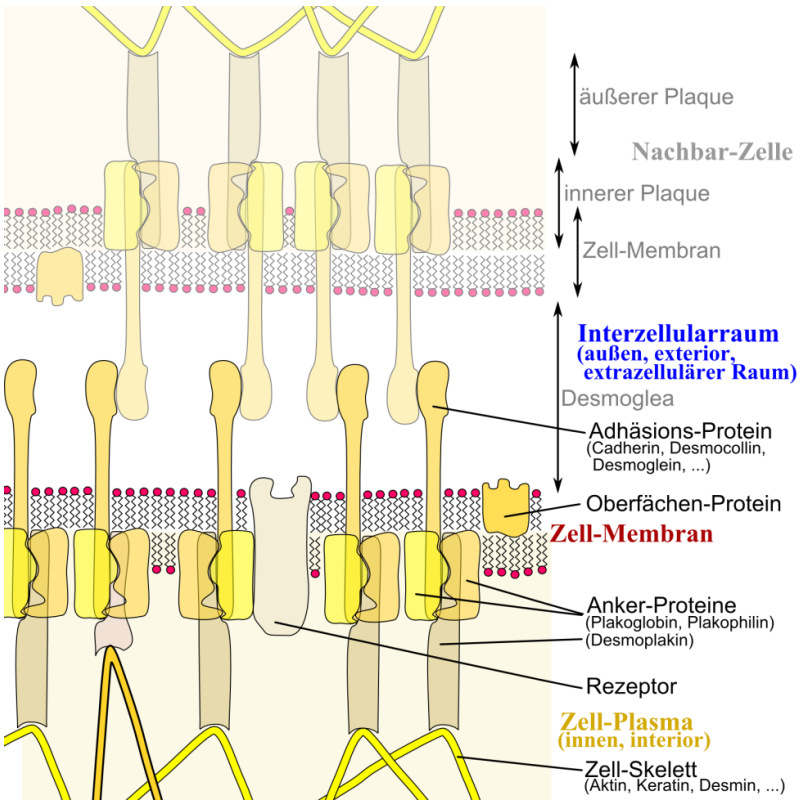
Adhering junctions / Adhäsions-Verbindungen

An vielen zellulären Kontakt-Stellen bilden die Zellen verschiedenste Protein-Systeme aus, die den einfachen Kontakt zwischen den Zellen stabilisieren und verfestigen. Praktisch stellen diese Proteine Übergangsstellen zwischen dem Zell-Inneren – z.B. dem Zell-Skelett –, der Zell-Membran und der benachbarten Zelle (deren Zell-Membran) dar.
Der grundsätzliche Bau der Adhäsionsstellen ist relativ ähnlich. Die in der Tat vorhandenen Proteine variieren dann aber doch recht stark.
Bestimmte Proteine – meist Cadherine – sitzen peripher in der Zell-Membran und stellen quasi das Kontakt-Muster dar. In der benachbarten Zelle liegen ebenfalls Cadherine in der Zell-Membran. Beide Proteine (Desmocollin und Desmoglein) verhacken sich gewissermaßen ineinander, so wie wir es prinzipiell von einem Klett-Verschluß kennen.



Adhäsions-Verbindungsstelle zwischen zwei Zellen
Q: de.wikipedia.org (LadyofHats)

Der durch diese Kontakte mechanisch stark beanspruchte Membran-Bereich wird im Inneren der Zelle durch Proteine (Desmoplakin, Plakophilin und Plakoglobin) abgefangen.
Diese befinden sich ebenfalls peripher in und auf der Zell-Membran. Ihre größeren Teile reichen in das Zytoplasma hinein. Hier entsteht so ein komplexes Gebilde aus Zell-Membran, verschiedenen Proteinen und dem Zytoplasma, was als Ganzes **Cytoplasma-Platte** (Plaque) genannt wird. Die Hauptfunktion liegt in der Verankerung und Verbindung der verschiedenen Strukturen.
Von Innen (aus dem Cytoplasma heraus) sind die verschiedensten Faser-Strukturen (des Zell-Skelett's) an diese Verankerung geknüpft.



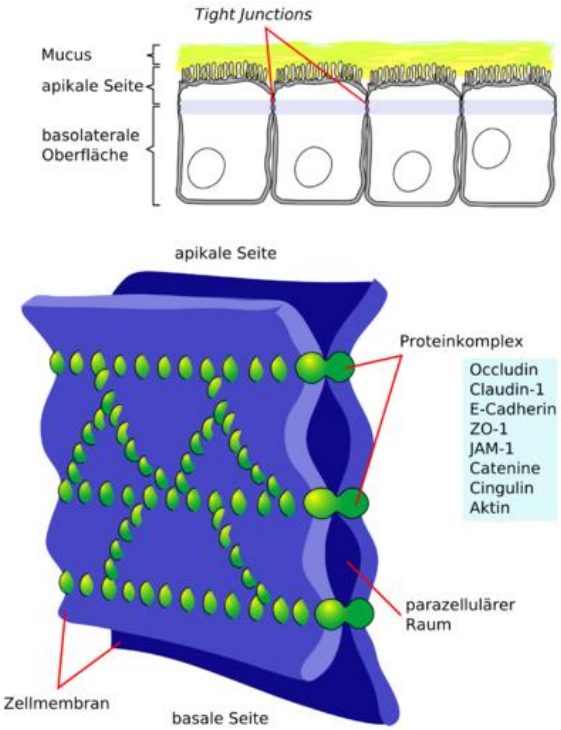
schematische Darstellung vom Bau und Zusammenspiel verschiedener Proteine in einer Zell-Zell-Kontaktstelle (Cytoplasma-Platte)

Tight junctions / Schluß-Leisten / Zell-Zell-Abdichtungen

Zwischen Zellen ergeben sich immer – mehr oder weniger – große Zwischen-Räume, die als Interzellular-Räume gekennzeichnet werden. Besonders in pflanzlichen Geweben können diese sehr groß werden. Hier dienen sie vor allem dem Transport von Gasen – also Cohlendioxid, Sauerstoff und Wasser-Dampf. Durch die festen Zellwände (→ 2.2.2. Zellwand) der pflanzlichen Zellen bleiben die Interzellular-Räume auch langfristig erhalten.

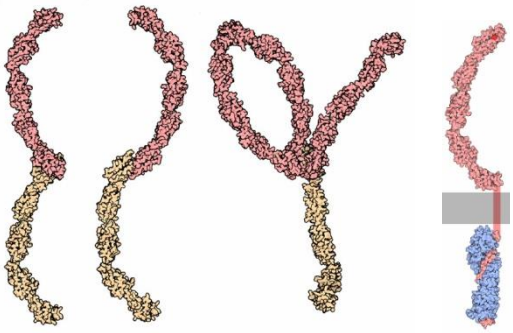
Bei tierischen Zell-Verbänden sind die Lücken üblicherweise kleiner, da die Zellen nur über wenige stabilisierende Strukturen verfügen (→ 2.6.1. Zell-Skelett). In manchen Geweben ist zudem eine stoffliche Isolierung notwendig. Gute Beispiele hierfür sind die Außen-Schichten ("Häute", Epithelien) oder auch die Blut-Hirn-Schranke. Die äußeren Zell-Schichten müssen sehr dicht sein, damit die verschiedenen Stoffe nicht unkontrolliert in oder aus dem Gewebe / Körper wandern können. Die Kontroll-Funktion sollen die äußeren Zellen erfüllen. Zwischen ihnen dürfen keine Stoffe einen unbeaufsichtigten Weg finden.

Die Epithel-Zellen verfügen zur Abdichtung über einen speziellen Protein-Dichtring. Dieser ist Gürtel-förmig um die einzelnen Zellen angelegt und verbindet an dieser Stelle die aneinandergrenzenden Zellen. Beide Zell-Membranen sind quasi wie mit einer Zick-zack- oder Stepp-Naht verbunden. Der Gürtel besteht aus einem Protein-Komplex, der sehr viele verschiedene Proteine enthält.



Aufbau und Lage der Tight Junctions
Q: de.wikipedia.org (LadyofHats)

Hier finden wir auch die oben erwähnten Adhäsions-Proteine wieder.



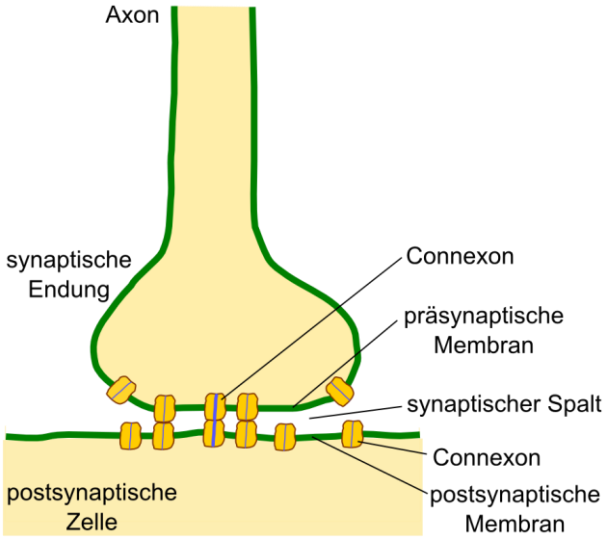
Adhäsions-Proteien Cadherin
Q: rcsb.org [Molecule of the Month]

Synapsen – die Kontaktstellen der Nervenzellen

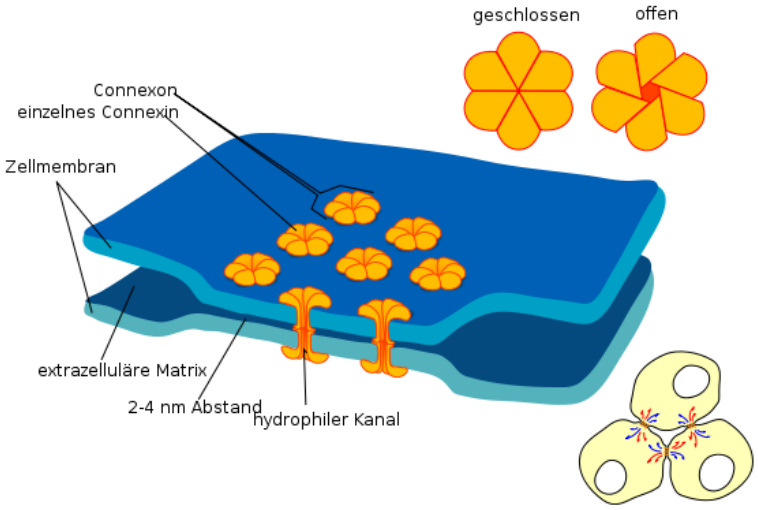
Besonders viele verschiedene Stoffe werden zwischen Nerven-Zellen ausgetauscht. Hier haben sie zumeist Signal-Wirkung. Haupt-Übertagungspunkte sind die sogenannten Synapsen. Das sind Zell-Zell-Kontaktstellen, die aus einem Bläschen-förmigen Ende der einen Nervenzelle, einem (synaptischen) Spalt und einem speziellen Zellmembran-Abschnitt der zweiten Nervenzelle bestehen. Innerhalb / Entlang einer Nerven-Zelle werden die Informationen (Erregungen) als elektrische Impulse weitergeleitet. Eine ausführliche Darstellung dieser Vorgänge finden Sie im Skript 🕮 **Neurophysiologie**.
Betrachtet man den Weg der Erregung, dann wird die Zelle vor dem synaptischen Spalt Präsynapse genannt. Wichtigstes funktionelles Element für die Signal-Übertragung ist das synaptische Endbläschen. Hinter dem synaptischen Spalt finden wir die Postsynapse. Vorrangig die Dendriten und der Zellkörper (Soma der folgenden Nervenzelle) werden als Kontaktstellen genutzt.
Die Informations-Übertragung zwischen Nerven-Zellen erfolgt durch zwei unterschiedliche Synapsen-Arten. Dabei bestimmt die Art der Informations-Übertragung über die Benennung. Bei chemischen Synapsen werden die Signale als chemische Stoff-Wolke (Transmitter-Wolke) übertragen, bei elektrischen Synapsen als elektrischer Strom (Ionen-Wanderung, Ionen-Strom).

elektrische Synapsen

Bei elektrischen Synapsen ist der synaptische Spalt extrem klein. Die Erregung wird als elektrisches Signale direkt übertragen.
Die direkten Erregungs-Übertragungspunkte werden durch Tunnel-Proteine – die Connexine – gebildet. Sechs dieser Proteine bilden eine Einheit – eine (hexagonale) Pore, die Connexon genannt wird.
Kleine wasserlösliche Moleküle und Ionen können die geöffnete Pore passieren (hydrophiler Kanal).
Die Poren der präsynaptischen und der postsynaptischen Membran (Halbkanäle) liegen so übereinander, dass durch die Poren die Ionen oder
Moleküle direkt von einer Zelle in die andere gelangen können (Vollkanal, Tunnel).
Die Bewegung von Ionen entpricht einem elektrischen Strom. Dadurch kommt es zur Umverteilung von Ladungen – und das sind genau die (elektrischen) Impulse, welche die Erregungen in unserem Nervensystem darstellen.
Die elektrischen Synapsen werden auch als gap junctions (Gap junctions, gap: engl.: Lücke) bezeichnet.



elektrische Synapse



Gap Junction einer elektrischen Synapse
Q: de.wikipedia.org ((LadyofHats +) Kuebi)

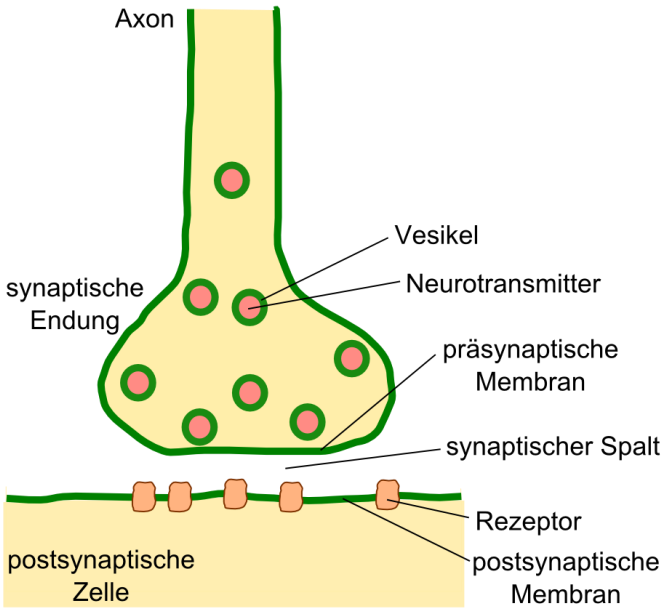
Sie kommen z.B. in der Herz- und Gebärmutter-Muskelatur vor.
Kurz vor der Geburt wird die Muskelatur verstärkt mit Gap Junctions ausgestattet. Diese gestatten die synchrone Arbeit der gesamten Muskelatur (Wehen) quasi als Syncycium (Zell-Zusammenschluß).
Ansonsten findet man Gap Junctions bei Säugetieren auch in vielen anderen Geweben. Im Zentralnervensystem stellen sie z.B. die Verbindungen von Glia-Zellen untereinander her.

böse Frage zwischendurch:

Wie ist es möglich, dass bei zwei gegenüberliegenden und eigenständigen Zellen viele (mehr oder weniger alle) solcher Poren immer genau so angeordnet sind, dass stabile Protein-Brücken entstehen? (anders gefragt: Wie positionieren sich die Halbkanäle in den gegenüberliegenden (und zu verschiedenen Zellen gehörenden) Membran-Bereichen immer genau gegenüber?)

chemische Synapsen

Chemische Synapsen haben nur auf den ersten – oberflächlichen – Blick hin den gleichen Aufbau.
Bei chemischen Synapsen besteht kein direkter Kontakt zwischen dem synaptischen Endköpfchen (Präsynapse) und der postsynaptischen Membran (Postsynapse). Der synaptische Spalt ist durchgehend rund 20 bis 50 nm breit. Das entspricht einer Entfernung bis zum 10fachen der Membrandicke. Eine direkte elektrische Übertragung des Aktions-Potential ist damit ausgeschlossen.
Im Inneren der Endköpfchen befinden sich eine Vielzahl von (exocytischen) Vesikeln mit chemischen Inhaltstoffen.
Die Stoffe werden Neurotransmitter (Botenstoffe) genannt, da sie für die eigentliche Signalübertragung verantwortlich sind.



Bau einer Synapse

An der postsynaptischen (subsynaptischen) Membran findet man Rezeptor-Proteine, die auf bestimmte Botenstoffe (Neurotransmitter oder interne Signal-Geber) reagieren. Sie sind meist selektiv für bestimmte Ionen durchlässig oder können es werden (Ionen-Kanäle).
Die Ionen-Kanäle werden von den Transmittern beeinflusst. Es gibt Synapsen mit den unterschiedlichsten Neurotransmittern. Die wichtigsten Botenstoffe (Transmitter) sind:

- Acetylcholin (ACh, AcCh)
- γ–Aminobuttersäure (GABA)
- Glutamat
- Glycin
- Noradrenalin

und

- Serotonin.

In den Nervensystemen kennt man aber auch Synapsen, die ATP oder (Neuro-)Peptide als Neurotransmitter benutzen. Insgesamt schätzt man die Zahl der Transmitter auf ungefähr 100.
Besonders in der postsynaptischen Membran sind verschiedene Kanal-Proteine eingelagert, die durch die Neurotransmitter beeinflusst werden.
Die Präsynapse enthält dagegen einige Transporter für die Rückgewinnung / den Rücktransport der ausgeschütteten Neurotransmitter bzw. deren Abbau-Produkte.
Zu den speziellen Vorgängen, die bei der Signal-Übertagung an Synapsen ablaufen, finden Sie ausführlichere Beschreibungen im Skript 🕮 **Neurophysiologie**.

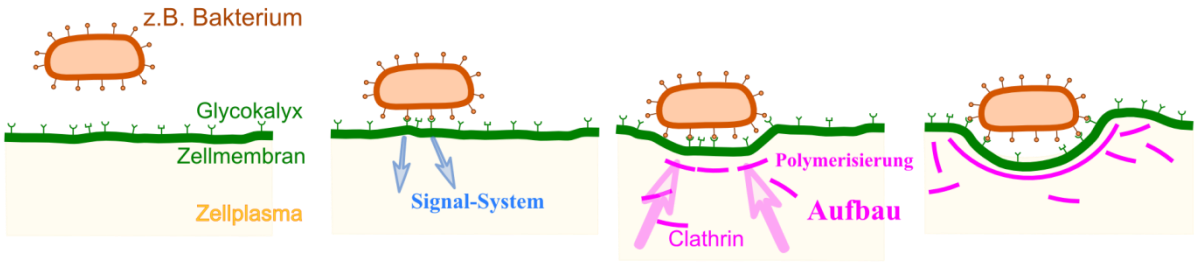
(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

2.1.4.3. Membran-verlagernde Transport-Vorgänge / Membran-basierte Transporte

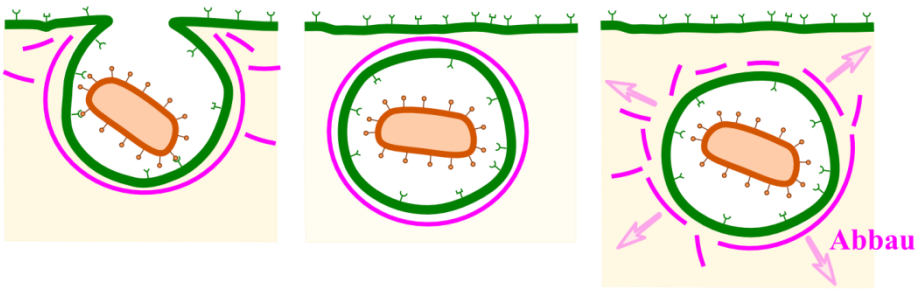
Bei den bisher besprochenen Transport-Vorgängen hatte die Membran an sich eigentlich nur eine trennende Funktion. Höchstens die eingebauten Proteine führten Transporte mit meist eher kleinen Teilchen oder Molekülen aus.
Bei den nachfolgenden Transporten ist die Membran selbst am Vorgang beteilt. Größere Abschnitte der Membran verändern dabei ihre Position und Lage. Praktisch kommt es zur Bildung oder Auflösung von Vesikeln (Bläschen).

2.1.4.3.1. Endocytose

Die Endocytose ist der erste Transportprozess, den wir auch direkt mikroskopisch beobachten können. Besonders gut beobachtbar ist die Endocytose größerer Objekte – wie z.B. Nahrungspartikel (z.B. Bakterien oder Hefe-Zellen). Diese können für ein noch besseren Sichtbarkeit mit sogenannten Vital-Farbstoffen (z.B. Methylenblau oder Neutralrot) angefärbt werden.
Kommt es zum Kontakt von Bakterium oder etwas Ähnlichem und der Zellmembran, dann stellen Membran-Rezeptoren (in der Glycocalyx) Verbindungen her. Die fressende Zelle (Phagocyt) erkennt die Nahrung an ihrer Oberfläche (Schlüssel-Schloß-Prinzip). Die dort vorkommenden Proteine "verraten" die "Nahrung" od.a. Merkmale. Nach und nach wird immer mehr Bakteriums-Oberfläche von der "Fresser"-Membran umschlossen.



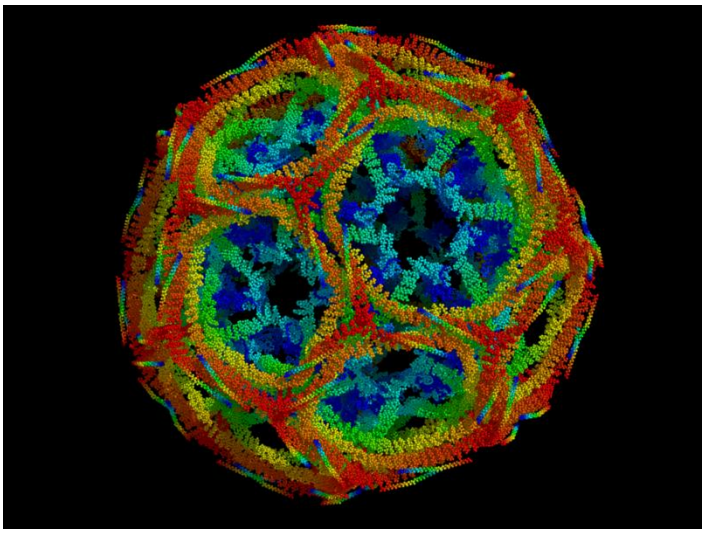
Irgend wann ist es dann nur noch eine Frage der Oberflächenspannung und es bildet sich ein Bläschen mit einem Bakterium als Inhalt. Die Zelloberfläche verschließt sich wieder und steht für eine neue Nahrungsaufnahme wieder bereit.



Im Falle der Aufnahme fester Objekte spricht man als Spezialfall der Endocytose von einer **Phagocytose** (griech.: phagein = essen). Bei flüssigen Stoffen nennt man es demgegenüber **Pinocytose** (griech.: pinein = trinken).

Die Bildung von nach innen gestülpten Bläschen wird durch verschiedene Proteine (z.B. Clathrin) verstärkt, die Muskelfaser-ähnliche und Struktur-bildende Funktionen haben.

Clathrin ist ein Protein mit einer Stern-förmigen, dreizackigen Struktur (Triskelion). Das Clathrin bildet durch Zusammenlagerung (Polymerisierung) der "Zacken" eine gitterartige Hüllstruktur (wie ein Radar-Dom). Wenn außen an den Rezeptoren (Glycocalyx) bestimmte Stoffe andocken, dann bewirken die aktivierten Rezeptoren eine weitere Ansammlung dieser Proteine an der Membranstelle. Durch den immer weitergehenden Ausbau der – letztendlich kugelförmigen – Gitterstruktur entsteht eine Eindellung der Zellmembran. Diese führt zur Bildung eines Bläschens (Vesikels).
Nach der Abschnürrung des Bläschens zerfällt die äußere Clathrin-Struktur.



Clathrin-Polymer (die Stern-förmigen Monomere sind in verschiedenen Farben dargestellt)
Q: de.wikipedia.org (Phoebus87)

Neben dem Clathrin haben sogenannte Flippasen (ATP-abhängige Enzyme) einen Einfluß auf die Verteilung der Phospholipide in den beiden Elementar-Layern der Doppel-Lipid-Schicht. Dadurch kommt es zu Verzehrrungen, die zu Krümmungs-Erscheinungen der Membran führen.

Die Nahrungs-Bläschen (Phagosomen) verschmelzen später mit Lysosomen (➔ GOLGI-Apparat). Die Lysosomen beinhalten verschiedene "Verdauungs"-Enzyme. Die Enzyme sorgen dann für eine Zerlegung des Bläscheninhalts (z.B. Bakterien, Hefen usw.) in kleine monomere Moleküle. Diese werden dann durch die schon beschriebenen Transportvorgänge "ins Zellinnere transportiert", wo sie für weitere assimilatorische oder dissimilatorische Vorgänge genutzt werden.

"böse" Fragen zwischendurch:

1. *zur Betonung "ins Zellinnere transportiert" im letzten Absatz: Ist das Nahrungsbläschen bzw. deren Inhalt nicht schon "Zellinneres"?*
2. *Welche assimilatorischen oder dissimilatorischen Vorgänge sind den hier gemeint?*

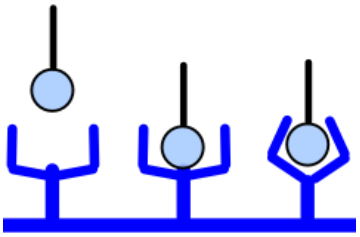
Die Endocytose an sich läuft ohne ATP-Verbrauch ab. Dies gilt aber nur für den eigentlichen Transport-Vorgang. Um Clathrin zu produzieren, wird natürlich Energie verbraucht. Auch die Zerlegung der polymerisierten Clathrin-Struktur (Clathrin-Hülle) erfolgt durch ein ATP-abhängiges Enzym. Indirekt handelt es sich also um einen aktiven Transport-Vorgang. Dies wird auch dadurch deutlich, dass nur lebende Zellen die Endocytose durchführen.

Für die Erkennung von geeigneten Aufnahme-Objekten haben wir für die Zelle die Rezeptoren beschrieben. Die Kontakt-Aufnahme erfolgt nach dem Schlüssel-Schloß-Prinzip.

weitere Informationen zur Endocytose

Wenn nun aber das Außen-Medium an der Zell-Oberfläche vorbeiströmt, dann sind die Haft-Kräfte in den Rezeptoren viel zu klein. Für solche Bedingungen haben Zellen spezielle Rezeptoren entwickelt. In diesen kann das Oberflächen-Protein (z.B. des Bakterium's) leicht einrasten. Wenn das Protein dann aber wegen der Strömung rausgerissen werden soll, dann verharkt sich das Oberflächen-Protein fest im Rezeptor. Man spricht von **catch bound**s (Fang-Bindungen).

Das Prinzip ist mit einer chinesischen Fingerfalle bzw. mit einem Widerhaken vergleichbar. In modernen Plastik-Klettsystem ist das Prinzip nachempfunden. Das Prinzip ist hier eine **Kraft-schlüssige Verbindung** (**force activated bond**). Modell-mäßig entspricht das der **induzierten Passung**.



catch bound-System

Bei beweglichen Objekten wird die Bindung an der Vorderseite eingerastet, in der Mitte gehalten und dann am Hinterende ev. wieder gelöst. Es entsteht dann der Eindruck, dass das Fremd-Objekt auf der Oberfläche gebremst entlang gleitet oder rollt.

Mittels solcher catch bound-System docken z.B. Makrophagen (bestimmte weiße Blutkörperchen) an entzündeten Stellen an. Hier haben sich die Oberflächen-Proteine geändert und die Makrophagen erkennen diese.

Auch bei der Befruchtung spielt dieses prinzip eine Rolle. Die Eizellen fangen auf diese Weise die Samenzellen an der Oberfläche ein. Die Proteine von Ei- und Samenzelle werden Izumo und Juno genannt. In der Eizelle folgt dann eine Signal-Kaskade, die u.a. über Oberflächen-Proteine das Aufrichten und Eindringen der ersten Samenzelle ermöglicht und dann (über eine massive Zn^{2+}-Ionen-Ausschüttung) eine undruchdringliche Sperre für die restlichen Samenzellen aufbaut.

Phagocytose bei Amöben

Materialien / Geräte:
Amöben, Pantoffeltierchen, Plasteline- od. Wachs-Kügelchen

Vorbereitung:
- Amöben für 2 bis 3 Tage in eine Hunger-Kultur (ohne Nahrung) geben

Durchführung / Ablauf:
- Objektträger mit vier kleinen Plasteline- od. Wachs-Kügelchen versehen (an den Ecken für das Deck-Gläschen)
- je ein Tropfen Pantoffeltierchen- und Amöben-Kultur auf dem Objekträger geben und Deck-Gläschen vorsichtig aufsetzen; ev. etwas andrücken, falls die Beobachtungs-Schicht zu dick ist

Fütterung von Pantoffeltierchen mit vital-gefärbter Hefe

Grundlagen / Prinzipien:

Materialien / Geräte:

geeignetes Material: , …

Hinweise:
- statt der (mit Methylblau vital-) gefärbten Hefe kann ersatzweise auch Kamin-Pulver verwendet werden

Vorbereitung:

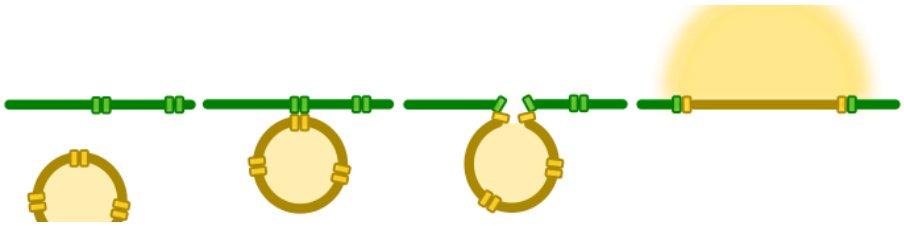
Durchführung / Ablauf:
-

Zusatzuntersuchung:

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

2.1.4.3.2. Exocytose

Die unverdaulichen Reste der Nahrungsbläschen, aber auch andere Visikel (mit Stoffwechselabfallprodukten), müssen irgendwann entsorgt werden. Zellen nutzen dazu einfach die Umgebung. Die Bläschen wandern irgendwann an die Zellmembran und verschmelzen mit dieser. Man kann sich das so vorstellen, wie Luftblasen, die im Wasser aufsteigen und dann an der Oberfläche zerplatzen. Der Inhalt der Bläschen ergießt sich in die Umgebung.
Gesteuert wird das "Zerplatzen" der Vesikel aus dem Cytoplasma durch spezielle Protein-Dimere.
Dieses liegt in der Zellmembran und hat je Monomer eine Kontaktstelle für ein Protein der Vesikel-Membran.

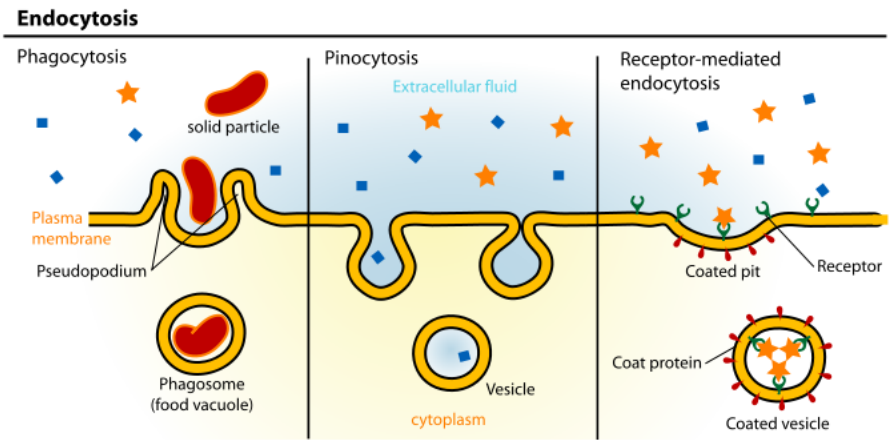


Dieses Vesikel-Protein ist ebenfalls als Dimer in der Membran eingelagert. Kommt es zum Kontakt der beiden Protein-Dimere, dann lösen sich die Bindungen zwischen den Dimeren und machen so eine Öffnung auf. Die Vesikel-Membran wird letztendlich in die Zellmembran integriert.
Die **Exocytose** wird auch auch **Ptyocytose** oder **Extrusion** genannt. Insofern entspricht die Exocytose einer umgekehrten Endocytose. Ein Clathrin-Gerüst ist hier nicht notwendig. Die Bläschen verschmelzen aufgrund der Oberflächenspannung mit der Zellmembran. Praktisch läuft die Exocytose ohne Energie-Aufwendung durch die Zelle ab.
Spezielle – von den Zellen gebildete – Stoffe, wie z.B. Milch (bei den Säugetieren in den Milch-Drüsen) oder Sekrete (z.B. Verdauungs- od. Schleim-Drüsen) werden ebenfalls durch Exocytose in die Drüsen-Gänge abgegeben. Die Stoffe werden u.a. am Endoplasmatischen Retikulum (→ 2.5.1. Endoplasmatisches Retikulum) und im GOLGI-Apparat (→ 2.5.2. GOLGI-Apparat) produziert und in Membran-Bläschen (Vesikel) verpackt. Nach und nach wandern sie dann in Richtung Zellmembran (z.B. zum Drüsen-Kanal oder in Richtung Umgebung).

interessante(r) Internet-Link(s):
http://www.youtube.com/watch?v=4gLtk8Yc1Zc&feature=related (Animation: Endo- und Exocytose)
http://www.youtube.com/watch?v=7VQU28itVVw&feature=related (Animation: Phago- und Ptyocytose)

Aufgaben:

1. *Erläutern Sie die in der Abbildung gezeigten Vorgänge! Geben Sie passende deutsche Begriffe für die englischen Beschriftungen an!*



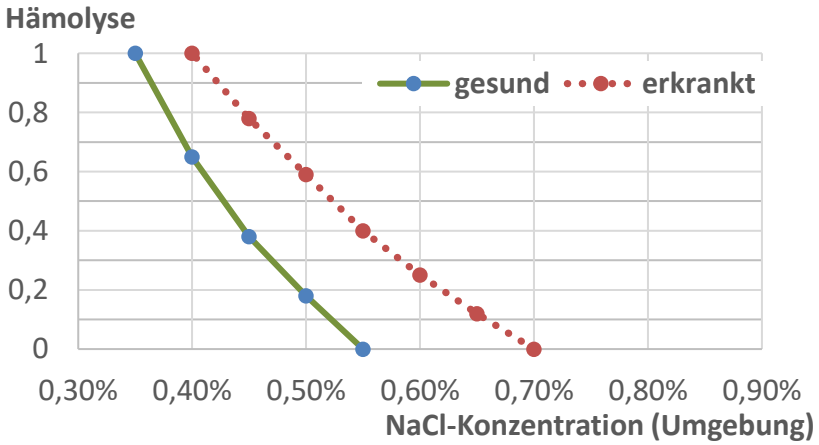
Q: commens.wikimedia.org (LadyofHats)

Kugelzell-Anämie

rote Blutkörperchen haben statt dem normale bikonkaven (Hantel-förmigen) Aussehen eine Kugel-Form
Ursache ist ein fehlerhaftes Protein des Zell-Skelett's, dass für die Abflachung verantwortlich ist

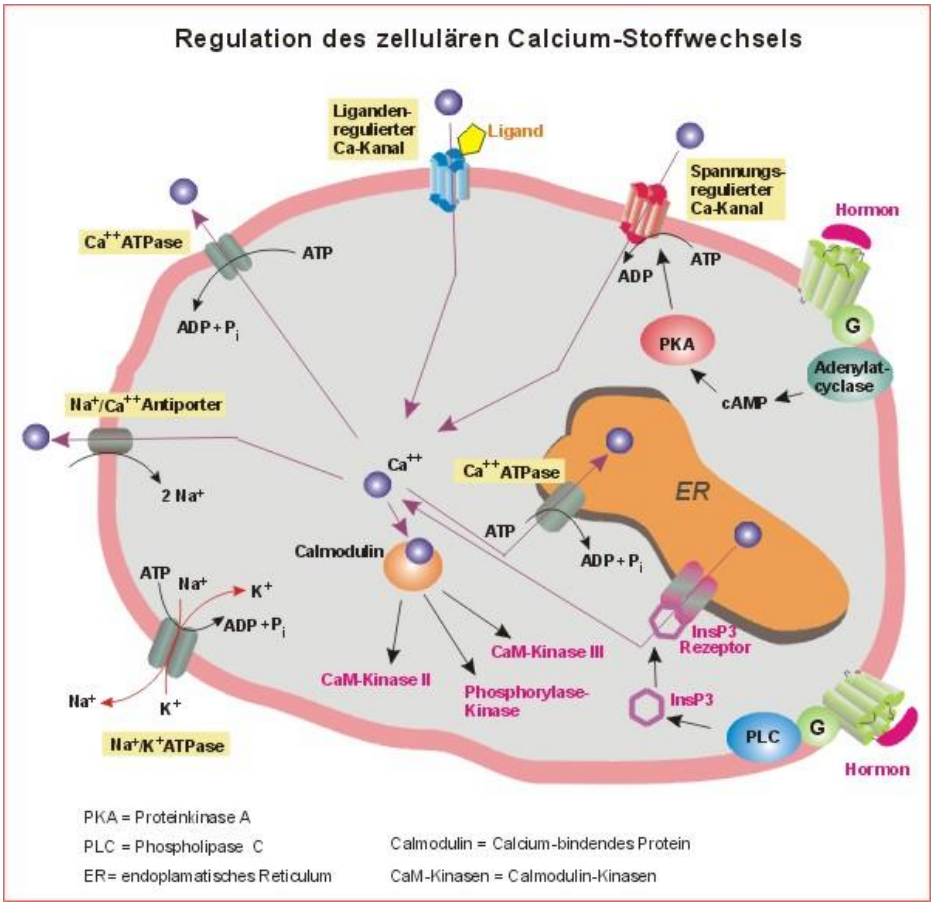
Funktions-Prüfung der Roten Blutkörperchen im Labor mit verschieden starken Natrium-chlorid-Lösungen
dabei wird die geringere osmotische Toleranz der Kugel-förmigen Erythrozyten getestet

die Kugel-förmigen Erythrozyten kommen schon mit einer wenig kleineren NaCl-Konzentration nicht mehr klar, sie nehmen stark Wasser auf und platzen schnell, da es keine inneren stabiliserenden Strukturen des Zell-Skelett's gibt
dies bezeichnet man als Hämolyse



sie lässt sich im Labor gut beobachten, man zählt dabei die geplatzen Erythrozyten im Vergleich zu den noch intakten

bei einfachen Test's wird einfach etwas Blut in verschieden konzentrierte Salz-Lösungen getropft
in den Lösungen, in denen die Blutkörperchen platzen, färbt sich die gesamte Lösung rot
nicht-geplatzte (nicht-betroffene) Blutkörperchen setzen sich unten ab und verfärben die Salz-Lösung kaum



Q: biochemie.med.uni-muenchen.de/biotutor_2004/Calcium.jpg

Import, Export und Wirkung von zellulärem Calcium.

Calcium wird aus dem Cytosol durch eine Calcium-abhängige ATPase und einen Natrium-Calcium-Antiporter in der Zellmembran exportiert;
in das Endoplasmatische Reticulum wird es durch eine Calcium-abhängige ATPase eingeschleust (Speicherung).

Der Einstrom von Calcium aus dem extrazellulären Raum wird geregelt durch spannungsregulierte und Liganden-regulierte Calciumkanäle, sowie
durch den Ausfluss von Calcium aus dem ER. Der letztere Prozeß wird kontrolliert durch Inositoltrisphosphat in Verbindung mit einem
entsprechenden Rezeptor; das Inositoltrisphosphat wiederum entsteht durch Spaltung von Inositolphospholipid mit Phospholipase C,
die über einen 7-Transmembranrezeptor durch Hormon aktiviert wird. Die spannungsregulierten Calciumkanäle werden durch Depolarisierung
der Zelle aktiviert und weiter zur Öffnung stimuliert, indem die Kanalproteine durch PKA phosphoryliert werden; die cAMP-abhängige PKA wird gesteuert durch Hormonrezeptoren. Die Liganden-regulierten Calciumkanäle öffnen sich, wenn an sie Liganden - Hormone wie Vasopressin, Leukotriene oder extrazelluläres ATP - gebunden werden.

Das intrazelluläre Calcium wird an Calmodulin gebunden. Der Ca/Calmodulin-Komplex kann verschiedene Kinasen aktivieren.

Q: biochemie.med.uni-muenchen.de/biotutor_2004

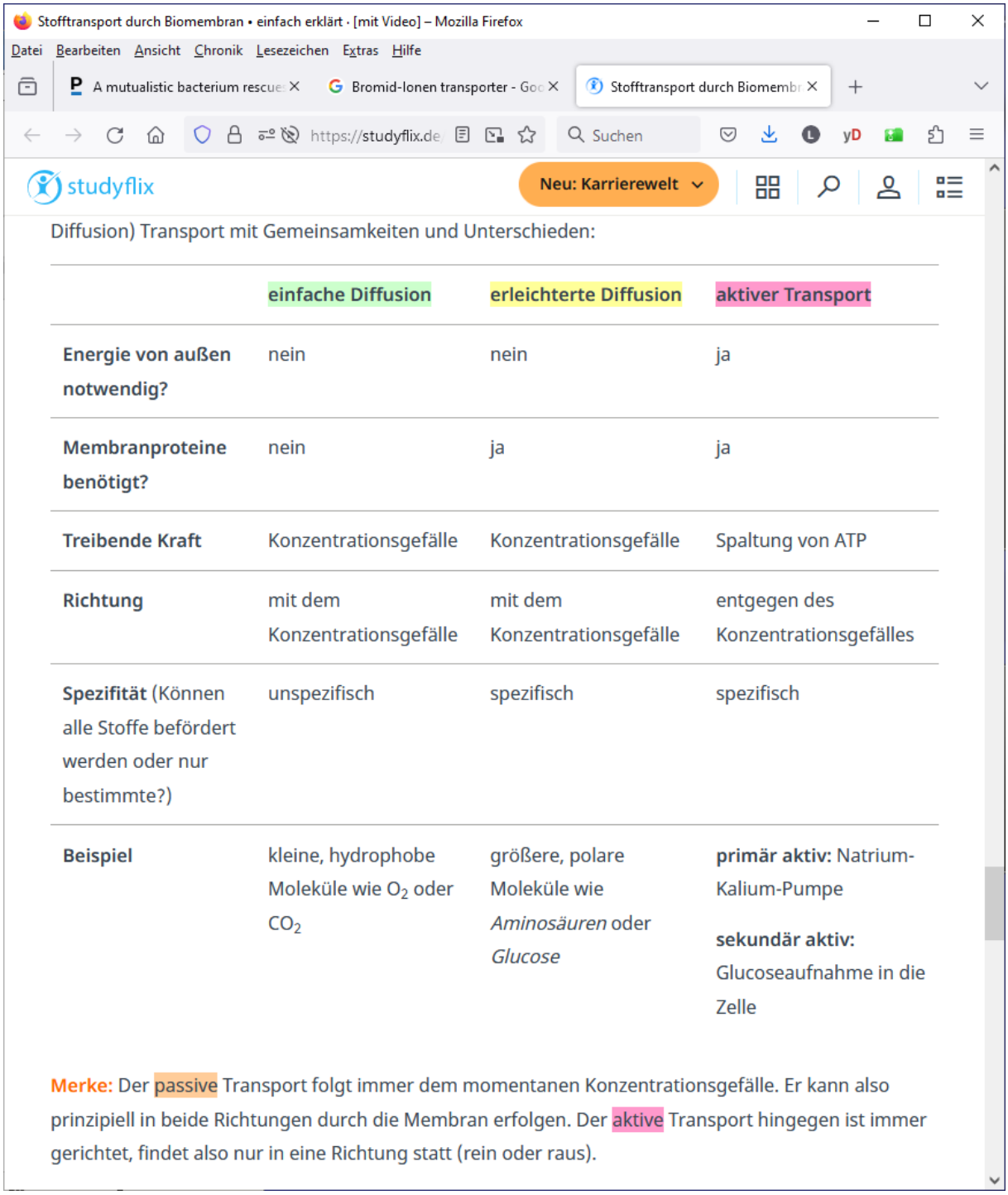
komplexe Aufgaben:

1.

2. Übernehmen Sie die Tabelle in Ihre Aufzeichnungen und vergleichen Sie darin die verschiedenen Transport-Vorgänge! Kennzeichnen Sie die Gemeinsamkeiten durch farbiges Umrahmen der Tabellen-Zellen!

	einfache Diffusion Permeation	**erleichterte Diff. passive Transporte**	**aktive Transporte**
Membran-gestützt?			
Protein-gestützt?			
Stoff-Spezifität?			
Energie notwendig?			
treibende Kraft			
Energie-Quelle?			
Transport-Richtung			
Endzustand der Konzentrationen			
bekannte Beispiele			

3. Erstellen Sie einen (dichotomen) Bestimmungs-Baum (Bestimmungs-Schlüssel) für die bekannten Transport-Vorgänge! (Die Entscheidungs-Fragen dürfen immer nur mit Ja oder Nein (Zutreffend oden Nichtzutreffend) beantwortet werden!)



Diffusion) Transport mit Gemeinsamkeiten und Unterschieden:

	einfache Diffusion	erleichterte Diffusion	aktiver Transport
Energie von außen notwendig?	nein	nein	ja
Membranproteine benötigt?	nein	ja	ja
Treibende Kraft	Konzentrationsgefälle	Konzentrationsgefälle	Spaltung von ATP
Richtung	mit dem Konzentrationsgefälle	mit dem Konzentrationsgefälle	entgegen des Konzentrationsgefälles
Spezifität (Können alle Stoffe befördert werden oder nur bestimmte?)	unspezifisch	spezifisch	spezifisch
Beispiel	kleine, hydrophobe Moleküle wie O_2 oder CO_2	größere, polare Moleküle wie *Aminosäuren* oder *Glucose*	**primär aktiv:** Natrium-Kalium-Pumpe **sekundär aktiv:** Glucoseaufnahme in die Zelle

Merke: Der passive Transport folgt immer dem momentanen Konzentrationsgefälle. Er kann also prinzipiell in beide Richtungen durch die Membran erfolgen. Der aktive Transport hingegen ist immer gerichtet, findet also nur in eine Richtung statt (rein oder raus).

2.1.5. interzelläre Kommunikation

Die Zellen in Geweben und Organen, aber natürlich auch innerhalb eines Organismus' müssen irgendwie miteinander kommunizieren. Z.B. müssen die Zellen gemeinsam auf Veränderungen ihrer Umwelt reagieren oder zur gleichen Zeit bestimmte Veränderungen (z.B. die Reife von Geschlechts-Zellen) organisieren.
Wir kennen zwei Möglichkeiten, mit denen sich Zellen unterhalten können. Als Informations-Träger eignen sich elektrische oder chemische Signale. Die elektrische Signal-Übertragung wird auch **neuronale Kommunikation** genannt. Diese Form der Kommunikation findet immer direkt zwischen zwei Zellen statt.
Jede Zelle besitzt an ihrer Zellmembran ein elektrische Spannung (Potential). Dabei sind im Inneren mehr negative Ladungen vorhanden und außen entsprechend mehr positive. Durch spezielle Kanäle und Ionen-Pumpen werden die Potentiale verstärkt und aufrechterhalten. Durch äußere Reize – z.B. chemische, elektrische oder mechanische Einwirkungen – kann es zum kurzzeitigen Zusammenbruch des normalen Membran-Potentials kommen. Dieses nennen wir Aktions-Potential. Die Aktions-Potentiale wandern über weitere Teile der Zellmembran. Sie können dann über spezielle Strukturen – die sogenannten Synapsen – auf nachfolgende Zellen übertragen werden. Für diese sind die elektrischen Signale dann praktisch wieder Reize. Je nach Zell-Typ reagieren die nachfolgenden Zellen dann unterschiedlich. Nerven-Zellen verarbeiten die Aktions-Potentiale ihrer Nachbar-Zellen zu neuen Aktions-Potentialen. Diese werden dann ev. auf weitere nachfolgende Zellen übertragen. Eine genaue Beschreibung der Vorgänge an Nerven-Zellen finden Sie in Büchern die Neurophysiologie, so auch im Skript 🕮 **Neurophysiologie** dieser Reihe.
Bei der Kommunikation mittels chemischer (Signal-)Stoffe ((primäre) Messenger) unterscheidet man die **parakrine** und die **endokrine bzw. hormonelle Kommunikation**. Chemische Informations-Übertragung ist prinzipiell eine indirekte Kommunikation. Die Zellen sind oder können weit voneinander entfernt (sein). An Zell-Zell-Kontaktstellen kommt es aber auch zur direkten Kommunikation.
Die **parakrine Kommunikation** funktioniert praktisch über alle Stoffe, für welche die empfangende Zelle Rezeptoren oder Kanäle hat. Auf diese Vorgänge sind wir in den voherigen Abschnitten ausführlich eingegangen (→ 2.1.3. Rezeptionsvorgänge an Biomembranen und 2.1.4.2. Protein-gebundene Transport-Vorgänge / Transmembran-Transporte). Häufig werden die Signalstoffe auch von der Empfänger-Zelle aufgenommen und weiter verarbeitet.
Praktisch können natürlich auch Mangel-Erscheinungen (- welche die "sendende" Zelle erzeugt hat -) eine Kommunikation mit der Nachbarzelle entstehen lassen. Z.B. könnte diese dadurch zur Nachbildung des mangelnden Stoffes angeregt werden.
Wenn eine Zelle auf ihren eigenen Signal-Stoffe reagiert, dann spricht man von autokriner Kommunikation. Diese spielt bei vielen Kontroll- und Regulations-Prozessen eine Rolle.
Bei der **endokrinen oder hormonellen Kommuniktion** werden spezielle Stoffe als Messenger benutzt. Diese haben praktisch nur einen Nutzen als Signalstoff. Zumeist reichen schon sehr geringe Mengen, um bei der Empfänger-Zelle eine Reaktion auszulösen. Die sendende und die empfangende Zelle liegen zumeist weit entfernt. Die Hormone – wie diese Signalstoffe auch genannt werden – können über das Blut oder andere Körper-Flüssigkeiten transportiert werden. Bei der Organismus-Organismus-Kommunikation sind aber auch Luft oder Wasser als Übertragungs-Medium möglich.
Bestimmte Hormone wirken über Rezeptoren in der Zell-Membran. Dies trifft besonders für die Wasser-löslichen Hormone zu. Fett-lösliche Hormone wirken erst im Inneren der Zelle. Dort sind es intrazelluläre Rezeptoren, die auf die Signalstoffe reagieren. Nachdem die Rezeptoren Kontakt mit ihren Messengern hatten, verändern weitere Signalstoffe (sekundäre Messenger) z.B. bestimmte Reaktionswege. Durch andere Hormonen werden z.B. Prozesse aktiviert oder deaktiviert (Zell-Teilung, Produktion bestimmter Proteine und Substanzen, …).
Die Hintergründe / Prinzipien zu den Vorgängen sind unter → 2.1.3.1. mögliche Wirkung des sekundären Messenger / des Signalstoffes im Stoffwechsel der Zelle und → 2.1.3.2. Wirkprinzipien von Hormonen beschrieben worden.

2.1.6. chemische Kommunikation

Ein Großteil der chemischen Kommunikation in der Biologie funktioniert über Rezeptoren. Das Grundprinzip, was wir hier auf zellulärer Ebene vorgestellt haben, kann auch auf höhere Strukturen – wie z.B. Gewebe, Organe und Organismen – übertragen werden.
Rezeptoren sind die wichtigsten Empfänger von chemischen Signalen.
Die Spannbreite der Signal-Stoffe (Boten-Stoffe, Messenger) ist sehr groß und kann auf sehr unterschiedliche Weise gegliedert werden.
Signal-Stoffe – auch **Semiochemikalien** genannt, die intraspezifisch – also innerhalb der eigenen Art wirken, werden **Pheromone** genannt (BROWN, EISNER, WHITTAKER, 1970). Bei den Pheromonen unterscheidet man **Releaser**, die Verhaltens-Veränderungen beim Empfänger hervorrufen und **Primer**, die physiologische Veränderungen bewirken. Primer können z.B. die Aktivität von Proteinen – zumeist Enzyme – verändern / modulieren (→ 🕮 **Stoff- und Energiewechsel**)
Allelochemikalien sind interspezifische Signal-Stoffe. Signale-Geber und -Empfänger gehören also unterschiedlichen Arten an. Eine erste Besprechung solcher Substanzen geht auf MOLISCH (1937) zurück.
Sind die Signale nur für den Sender vorteilhaft, dann nennen wir diese **Allomone**.
Z.B. sendet die Lima-Bohne (*(s) Phaseolus lunatus*) bei einem Befall mit dem Parasiten *(s) Tetranychus urtice* (Bohnenspinnmilbe) einen Duftstoff aus, der die Raubmilbe *(s) Phytoseiulus persimilis* anlockt.
Von Bola-Spinnen (*(t) Mastophoreae*; Lassospinnen) wird der Sexual-Lockstoff (praktisch ein Pheromon) von Eulen-Faltern imitiert.
Schachtelhalmblättrige Kasuarine (*(s) Casuarina equisetifolia*; Kasuarinabaum) kommt in Wäldern Hawaii's vor und behindert trotz Wassser-Angebot bei anderen Pflanzen das Wachstum.

Walnuss-Bäume bilden die Substanz Junglon. Juglon gelangt mit den Blättern in den Boden und wird hier von Mikroorganismen in die aktive Form umgewandelt. Diese verhindert die Keimung anderer Pflanzen unter dem Baum.

Krebsschere

Bei den **Kairomone**n profitieren nur die Empfänger. Z.B. sind bestimmte Stoffe Ausdruck größerer Populations-Dichten von Räubern. Die Beute, die in der Lage ist, diese Signale aufzunehmen, bildet dann z.B. stärkere Schutz-Strukturen. Ein schönes Beispiel sind Wasserflöhe, die bei mehr Fressfeinden sogenannte "Helme" bilden. Einige Rädertierchen bilden beim Vorhandensein von Fraßfeind-Signalen z.B. Dornen.
Releaser-Kairomone
Primer-Kairomone

Signal-Stoffe können aber auch für die aussendenden und empfangenden Arten Vorteile bringen. Sie werden **Synomone** genannt.

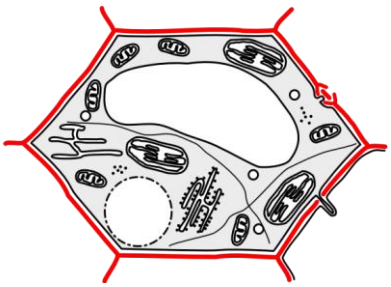
2.2. Mittel-Lamelle und Zellwand

2.2.1. Mittel-Lamelle

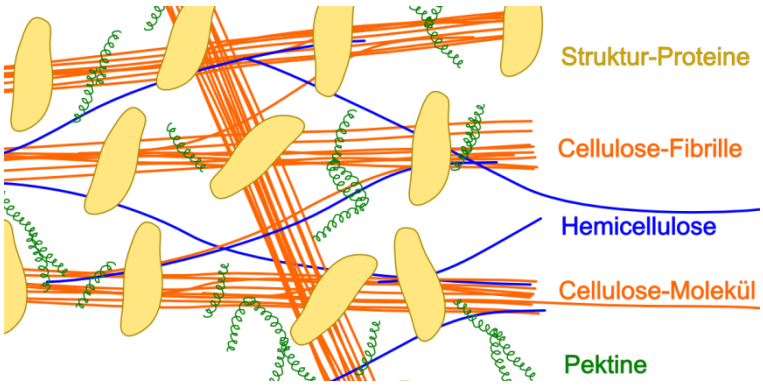
Nach der Zellteilung wird bei Pflanzen zuerst eine junge Zellwand (Primodialwand) angelegt. Sie liegt sozusagen zwischen den beiden jungen Tochter-Zellen. Die Bildung der Primordialwand vollendet die Trennung der Zellen bei der Teilung. Im Wesentlichen besteht sie aus Pektinen (Pectinen) und anderen Kohlenhydraten (Polyglucaronsäure) einschließlich deren Derivaten (z.B.: Pectinsäure).
Von Innen (aus dem Cytoplasma heraus) werden dann zuerst Membran-Abschnitte oder einzelne Phopholipide und Proteine angelagert, welche dann zusammen die neue Zellmembran bilden. Die Membran-Abschnitte werden vom Endoplasmatischen Retikulum und / oder durch den GOLGI-Apparat (→ 2.5. Endoplasmatisches Retikulum, GOLGI-Apparat und Visikel) gebildet. Zwischen Mittellamelle und Zellmembran wird später (nach dem Zellwachstum) die Zellwand – gewissermaßen eingeschoben.

2.2.2. Zellwand

Bei Pflanzenzellen ist die Zellwand die eigentlich äußerste Schicht einer Zelle. Die Zellwand besteht hier vorrangig aus Zellulose-Fasern und diversen Einlagerungen. Die bekannteste Verbindung ist das Lignin – der sogenannte Holzstoff. Auch Pilze verfügen über eine Zellwand. Statt der Zellulose fungiert Chitin (auch bekannt von den Außenskeletten der Insekten) als Trägermaterial.



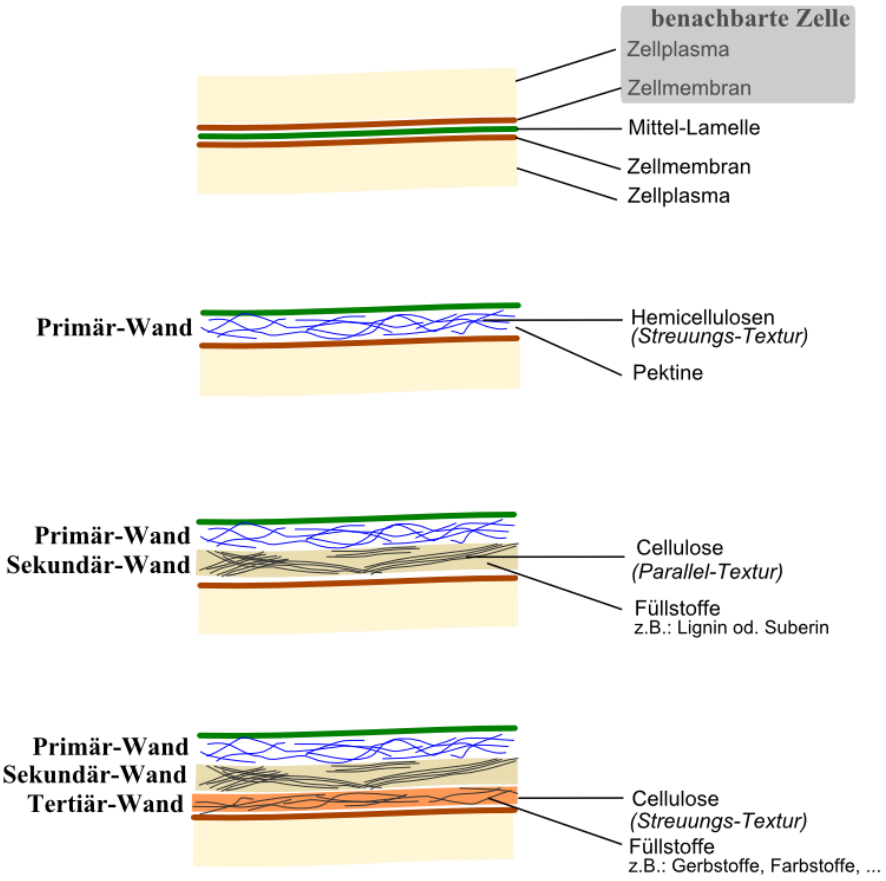
Die Zellwand wird bei Pflanzenzellen erst nach dem Abschluss des Größenwachstums (Volumen-Wachstum) angelegt. Vorher gebildete Zellwände würden ein Wachstum behindern.
Nach und nach werden verschiedene Fasern zwischen Zellmembran und Mittel-Lamelle abgelagert. Die Fasern bilden wechselnde Texturen. Die **Primärwand** besteht aus unregelmäßig verflochtenen Hemicellulose-Fibrillen (Streuungstextur) und Pektinen.
Diese erste Zellwand besitzt noch eine geringfügige Dehnbarkeit. Mit der nachfolgenden **Sekundärwand** verliert die Zellwand ihre Beweglichkeit völlig.
Die Sekundärwand wird zwischen Primärwand und Zellmembran angelegt. Parallel ausgerichtete Cellulose-Fibrillen sind in Gruppen zu dicken Fasern angeordnet (Paralleltextur). In die Zwischenräume (Interfibrillar-Räume) können verschiedene spezielle Stoffe eingelagert werden. Einer dieser Stoffe kann das Lignin sein. Lignin verklebt die Cellulose-Fasern zu einem sehr harten Gebilde – das was wir dann als Holz kennen.



schematische Darstellung der molekularen Struktur der Zellwand

Verholzte Zellwände können auch nach Absterben der Zelle noch lange erhalten bleiben.

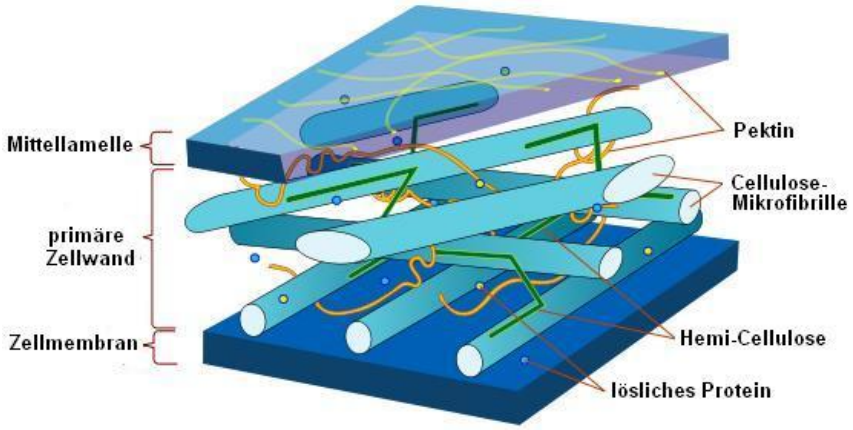
Das Lignin verhindert einen schnellen Abbau der Zellulose-Gerüste (z.B. durch Bakterien oder Pilze).



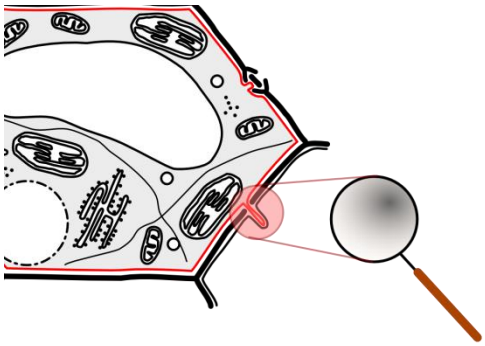
Ein anderer eingelagerter Stoff ist das Suberin – der Korkstoff. Mit Suberin verklebte Zellwände findet man in der Rinde von Bäumen und an Wund-Stellen bei Bäumen oder Sträuchern.
Eine besonders dicke Rinde bildet die Kork-Eiche (*(s) Quercus suber*). Die Rinden der verholzten Pflanzen sind im äußeren Bereich abgestorben und durch das eingelagerte Suberin noch lange Zeit beständig.
In einigen Fällen folgt beim Zellwand-Aufbau noch eine **Tertiärwand**. Die Zellulose-Fasern haben hier ebenfalls eine Streuungstextur. Eingelagert werden wieder Lignin (→ Verholzung), Suberin (→ Verkorkung) oder auch Wachse, Farbstoffe, Salze (SiO_2, $CaCO_3$) und Gerbstoffe.

Die Tertiär-Wand wird vor allem von Zellen gebildet, denen es besonders gut geht. Sie bilden innerhalb des sogenannten Tertiär-Stoffwechsels besondere Stoffe, die für die Zellen zusätzliche Effekte bringen. Dazu gehören z.B. Gerbstoffe, die Holz und Rinde ungenießbarer machen. Evolutionär bringt das dann Vorteile gegenüber Zellen / Pflanzen, die keine zusätzlichen Stoffe bilden (können). Die Produktion der Tertiär-Stoffe ist besonders Energie-aufwändig. Deshalb können nur solche Pflanzen solche Stoffe produzieren, die sehr optimale Umweltbedingungen vorfinden oder die Sonne für die Photosynthese in einem Sommer besonders häufig scheint.
Weitere Stoffe des Tertiär-Stoffwechsels (Luxus-Stoffwechsel) sind z.B. Harze, ätherische Öle, Farbstoffe und Gerbstoffe.

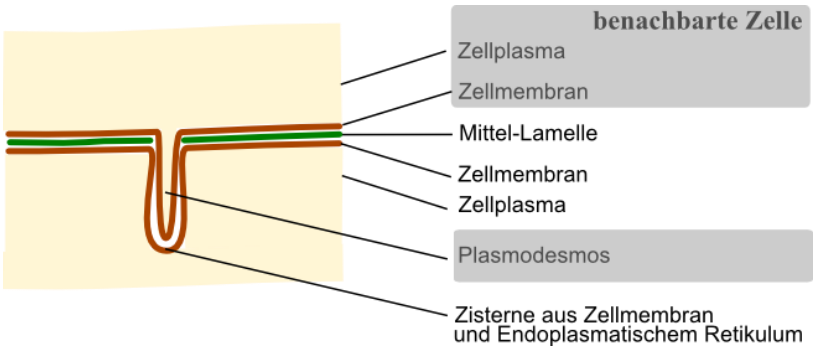

EM-Aufnahme: Streuungstextur



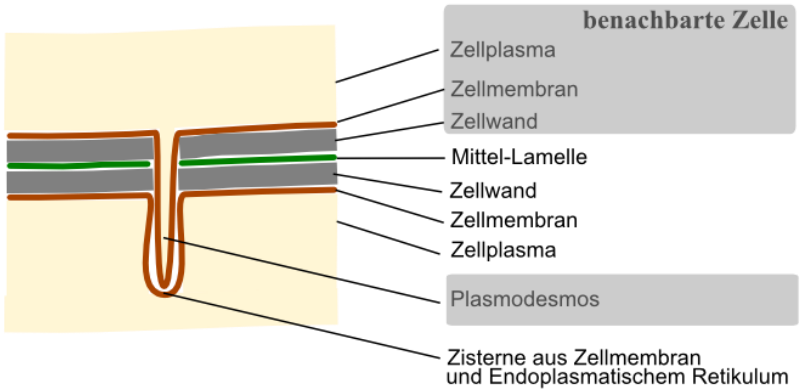
Q: en.wikipedia.org (LadyofHats) + geänd. Drews



Der Stoff-Austausch zwischen zwei benachbarten Zellen wird über sogenannte Plasmodesmen realisiert. Plasmodesmen sind Plasma-Schläuche, die in die Nachbarzelle hineinreichen.
Bei verholzten Zellwänden findet man zusätzlich sogenannte Hof-Tüpfel, die zum Einen offene Stellen in der Zellwand darstellen und zum Anderen als Sicherheits-Ventile funktionieren, sollte es auf einer Seite zum massiven Wasser-Verlust kommen.
Zellwände bilden in vielen ausgereiften pflanzlichen Geweben ein festes Raster.
Werden pflanzliche Zellen osmotisch wirkenden Umgebungs-Medien (z.B. destilliertes Wasser, Glucose- od. Salz-Lösungen, Glycerol-Wasser-Gemische) ausgesetzt, dann ist das System der Zellwände ein wenig veränderliches, stabiles Raster. Erst bei einem sehr starken Einstrom von Wasser steigt der Zell-Innendruck so an, dass die Zellwände zerreißen und die Zellen platzen.
Hypertonische Medien (z.B. Glycerol-Wasser-Gemische oder hochkonzentrierte Lösungen von Salzen) bewirken einen Wasser-Austrom aus der Zelle (hauptsächlich aus der Vakuole). Die Zelle wird kleiner und löst sich von der umgebenden Zellwand.
Diesen Prozess nennen wir Plasmolyse (→ 2.8. Vakuole).



Plasmodesmos bei zwei benachbarten jungen Zellen (ohne Zellwand)



Plasmodesmos bei zwei benachbarten älteren Zellen (mit Zellwand)



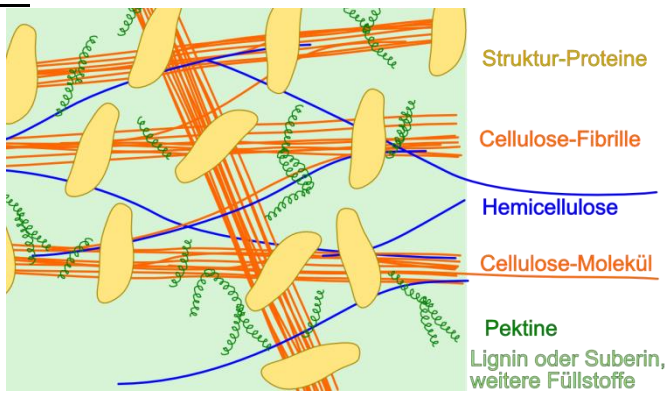
Plasmodesmen bei verholzten Zellen
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)

Aufgaben:

1. *Leider wurden die Symbole für die Procyten sowie die Tier- und Pilz-Zellen am Anfang dieses Abschnittes nicht mit eingezeichnet! Ist dies zweckmäßig? Begründen Sie Ihre Meinung!*
2. *Skizzieren Sie die Zellwand einer tierschen Zelle und beschriften Sie alle vorhandenen Schichten!*
3. *Warum sind eigentlich die Plasmodesmen-Röhren in der obigen Abbildung dunkler, als die verholzte Zellwand. Müssten die Röhren nicht heller erscheinen, weil hier weniger gefärbtes Material im Licht-Weg ist? Geben Sie eine mögliche Erklärung an!*

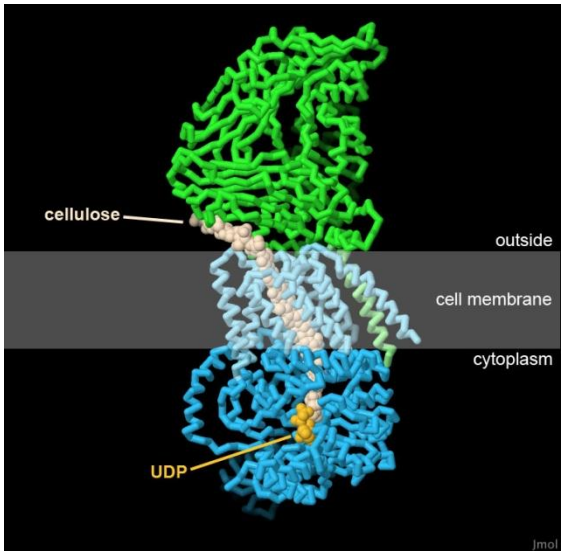
für die gehobene Anspruchsebene:

4. *Welche Funktionen innerhalb der Zellwand kann man für die einzelnen Bau-Bestandteile ableiten? Nutzen Sie dazu die Abbildung!*

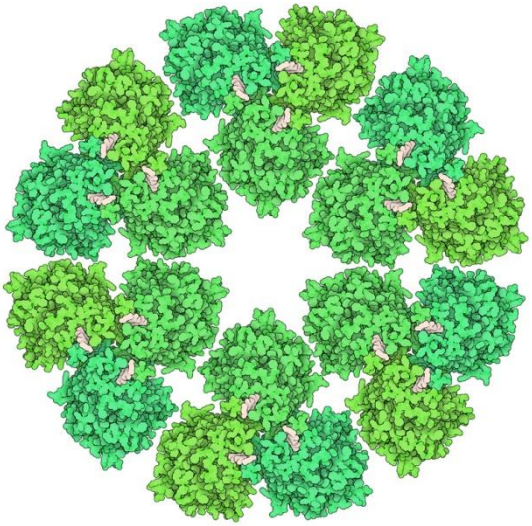


Herstellung der Cellulose-Fasern

Aus Glucose wird an der integralen Cellulose-Synthase ein Cellulose-Molekül produziert. Dazu wird der Energie-Träger UDP gebraucht. UDP ist ein Äquivalent zu ADP. Das produzierte Cellulose-Molekül wird in den extra-cellulären Raum abgegeben.
In der Zell-Membran liegen nun viele Synthase in einem Super-Komplex zusammen und bilden quasi eine Spinn-Maschine.

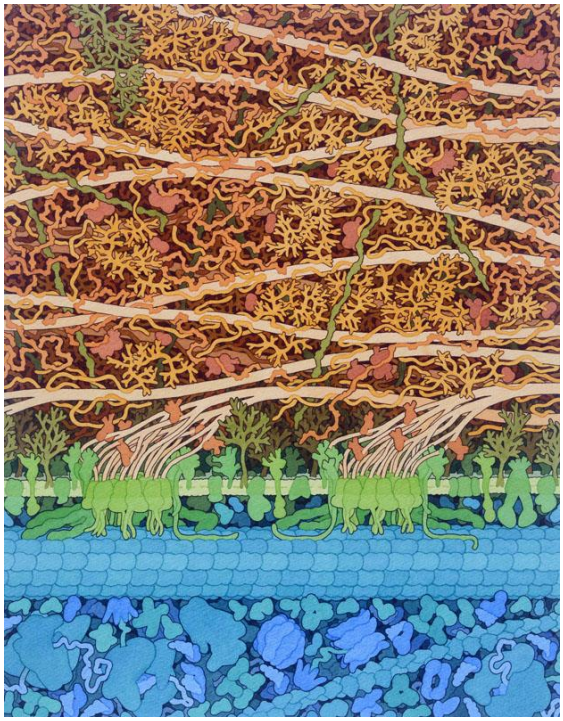


Cellulose-Synthase
Q: rcsb.org [Molecule of the Month]



Super-Komplex aus Cellulose-Synthasen (Draufsicht)
Q: rcsb.org [Molecule of the Month]

Die jeweils produzierten Einzel-Moleküle lagern sich zu einer gemeinschaftlichen Cellulose-Faser zusammen.

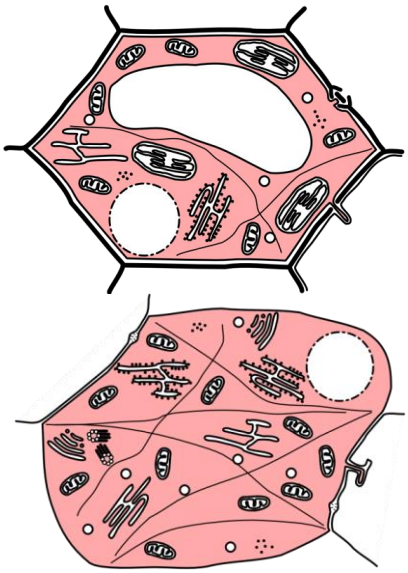


Cellulose-Faser-Bildung
(bräunlich: Zellwand.Bereich;
grünlich: Membran-Bereich;
bläulich: Zell-Innenraum
Q: rcsb.org [Molecule of the Month]

Aufgaben für die gehobene Anspruchsebene:

1. *Scheinbar (s. Abb. rechts) sind die Cellulose-Synthase-Komplexe an Tubulin-Fasern gekoppelt. An diesen finden normalerweise gerichtete Transport-Vorgänge statt, die ATP verbrauchen. Stellen Sie eine Hypothese auf, wozu diese Anbindung dienen könnte!*
2. *Wie könnte man sich die Entstehung von Parallel-, Streuungs- und vernetzten Texturen erklären? Entwickeln Sie ein einfaches Modell zur Veranschaulichung!*

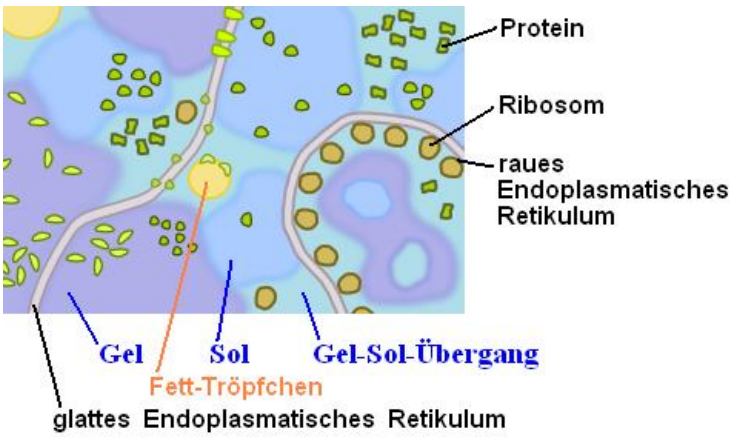
2.3. Cytoplasma



Bei der Suche nach dem eigentlichen Lebensort einer Zelle sind wir beim Cytoplasma an der richtigen Stelle. Der Stoff- und Komponenten-Mix des Cytoplasma's ist der Raum für die zig-Millionen chemische Reaktionen und physikalische Vorgänge, die das eigentliche Leben ausmachen.
Mit der Zellmembran zusammen ist das Cytoplasma allen Zellen gemeinsam. Von der Zellmembran zusammengehalten und abgegrenzt beinhaltet das Cytoplasma die verschiedenen Zellbestandteile.
Rund 30 % der enthaltenen / gelösten Stoffe im Cytoplasma sind Eiweiße. Ihnen werden wir noch sehr häufig als Baustoffe und Enzyme begegnen. Sie sind elementare Voraussetzung für ein Leben, wie wir es auf der Erde kennen. Wasser macht als Haupt-Substanz rund 60 % des Cytoplasma's aus. Der Rest sind alle möglichen Stoffe (Kohlenhydrate, Nucleinsäuren, ATP, Aminosäuren, …).
Das Cytoplasma liegt in einem Übergang-Zustand zwischen **Gel** und **Sol** vor. Die Konzentration und die Art der gelösten Stoffe sind so beschaffen, dass das Cytoplasma in einem Zustand zwischen flüssig / leimartig (Sol) und fest / gallertig (Gel) ist. Man kann sich das Cytoplasma als ein Stoffgemisch vorstellen, dessen Konsistenz an Tapeten-Kleister, Pudding und Götterspeise erinnert. In einem Liter Cytoplasma sind vergleichsweise 100 bis 500 Gramm verschiedenster Stoffe gelöst. Zum Vergleich – das schon recht zähflüssige und Gel-artige Eidotter beinhaltet nur 100 g / l gelöste Stoffe.

Bestandteil(e)	Anteil [%]
Wasser	80 – 85
Proteine	10 – 15
Lipide	2 – 4
Polysaccharide	0,1 – 1,5
DNA	0,4
RNA	0,7
kleine org. Moleküle	0,4
anorg. Moleküle u. Ionen	1,5

Das Cytoplasma ist aber kein homogenes Stoffgemisch. Innerhalb kleiner und kleinster Regionen (Kompartimente, Kompartimente) können völlig voneinander abweichende Gel- bzw. Sol-Zustände vorliegen. Sie bilden mehr oder weniger abgegrenzte Reaktionsräume. Die Kompartimente unterliegen einem ständigen Wandel. Wird z.B. in einem Gel-artigen Kompartiment gerade Wasser bei einer Reaktion frei, dann verflüssigt es sich fortlaufend. Ein Sol-Bereich ist entstanden. Laufen in einem anderen Sol vielleicht gerade Wasserverbrauchende Reaktionen ab, dann könnte hier ein (Wasser-ärmeres) Gel-Kompartiment entstehen.
Bei reichlichem Wasserangebot (auch innerhalb abgegrenzter Bereiche (Kompartimente)) geht das Cytoplasma in den Sol-Zustand über. Gelöste Stoffe sind gut beweglich. Große (mehr oder weniger gelöste oder gequollene) Moleküle binden das Restwasser recht fest an sich. Die Wasser- und die kleineren gelösten Moleküle können sich – wenn überhaupt – nur langsam und kurzstreckig bewegen.



Kompartimentierung des Cytoplasma's

Im (Wasser-ärmeres) Gel-Zustand bestehen auch für fettähnliche (lipophile, hydrophobe) gute Möglichkeiten an passende Reaktions-Partner und zugehörige Enzyme (Proteine) zu kommen.
Bei veränderten osmotischen Bedingungen an der Zellmembran (z.B. einer Plasmolyse), nimmt das Cytoplasma Wasser auf bzw. gibt es ab. Dabei kommt es u.U. zu dynamischen Gel-Sol-Übergängen. Ein Teil des überschüssigen oder fehlenden Wassers wird über die Vakuole ausgeglichen (nur bei Pflanzen!).
Bei Pflanzen verändert sich das spezielle Volumen des Cytoplasmas nur unwesentlich. Die Vakuole mit ihrem recht großen Wasser-Gehalt ist deutlich mehr osmotisch aktiv. Sie kann sich extrem verkleinern oder vergrößern. Bei pflanzlichen Zellen mit ausgebildeten (festen) Zellwänden bestehen keine Ausdehnungs-Möglichkeiten für die Vakuole. In diesen Fällen steigt der Zell-Innendruck. Verringert sich dagegen das Volumen der Vakuole, dann ist dies innerhalb der Zellwände ohne weiteres möglich. Da dann der Innen-Raum (Lumen) einer verholzten Zelle nicht mehr vollständig ausgefüllt werden kann, löst sich die Zelle von ihren Zellwänden. In die Zwischenräume strömt das Umgebungs-Medium. Wenn der Volumen-Effekt nicht zu groß ist, dann bleiben noch Verbindungen zu den Nachbarzellen bestehen, die nach ihrem Entdecker HECHTsche Fäden genannt werden. Es handelt sich also dabei um Zellplasma-Brücken.

Verortung		**intra-zellulär**	**extra-zellulär**	
Name	**Symbol Formel**	**(Cyto-plasma)**	**Gewebe Flüssigk.**	**Blut**
Natrium-Ion	Na^+	15 mM	144 mM	142 mM
Kalium-Ion	K^+	140 mM	4,5 mM	4,4 mM
Calcium-Ion	Ca^{2+}	10-5 mM	1,3 mM	1,2 mM
Magnesium-Ion	Mg^{2+}	18 mM	0,6 mM	1 mM
Kationen (ges.)	**X^+**	**153 mM**	**?**	**150 mM**
Chlorid-Ion	Cl^-	12 mM	116 mM	103 mM
Hydrogencarbonat-Ion	HCO_3^-	12 mM	25 mM	24 mM
Sulfat-Ion	SO_4^{2-}	?	0,5 mM	0,5 mM
Phosphat-Ion	PO_4^{3-}	29 mM	2 mM	1,2 mM
Anionen (ges.)	**X-**	**153 mM**	**?**	**150 mM**
Salze organ. Säuren	-COOX	54 mM	4 mM	4 mM
Glucose	$C_6H_{12}O_6$	sehr wenig	5,9 mM	5,5 mM
Proteine		54 mM	5 mM	14 mM
Proteine		30 g/dl	1 g/dl	?
Säure-Stärke	pH	7,2	7,4	7,4
Osmolarität	**c_{osm}**	**290 mOsm/kg**	**290 mOsm/kg**	**291 mOsm/kg**

nach Q: physiologie.cc/I.1.htm 1 mM (sprich: milli-molar) = 1 mmol/l

Definition(en): Kompartimentierung
Unter Kompartimentierung versteht man die räumliche Strukturierung von Bereichen z.B. innerhalb einer Zelle durch z.B. Membran-Systeme oder Sol-Gel-Übergänge.
Kompartmentierung ist die Unterteilung von Bereichen in Teilbereiche (Kompartimente), in denen jeweils unterschiedliche Bedingungen herrschen.

Exkurs: Sol- und Gel-Zustand

Koagulation (von coagulare, lat.: gerinnen) ist die Überführung des Sol-Zustandes in den Gel-Zustand
Übergang Gel zu Sol Peptisation

in unserem Lebensbereich kennen wir
Übergänge reversibel (Cytoplasma) oder irreversibel (Leim, Kleber)

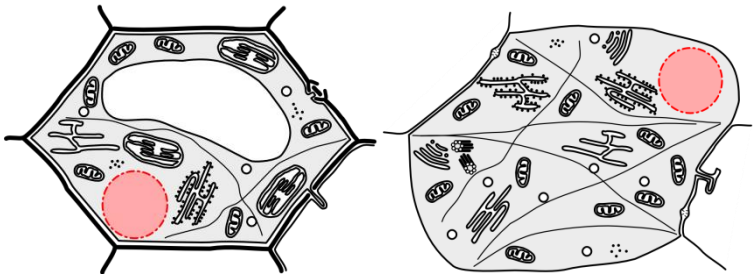
Beispiel: Götterspeise

Das Speise-Pulver, welches langkettige Polypeptide (Gelantine) enthält, wird im warmen Wasser aufgelöst. Jetzt haben wir einen ausgesprochenen **Sol-Zustand** dieser Stoffmischung.
Beim Abkühlen bilden die gequollenen Polypeptide nun ein komplexes Netz, in dem Wasser eingelagert ist. Die Götterspeise wird fest und befindet sich nun im **Gel-Zustand**. Zerstört man nun durch Entnahme von etwas Speise oder durch leichtes Umrühren die Gel-Struktur, dann "verflüssigt" sich die Götterspeise immer mehr. Die immer noch gleiche Mischung geht wieder in den Sol-Zustand über. Dieser Vorgang wir auch die Säurungsmittel begünstigt, die zu Anfang die Vernetzung und das Quellen begünstigen. Am Ende zerstören die Säuren aber auch die Polypeptide und die kurzen Reste können keine so komplexe Netz-Struktur mehr bilden.

Internet-Links:

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

2.4. Kernäquivalent / Zellkern



Durch spezielle Färbungen (z.B. FEULGEN-Färbung (fuchsinschweflige Säure + Chlorwasserstoffsäure)) kann man im zentralen Bereich von echten Zellen ein mehr oder weniger kugelförmiges Objekt gut sichtbar machen. Die Färbung basiert auf dem vorhandenen genetischen Material (DNA → 🕮 **Genetik**).

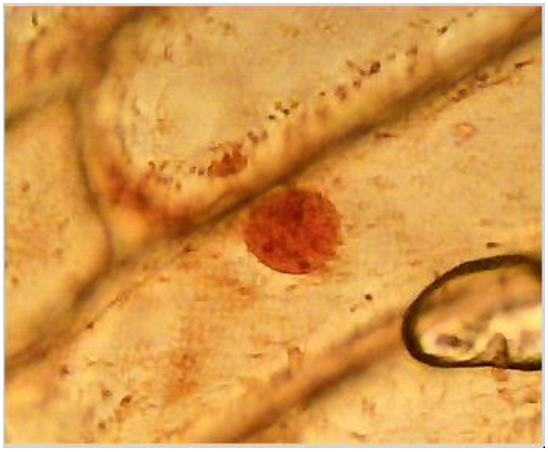
Bei Pflanzen, wo die Vakuolen meist den Zentralraum belegen, ist der Zellkern mit dem anderen Cytoplasma an den Randbereich gedrängt.

Das Kernäquivalent (Nucleoid (übers.: Kernähnliches)) von Procyten ist weniger scharf abgegrenzt als der (echte) Zellkern von Eucyten. Weiterhin fehlt eine Membran als Abgrenzung.

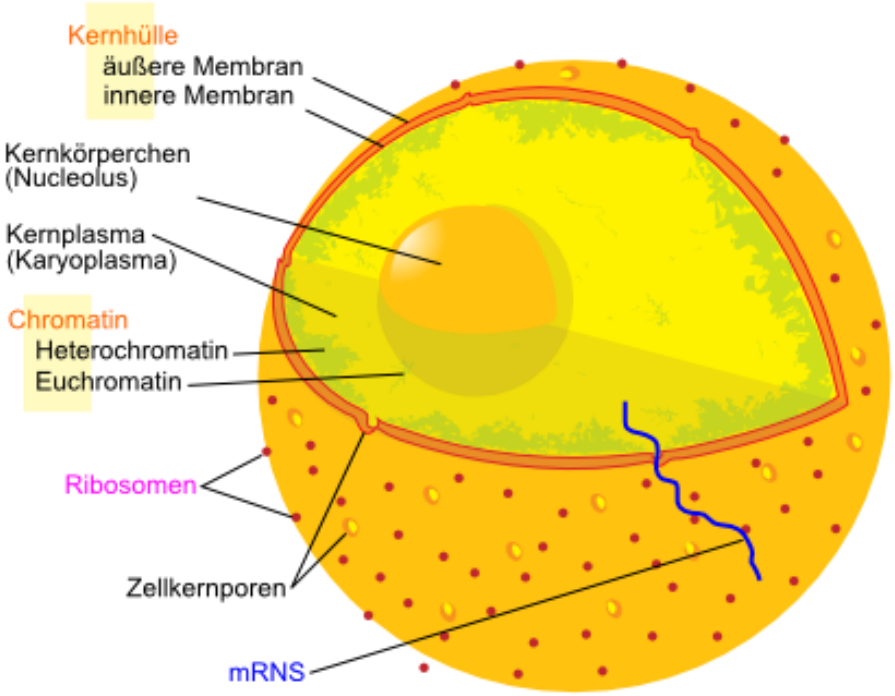
Das Chromatin ("das Anfärbbare") ist fast während des gesamten Zellzyklus gleichmäßig undifferenziert (es bilden sich keine mit Chromosomen vergleichbaren Strukturen!!!).

Nur zum Zeitpunkt der Kern- und Zell-Teilung konzentriert sich das Chromatin zu Chromosomen auf.

Zellkerne haben meist einen Durchmesser um die 0,5 (Pilze) bis 500 µm (Eizellen).

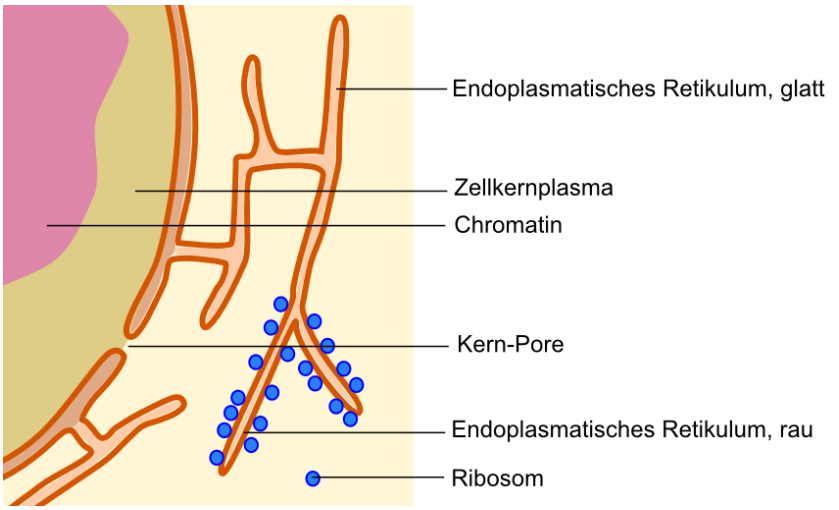


Zellkern (Zentrum)
(zum Vergleich bei 4:00 Uhr ein Luft-Bläschen)
Q: de.wikipedia.org (zituba)



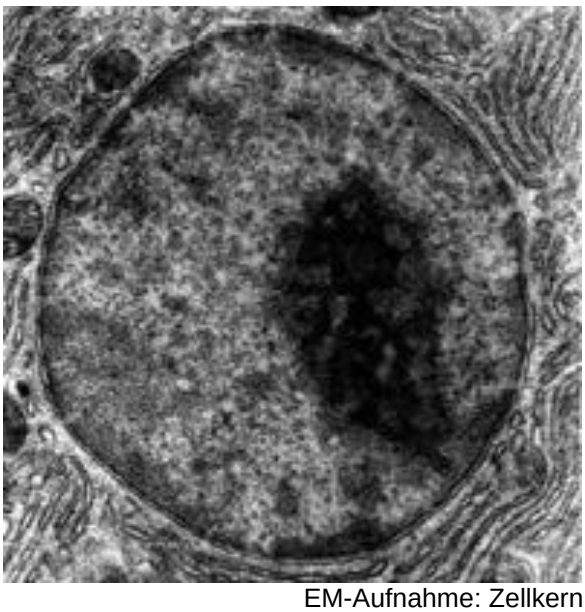
Q: en.wikipedia.org (LadyofHats); geändert Drews

Ein echter Zellkern ist von einer Doppelmembran umgeben, die in regelmäßigen Abständen von Poren durchzogen sind. Die Poren und die Kernmembran gehen fließend in das Endoplasmatische Retikulum (→ 2.5.1. Endoplasmatisches Retikulum) über.



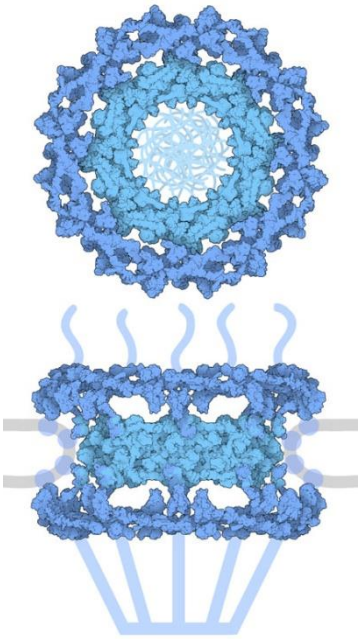
Das innere Plasma (Karyoplasma, Kernplasma) hat von Cytoplasma abweichende Eigenschaften. Es erscheint dickflüssiger bzw. dichter.
Deshalb ist bei vielen Zellen der Zellkern auch schon lichtmikroskopisch ohne spezielle Färbungen zu erkennen.
Im Inneren des Zellkerns liegen die Chromationfäden. Mit Beginn der Kernteilung (Mitose) kommt es zur (Auf-)Spiralisierung des Chromatin's zu Chromosomen. Weiterhin befindet sich im Kernplasma noch das Kernkörperchen (Nucleolus), das Aufgaben bei der Zellteilung (Mitose) übernimmt. Der Vorgang der Mitose ist im Abschnitt → 3. Zusammenwirken der Zellbestandteile ausführlich beschrieben.
Normalerweise finden wir in einer Zelle nur einen Zellkern. In einigen Zellzusammenschlüssen (Syncytien) bleiben die Zellkerne enthalten, so dass der Eindruck entsteht, eine Muskelzelle enthielte z.B. mehrere Zellkerne. Pilz-Hyphen (Pilz-Fäden), aber auch anderer sehr große Zellen (Milchröhren oder Bastfasern bei Pflanzen) enthalten oft ebenfalls größere Mengen an Zellkernen, da hier die trennenden Zellmembranen zwischen den "Einzelzellen" nicht mehr vorhanden sind. Selten sind ausgewachsenen Zellen kernlos. Bei diesen Zellen ist dann keine Zellteilung mehr möglich und der Zelltod tritt in absehbarer Zeit ein. Ein typisches Beispiel sind die roten Blutkörperchen (Erythrocyten) beim Menschen (!).

Zellkern bzw. Kernäquivalent stellen die Informations- und Steuerzentralen der Zellen dar. Der Hauptteil der Informations- und Steuerungsaufgaben wird über das genetische Material realisiert (📖 **Genetik**). Trotz intensiver Forschung sind viele der Vorgänge und Phänomene in ihren Zusammenhängen und Abläufen noch ungeklärt.
Die Nucleoli (Kernkörperchen) sind sehr dichte Bereiche im Zellkern. In diploiden Zellen befinden sich im Zellkern meist zwei Nucleoli. Es wurden aber auch schon keine bis insgesamt sieben Stück beobachtet. In den Kernkörperchen findet die Synthese der rRNA (📖 **Genetik**) und der Ribosomen (→ 2.10. Ribosomen) statt. Während der Kernteilung verschwinden die Nucleoli und tauchen nach der Bildung der neuen Kernhüllen wieder auf.


EM-Aufnahme: Zellkern
Q: de.wikipedia.org (Kurgus)

Im elektronenmikroskopischen Bild kann man sehr gut den unmittelbaren Übergang von Kernmembran in das Endoplasmatische Retikulum (parallele streifige Strukturen) erkennen. Die Erbinformationen aus dem Zellkern werden hier zu Eiweißen umgesetzt (📖 **Genetik**).

Man kann sich das genetische Material im Zellkern als das gute Rezeptbuch der Mutter oder Großmutter vorstellen. Wenn ein Rezept gekocht oder gebacken werden soll, dann wird aus Respekt vor dem Wert dieses Familienschatzes das gewünschte Rezept erst einmal abgeschrieben (🕮 **Genetik** → Transkription). Die Besitzerin läßt es nicht zu, dass das wertvolle Stück in der Küche (Cytoplasma) zerstört oder beschmutzt wird.
Das abgeschriebe Rezept – in der Zell-Welt heisst es mRNA (messenger RNA) – muss dann in die Küche gebracht werden. Die mRNA wird also aus dem Zellkern in das Cytoplasma transportiert. Hier findet das eigentliche Kochen bzw. Backen statt – die Synthese der Proteine (🕮 **Genetik** → Translation). Die Proteine stellen sozusagen das fertige Essen dar. Wichtig ist dabei zu verstehen, dass es einen ganz wesentlichen Unterschied zwischen der DNA- und RNA-Welt (Papier-Rezepte) sowie der Protein-Welt (Mahlzeiten) gibt.



Zellkern-Poren-Protein
(Molekül-Modell)
Q: rcsb.org [Molecule of the Month]

Aufgaben:

1. ***Vergleichen Sie Zellen mit einem Kernäquivalent mit solchen, die einen echten Zellkern besitzen!***

Zellkern-Färbung I

Materialien / Geräte:
LUGOLsche Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung), Kaminessigsäure, Spiritus-Brenner (od. BUNSEN-Brenner od. Camping-Kocher), Reagenzglas-Zange, Pipette
geeignetes Material: Küchen-Zwiebel, Grünalge Cladophera, Wurzel-Spitzen frischer Keimlinge (Senf, Kresse, Getreide), …

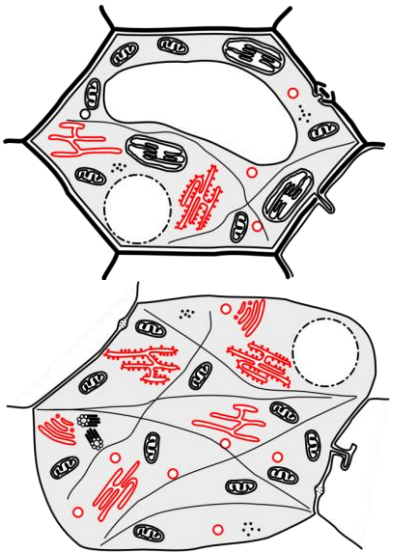
Durchführung / Ablauf:
- Frisch-Präparat herstellen, dazu das Objekt gleich in einen Tropfen Kaminessigsäure einlegen
- spannen Sie den Objektträger in die Reagenzglas-Zange ein und erwärmen Sie den Objektträger vorsichtig über dem Brenner; verdampfte Lösung Tropfen-weise ersetzen
- vor dem Auflegen des Deck-Gläschen nochmals einen Tropfen Kaminessigsäure zugeben

Zellkern-Färbung II

Materialien / Geräte:
Methylgrün-Essigsäure-Lösung (3 Spitzen einer Präparier-Nadel mit Methylgrün (0,1 g), 1 ml Eisessig, 100 ml dest. Wasser), Pipette
geeignetes Material: Pantoffeltierchen, …

Durchführung / Ablauf:
- Frisch-Präparat herstellen
- vorsichtig 1 Tropfen Farbstoff-Lösung direkt an den Rand des Deck-Gläschen tropfen
- ev. zweiten Tropfen Farbstoff-Lösung verwenden; beim Austrocknen des Frisch-Präparates aber mit abgekochtem Wasser ergänzen

2.5. Endoplasmatisches Retikulum, GOLGI-Apparat und Vesikel

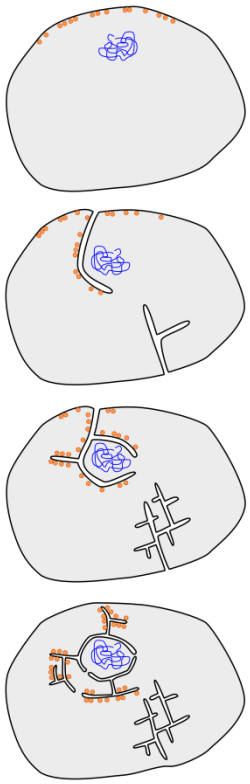


Im Cytoplasma laufen mehrere hunderttausende Reaktionen zur gleichen Zeit ab. Damit diese sich nicht behindern und gebildete Zwischenprodukte nicht gleich wegdiffundieren, verfügen eucytische Zellen über eine ausgeprägte Kompartimentierung (räumliche Strukturierung, Unterteilung).
Kleine Bereiche sind durch verschiedenste Abgrenzungen (Gel-Sol-Phasengrenzen, Membranen) voneinander abgeteilt. Die entstehenden Räume nennt man Kompartimente. Membranen als Kompartiment-Grenzen bieten den produzierenden Elementen, wie z.B. Enzymen und Ribosomen, Halt.
Fast das gesamte Zellplasma ist von einem stark verzweigten Membran-System durchsetzt. Es wird Endoplasmatisches Retikulum genannt. Ein weiteres – durch spezielle Strukturen sehr auffälliges – Membransystem ist der GOLGI-Apparat (GOLGI-System).
Neben den auffälligen Strukturen (→ Dictyosomen) gehören noch Unmengen gebildeter Vesikel zu diesem System.

Heute fasst man das Endoplasmatische Retikulum, den GOLGI-Apparat sowie den Zwischenmembran-Bereich innerhalb der doppelten Zellkern-Membran zum **Endomembran-System** zusammen.

2.5.0. Theorie zur Entstehung von Endoplasmatischen Retikulum, GOLGI-Apparat und der Kernhülle

(Entstehungs-Geschichte der Membran-basierten Kompartimentierung)

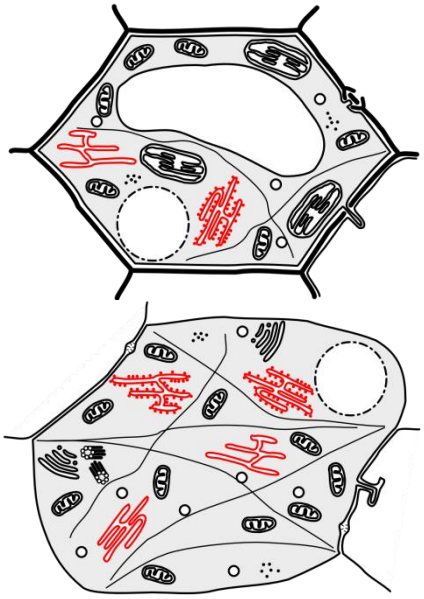


Sehr wahrscheinlich sind die Membran-basierten Kompartimentierungs-Strukturen aus Einstülpungen der Zellmembran einfacher Procyten entstanden. Zuerst dienten die Einstülpungen wohl nur der Oberflächen-Vergrößerung. Die Ribosomen (in der Abb. **orange**) waren im Inneren der Zellmembran angelagert (assoziiert). Sie sind für die Protein-Synthesen verantwortlich.
Das genetische Material (DNA) lag als Kernäquivalent (**blau**) relativ frei im Cytoplasma.
Später konnten dann in den immer mehr verzweigten und relativ abgegrenzten Travernen immer speziellere Reaktionen ablaufen. Dies brachte den Besitzern wahrscheinlich viele Vorteile.
In weiteren Entwicklungen kam es dann zum immer stärken Umschließen des genetischen Materials. Die Kompartimente und die Ribosomen konzentrierten sich dicht um das genetische Material herum. Die im genetischen Material kodierten Proteine konnten so sehr schnell produziert werden.
Die räumliche Trennung von genetischen Vorgängen (im Vorläufer des Zellkern's) ermöglichte eine effektivere Gen-Regulation. Die regulierenden Stoffe blieben dichter am Geschehen.
Irgendwann kam es dann wohl zum Ablösen der komplexen Membran-Strukturen. Heute kennen wir diese als raues und glattes endoplasmatisches Retikulum und als Zellkern-Hülle. Der Begriff endoplasmatisches Retikulum steht für innerplasmatisches Netzwerk.
Mit dem Vorhandensein eines echten Zellkerns hat die Zelle nun den Status einer eucytischen Zelle.
Später kamen dann noch verschiedene Zell-Organellen dazu. Die Theorie, die dieses Phänomen zu erklären versucht, ist die Endosymbionten-Theorie (→ 2.7.0. Endosymbionten-Theorie).
Man nimmt an, dass die Kern-Hülle vor allem einer Reduzierung des Protein-Bildungs-Tempos gedient hat. Ob dies wirklich so gewesen ist, lässt sich natürlich nicht mehr nachweisen. Einige Argumente sprechen aber für einen solchen evolutionären Vorgang.

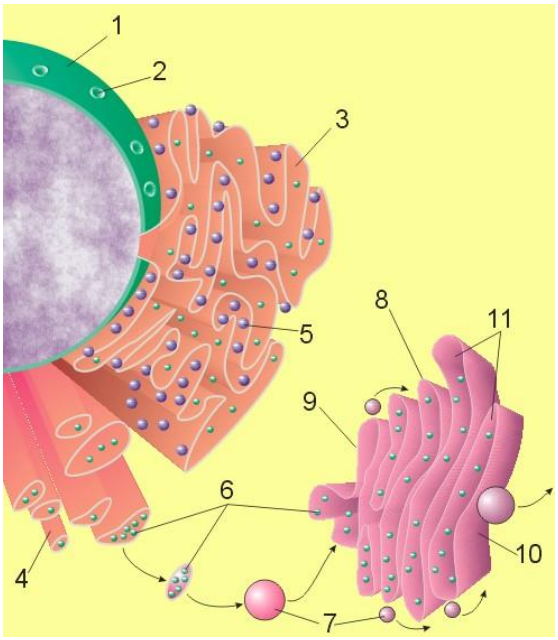
Aufgaben:

1. *Erläutern Sie, wieso die Zellkern-Hülle laut der Theorie aus zwei Doppel-Membranen besteht!*

2.5.1. Endoplasmatisches Retikulum

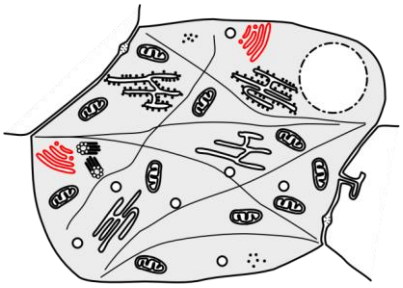


Das größte Kompartimentierungssystem ist das Endoplasmatische Retikulum (ER). Dieses ist ein weit verzweigtes (labyrintartiges) Membransystem, dass fast die gesamt Zelle durchzieht. Da darf man sich nicht von der oft nur teilweisen Darstellungen in den Skizzen von Zellen täuschen lassen. Auch in unseren Skizzen sind nur kleine Ausschnitte gezeichnet. Dies ist aber einer besseren Übersichtlichkeit geschuldet.
Man unterscheidet glattes und raues Endoplasmatisches Retikulum. Das glatte Endoplasmatische Retikulum (4) besteht im Wesentlichen aus einem verzweigten Membran-System (3).
Sind auf den Membranen Ribosomen (5) (→ 2.10. Ribosomen) angelagert, entsteht im Elektronenmikroskop ein pickliger Eindruck. Dieses wird **raues ER** (3) (rER … rough endoplasmatic reticulum) genannt.
Glattes ER (sER ... smooth endoplasmatic reticulum) enthält kaum Ribosomen, dafür aber sehr viele periphere und integrale Proteine, die hier als Enzyme funktionieren.
Das Membransystem beginnt schon an den Zellkernporen (2).
Das rauhe ER ist der Ort der Biosynthese der Proteine und von neuen Membran-Abschnitten.
Mit diesen kann dann z.B. nach einer Kernteilung die neue trennende Zellmembran gebildet oder alte bzw. beschädigte Membranen ersetzt werden. Weiterhin wird Membran-Material u.a. für Vesikel, Mikrobodies und Zellorganellen gebraucht.
Innerhalb des glatten ER finden Unmengen weiter biochemischer Vorgänge statt. Die gebildeten Stoffe (6) werden in der gesamten Zelle weiterverwendet.

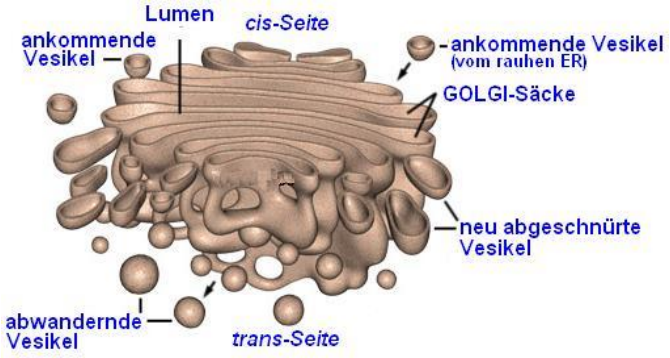


Q: de.wikipedia.org (Magnus Manske)

2.5.2. GOLGI-Apparat

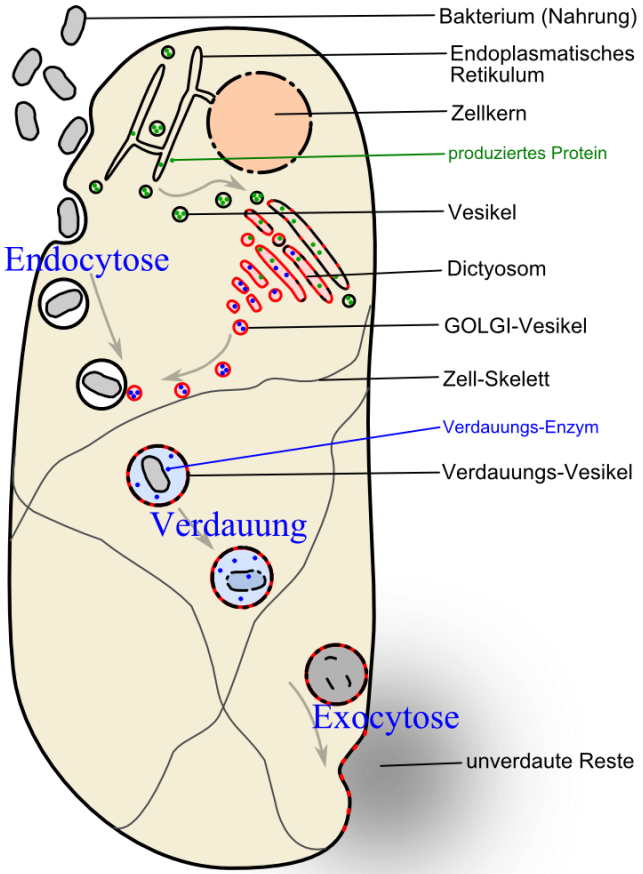


Dictyosomen (GOLGI-Körper) sind charakteristische Gebilde in den Zellen. Sie sehen aus wie Stapel von immer größer werdenden doppelschichtigen Membranscheiben (Zisternen).
Die Dictyosomen des GOLGI-Apparates (Gesamtheit aller Dictyosomen einschließlich der GOLGI-Vesikel (7)) sind ein Ort sehr intensiver Stoffproduktion. Hier – in den Zisternen (11) – entstehen z.B. Enzyme für die "Verdauung" aufgenommener Nahrungspartikel.
Zwischen ER und Dictyosomen existiert ein intensiver Stofftransport.
Abgeschnürrte Vesikel des ER enthalten frisch produzierte Proteine (z.B. Vorstufen von Enzymen). Diese Vesikel wandern in Richtung cis-Ende (9) des Dictyosoms und verschmelzen mit den Membranstapeln. Die Membranstapel werden zum trans-Ende langsam immer ausgedehnter (10). In der Zwischenzeit werden die enthaltenen Proteine immer weiter gewandelt und durch neue Stoffe (Hormone, Sekrete) ergänzt.



Q: micro.magnet.fsu.edu (geändert Drews)

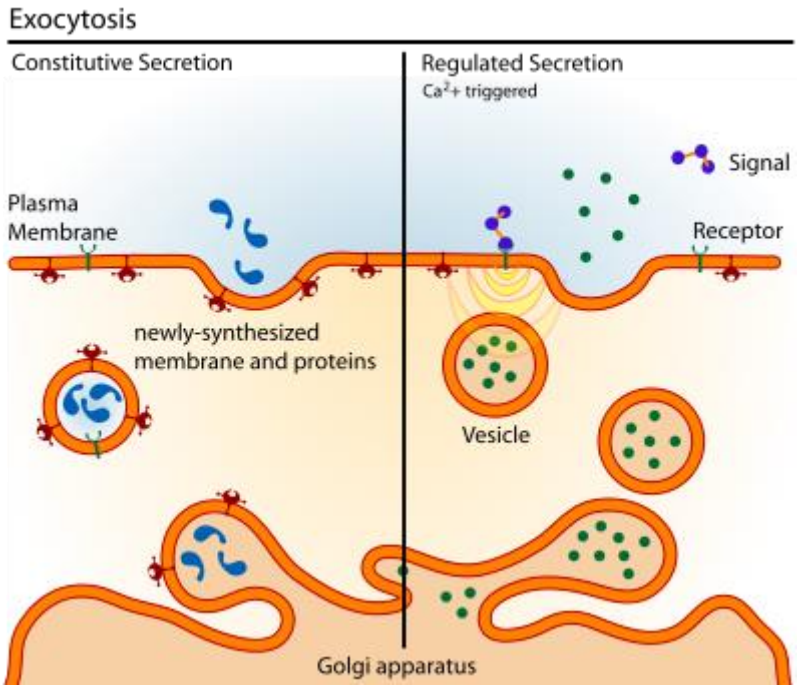
Zu den Abläufen im Zentrum des GOLGI-Apparates gibt es zwei wichtige Theorien, die wohl gleichermaßen zutreffen. In der klassischen **Zisternen-Reifungs-Theorie** wandern die Proteine mit den Zisternen langsam vom cis- zum trans-Ende.
Das **Modell des vesikulären Transport's** beschreibt die Abschnürrung von kleinen Vesikeln, die von Zisterne zu Zisterne wandern und so die Dynamik des gesamten Apparat's ermöglichen.
Die Dictyosomen schnüren an den Enden der Membranstapel (trans-Seite) immer wieder neue, fertige GOLGI-Vesikel ab. Später verschmelzen diese mit den endocytotisch gebildeten Nahrungsbläschen (→ 2.1.1. Transportvorgänge an Biomembranen).
Desweiteren bilden Dictyosomen sekretorische Vesikel, die vor allem Hormone, Transmitter usw. enthalten können. Diese Vesikel werden in Richtung Zellmembran transportiert und der Inhalt (Sekrete) nach außen ausgeschüttet (Exocytose, Sekretion (→ 2.1.1. Transportvorgänge an Biomembranen)).



interessante(r) Internet-Link(s):
http://www.youtube.com/watch?v=K7yku3sa4Y8&feature=related (Animation)

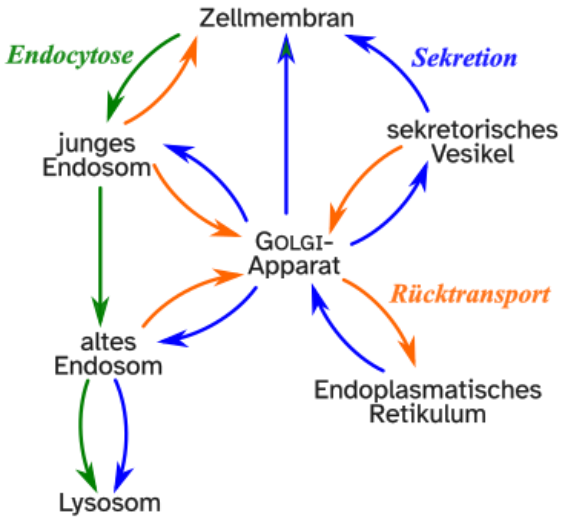
Aufgaben:

1. *In der Abbildung sind zwei Formen der Exocytose dargestellt. Erläutern Sie, was die Exocytose mit dem GOLGI-Apparat zu tun hat! Gehen Sie auch kurz auf den eigentlichen Vorgang der Exocytose ein!*



Q: commens.wikimedia.org (LadyofHats)

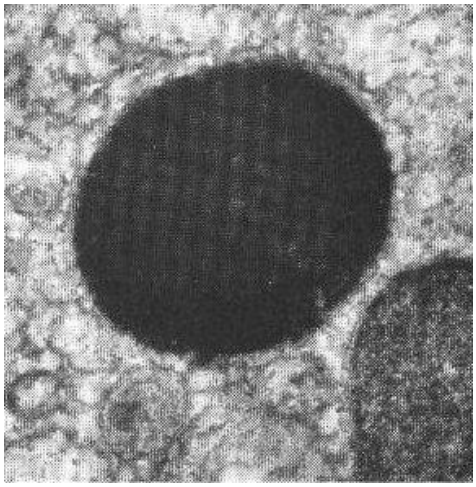
Wandel der Membranen



2.5.3. weitere vesikuläre Strukturen

Neben den großen Vesikel gibt es im Cytoplasma noch verschiedene andere kleinere Vesikel. Diese werden primär anhand der enthaltenen Enzymen und Stoffen unterschieden. Typisch für sie ist ein relativ gleichartiger Aufbau und eine wenig varierende Größe. Dagegen sind Vesikel aus dem GOLGI-Apparat (→ 2.5.2. GOLGI-Apparat) oder Bläschen mit Speicher-Funktionen (→ 2.9. paraplasmatische (ergastische) Strukturen) mit mehr unterschiedlichen Größen zu beobachten.

2.5.3.1. Lysosomen



Q: biology.unm.edu

Lysosomen dienen der Verdauung. Sie enthalten verschiedene Hydrolasen. Am häufigsten findet man die Hydrolase Phosphatase. Sie wird deshalb auch als Leit-Enzym bezeichnet. Ein Leit-Enzym ist das Erkennungsenzym eines zellulären Objektes. Oft ist es das zentrale Enzym eines oder des (charakterisierenden) Stoffwechselvorgang's (📖 **Stoff- und Energie-Wechsel** → Metabolismen), der in oder an den Vesikeln stattfindet. Natürlich beobachtet man in den Objekten auch andere Enzyme, diese haben aber eher Hilfsfunktionen.
Die Phosphatase zerlegt Phosphat-haltige Stoffe durch Abspaltung von Phosphorsäure (Phosphat).
In Hungersituationen kann es bei Zellen zur sogenannten Autophagie kommen. Nicht mehr dringend benötigte Zellbestandteile oder auch ältere Mitochondrien werden dann abgebaut, um einen elementaren Not-Stoffwechsel aufrechtzuerhalten.
Lysosomen findet man vornehmlich in tierischen Zellen.

2.5.3.2. Microbodies

Microbodies sind mit 0,2 bis 1,5 µm wirklich sehr kleine Vesikel. Sie haben nur eine kurze "Lebenszeit" von 2 bis 3 Tagen. Microbodies sind in der Lage, aus Kohlenhydraten andersartige organische Stoffe herzustellen. Zu diesem Zweck enthalten sie alle notwendigen Enzyme, quasi an einem Ort zusammengefasst.
Im Verlauf der Reaktionen entsteht als Nebenprodukt oft das gefährliche Wasserstoffperoxid (H_2O_2). Microbodies enthalten als Leitstoff (Leitenzym) die Katalase, das genau dieses Wasserstoffperoxid schnell umwandeln kann (Entgiftungsenzym).
Wasserstoffperoxid ist chemisch sehr aggressiv und reagiert mit sehr vielen anderen Stoffen, die dabei oxidiert werden. Unter biochemischen Verhältnissen bedeutet dies meist die Zerstörung des Stoffes selbst oder dessen Funktion (weil dieser dann ein anderer ist und damit auch andere Aufgaben realisieren kann).
Ursache ist die Bildung von äußerst reaktiven Sauerstoff-Radikalen (O•) während des Zerfalls des Wasserstoffperoxids.

$$H_2O_2 \longrightarrow H_2O + O\bullet$$

Die Radikale (mit ihren ungepaarten Elektronen) reagieren praktisch mit jedem Stoff in der Zelle und verändern dabei Bau und Eigenschaften der zelleigenen Stoffe. In den meisten Fällen können die oxidierten Stoffe nicht mehr die Funktion der ursprünglichen Verbindungen nachkommen.

Wahrscheinlich kommt die Katalase nur in Microbodies vor. Die von ihr geförderte Reaktion:

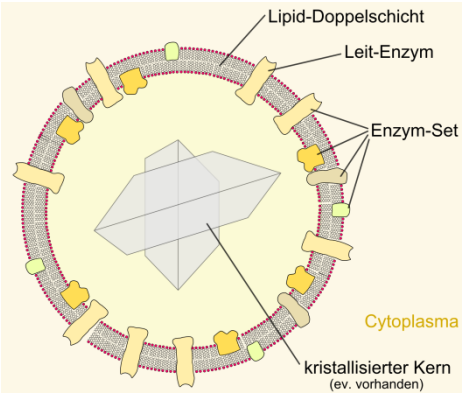
$$2\ H_2O_2 \longrightarrow 2\ H_2O + O_2$$

produziert auch freie Energie. Im Gegensatz zu den Mitochondrien kann diese aber nicht in Form von ATP gebunden werden, sondern wird als Wärme frei.

Praktisch entsteht also aus zwei Sauerstoff-Radikalen in den Micobodys ein Sauerstoff-Moekül, das schon wesentlich ungefährlicher ist. Für die restliche Entsorgung sind dann die Mitochondrien (→ 2.7.1. Mitochondrien) verantwortlich. Sie realisieren den eigentlich ATP-produzierende Teil der Zell-Atmung.

Zu den Microbodies gehören auch die **Peroxisomen (Peroxysomen)**, die zur Gluconeogenese (📖 **Stoff- u. Energiewechsel**) fähig sind. Die Gluconeogenese ist die Bildung von Kohlenhydraten z.B. aus Aminosäuren. Peroxisomen kommen bei höhreren Tieren in der Leber und auch in der Niere vor. Ihre Größe schwankt zwischen 100 und 1'000 nm.

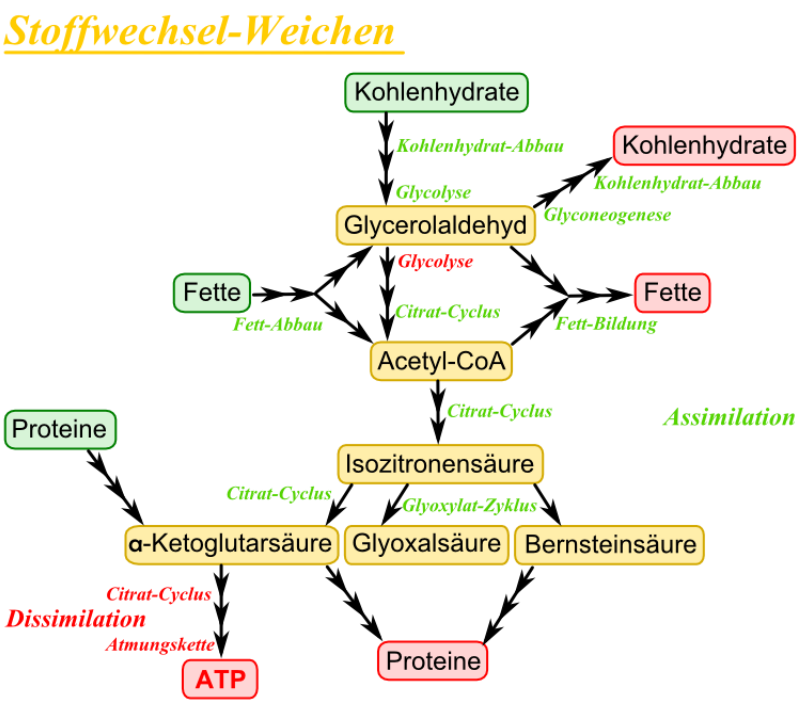
In Pflanzen sind Peroxisomen bei der Photo-Respiration (Lichtatmung; 📖 **Stoff- u. Energiewechsel**) tätig. Dabei werden mit Hilfe von Licht direkt Aminosäuren (Glutaminsäure, Glycin, Serin) produziert. Die Lichtatmung ist ein alternativer Nebenweg zur Photosynthese (📖 **Stoff- u. Energiewechsel**).



schematischer Schnitt durch ein Microbody

Eine weitere Art sind die **Glyoxisomen** (Glyoxysomen).

Sie sind zum direkten Abbau von Fettsäuren zu Acetyl-Coenzym A (Ac-CoA, Acetyl-CoA) fähig. Glyoxisomen kommen vor allem in Fett-speichernden Geweben von Pflanzen vor. Aber auch in vielen anderen Organismen und Organismen-Gruppen sind sie zu beobachten. Glyoxysomen enthalten das Enzym-Set für den Glyoxylat-Zyklus.



Isozitronensäure und andere Stoffwechsel-Weichen

Das Acetyl-CoA kann im Glyoxylat-Zyklus (einem Zitronensäure-Zyklus-Äquivalent) zu vielen anderen Stoffwechsel-Produkten und –Ausgangsstoffen umgewandelt werden.

Pflanzen- und Bakterien-Zellen lassen wegen dieser hochspezialisierten Microbodies auf Acetat-haltigen Nährböden bzw. entsprechenden Nährlösungen kultivieren.

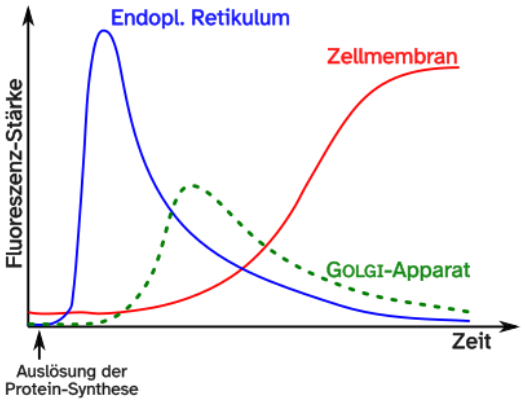
Auch die Fähigkeit von Samen – Fette als Speicherstoffe zu nutzen – beruht auf dem Vorhandensein von Glyoxysomen. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Isozitronensäure (Isocitrat). Je nach Bedarf kann es in dissimilatorische Wege eingeschleust werden und der Energie-Gewinnung dienen. Andernfalls können durch diverse assimilatorische Prozesse die unterschiedlichsten Stoffe produziert werden.

Microbodies sind also hochentwickelte Stoffwechsel-Spezialisten, die auf abgegrenzten Raum alle Werkzeuge und Hilfsmittel für ihren Arbeitsauftrag (vorrangig Entgiftungen und

Hochleistungs-Stoffwechsel) zusammenhalten. Microbodies sind wahrscheinlich evolutionär wesentlich älter als Mitochondrien. In den heutigen Eucyten kooperieren Microbodies und Mitochondrien biochemisch sehr intensiv.

Aufgaben:

1. *Welche nicht richtig bzw. anders funktionierende Microbodies bzw. Lysosomen können Erkrankungen (beim Menschen) bewirken? Woher kommt die Veränderung der Funktion in den meisten Fällen? Erläutern Sie das etwas genauer!*
2. *In einem Versuch haben Forscher die Synthese eines Protein's (über einen Transkriptions-Faktor) ausgelöst. Durch einen experimentellen Kniff wird das Protein in der Zelle immer mit einem fluoreszierenden Anhängsel versehen. Leiten Sie aus dem Diagramm den Weg des Membran-Protein's ab.*

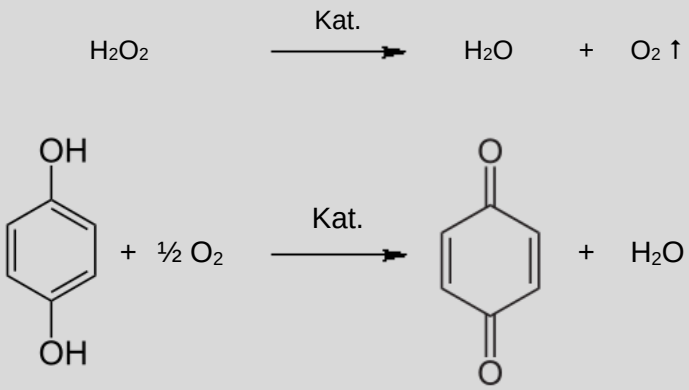


für die gehobene Anspruchsebene:

3. *Erklären Sie, wo das Proteien vorher herkam!*
4. *Stellen Sie eine Hypothese für den Fall auf, dass die Vesikel-Bildung beim GOLGI-Apparat (z.B. durch einen Inhibitor) verhindert wird!*

Exkurs: Katalase als Komponente einer biologischen Waffe

Der Bombardierkäfer *(s) Branchinus spec.* produziert in einer Drüse seines Hinterleibes Hydrochinon und Wasserstoffperoxid. Das Drüsen-Sekret enthält 10 % Hydrochinon und 28 % Wasserstoffperoxid. Bei einer Bedrohung wird ds Sekret in eine Kammer des Hinterleibes gegeben. In dieser "Explosions"-Kammer werden noch zwei Enzyme untergemischt – die Peroxidase und die Katalase. Die Katalase zersetzt das Wasserstoffperoxid sehr schnell in Wasser und Sauerstoff. Das Enzym Peroxidase katalysiert die Redoxreaktion von Hydrochinon mit Sauerstoff zu giftigem 1,4-Benzochinon und Wasser. Die Reaktionen laufen unter sehr starker Wärme-Entwicklung (rund 100 °C) ab. Überschüssiges Sauerstoff-Gas treibt dann die heiße, ätzende Brühe aus der Explosions-Kammer.



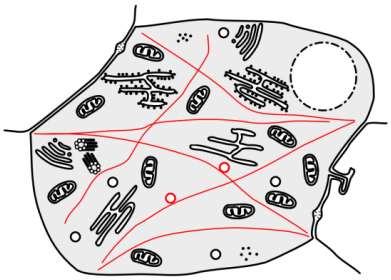


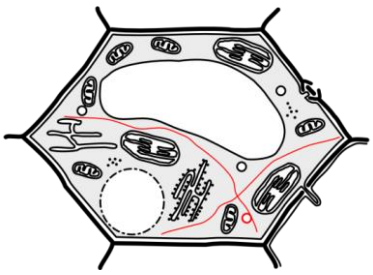
Bombardierkäfer
Q: de.wikipedia.org (Patrick Coin)

Es entsteht auch noch ein Knall-Geräusch, dass seine Wirkung auf den Feind des Bombardierkäfers selten verfehlt.

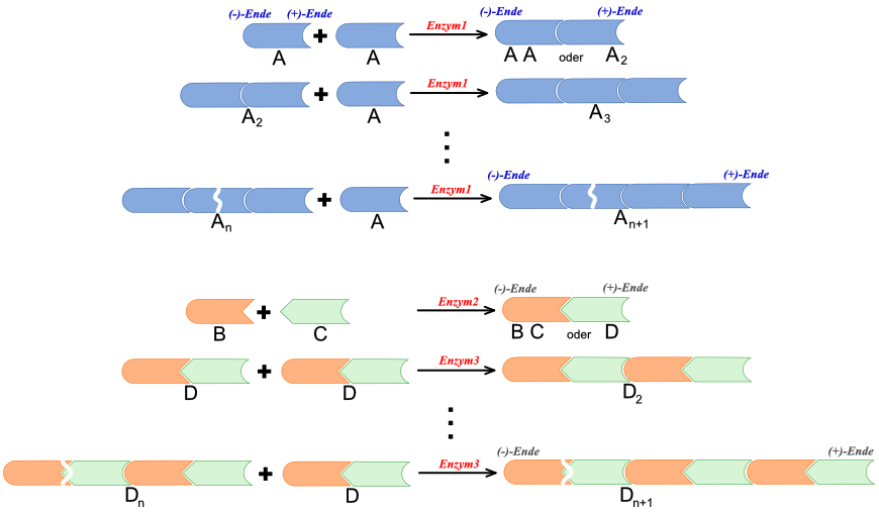
Q der Gitter-Struktur-Formeln: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

2.6. fibrilläre und tubuläre Strukturen



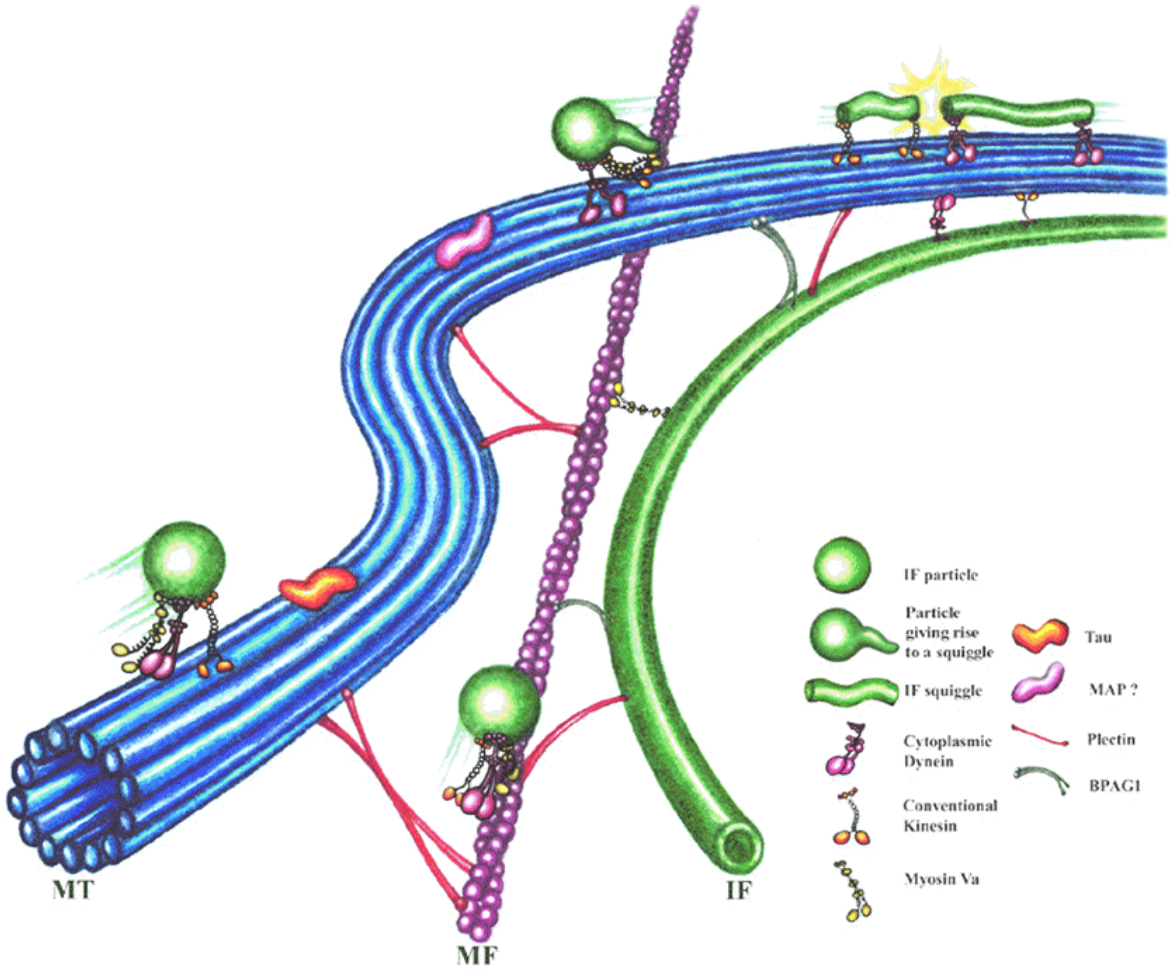


Tubuläre oder fibrilläre (Röhren- oder Faser-förmige) Strukturen (Zell-Skelett) sind in der Zelle für die Formgebung sowie für verschiedene Zell-Bewegungen und intrazelluläre Transport-Vorgänge notwendig.
Alle Fasern (Fibrillen, Filamente) bestehen aus Proteinen. Es handelt sich praktisch immer um Polymere von (monomeren) Proteinen. Da die monomeren Proteine selbst schon Polymere (aus Aminosäuren) sind, kann man hier auch von Hyper-Polymeren – quasi polymeren Polymeren – reden. Die Fasern sind immer durch eine Orientierung charakterisiert. Es gibt also zwei unterschiedliche Enden. Ein Umdrehen der Faser bedeutet auch ein Umdrehen der Orientierung.
Bei den meisten tubulären Strukturen erfolgt an dem einen Ende der Aufbau / die Verlängerung. Dabei helfen andere Proteine (Enzyme). Das zugewinnende Ende wird allgemein als das **(+)-Ende** (Plus-Ende, Wachstums-Region) bezeichnet.
Der Abbau / die Verkürzung ereignet sich am anderen Ende (**(-)-Ende**, Minus-Ende). Auch hierbei sind Enzyme aktiv. Das Verhältnis und der Arbeits-Ort der auf- und ab-bauenden Enzyme bestimmt in der Zelle über die Funktions-Fähigkeit und das Funktions-Spektrum der Fibrillen.



Bei den meisten Faser-bildenden Proteinen läuft die Polymerisierung (Zusammenlagerung, Wachstum) selbstständig ab oder sie überwiegt der Depolymerisation (Abbau).
Alleine schon durch den gerichteten Auf- und Abbau sind Bewegungen der Zelle als Ganzes möglich.
Man unterscheidet hinsichtlich der verwendeten Monomere noch die **homopolymere Fibrillen**, die nur aus einer Art Monomere aufgebaut ist, und die **heteropolymer**en, die aus mindestens zwei verschiedenen Monomeren zusammengesetzt sind.
Im Wesentlichen werden drei Arten von Fasern unterschieden.
Die größten Fasern sind die **Microtubuli** (→ 2.6.2. Mikrotubulli). Sie haben einen Durchmesser von rund 30 nm (1 nm = 1 * 10^{-9} m = 1 * 10^{-6} mm). Microtubuli stellen im Zell-Maßstab riesige Röhren dar, an denen spezielle Bewegungs-Proteine (→ Dyneïn und Kinesin) entlangwandern. Sie können z.B. bestimmte Moleküle oder Zell-Bestandteile – wie z.B. Vesikel – transportieren. Aber sie sind auch in der Lage mehrere solcher Röhren gegeneinander zu verschieben. Dies findet z.B. bei der Kernteilung am Spindel-Apparat und in Geißeln statt.
Mikrotubuli sind ein Beispiel für Hetero-Polymere.
Deutlich dünner sind die **Actin-Filamente** (→ 2.6.5. Aktin-Filamente / Aktin-Myosin-Filamente). Ihr Durchmesser beträgt rund 7 nm. Actin-Filamente sind Bestand größerer

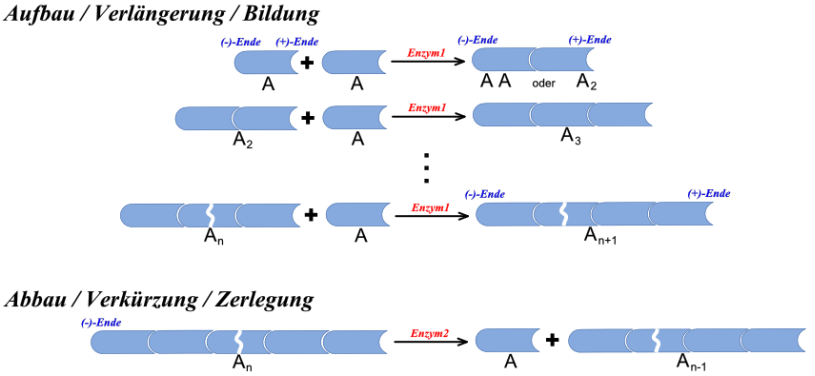
Strukturen – z.B. der Actin-Myosin-Filamente. Diese sind wiederum in höheren Organismen die Bausteine für Muskeln.
Während Actin-Filamente typische Homo-Polymere sind, gehören die Actin-Myosin-Strukturen zu den heteropolymeren Fasern.
Die sogenannten **10-nm-Filamente** (→ 2.6.6. Intermediär-Filamente / 10-nm-Filamente) liegen größenmäßig zwischen den beiden schon beschriebenen Faser-Strukturen. Sie werden deshalb häufig auch als Intermediär-Filamente (intermediär = dazwischen(liegend)) bezeichnet. Die 10-nm-Filamente bilden die Basis für ein inneres Netzwerk von Fasern. Das Netz kann man sich als Filz und bei stärkerer Ausprägung auch als Füll-Material vorstellen.
Sie bestehen typischerweise jeweils nur aus einer Protein-Art und sind deshalb den homopolymeren Fasern zuzuordnen.



Q: http://www.goldmanlab.northwestern.edu/images/iftransportcartoon.gif

Aufgaben:

1. Die Abbildung zeigt das Prinzip von Auf- und Abbau einer homopolymeren Faser. Erstellen Sie ein passendes Schema für heteropolymere Strukturen!

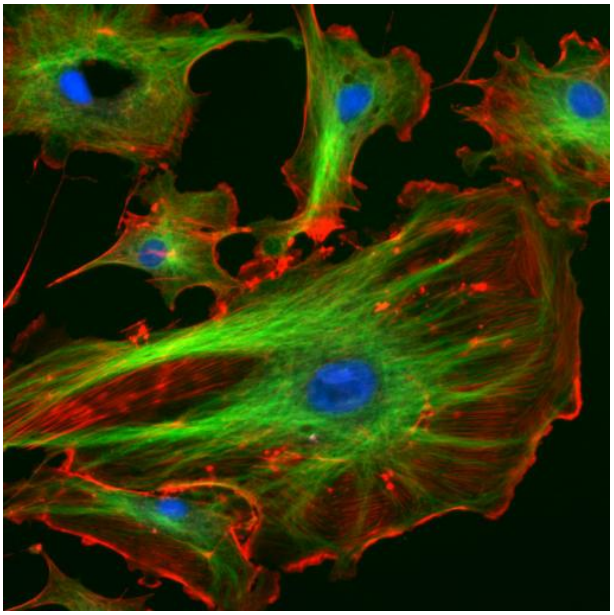


2. Wieviele verschiedene Enzyme werden zum Abbau eines heteropolymeren Proteins mindestens gebraucht? Erklären Sie!
3. Vergleichen Sie allgemein homo- und hetero-polymeren Fasern

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

2.6.1. Zell-Skelett

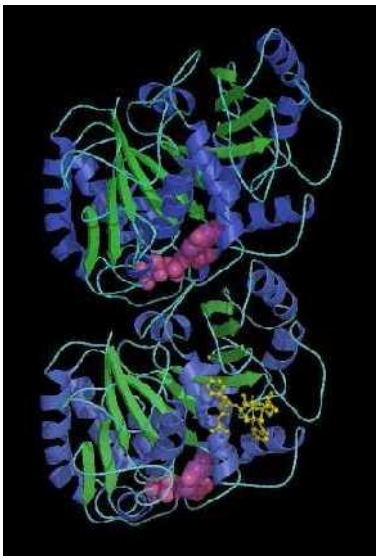
Zellen ohne Zellwand müssten eigentlich auf Grund der Oberflächenspannung und der Druckverhältnisse im Cytoplasma mehr oder weniger kugelförmig aussehen.
Vor allem bei tierischen Zellen wird eine abweichende Zellform durch faserförmige bis netzartige Innen-Strukturen erzeugt.
Spezielle Anfärbungen und Mikroskopier-Techniken (Fluoressenz-Mikroskopie) machen die Moleküle der Innenstrukturen (z.B. Tubulin) sichtbar. Im nebenstehenden Bild sind sie grün fluoreszierend. Die blauen Regionen sind die Zellkerne. Actin-Moleküle und die Zellmembran fluoreszieren rot.
Das Gesamt-Geflecht von Fasern wird Zell-Skelett genannt. Es entspricht funktionell dem Innen-Skelett eines höhreren Tieres.
Viele Zell-Skelette sind nicht nur starr – sie ermöglichen oft auch einfachste Bewegungen. Durch Molekül-interne Konfigurationsänderungen (Actin → 2.6.5. Actin-Filamente) oder Ab- bzw. Aufbau (Tubulin → 2.6.2. Mikrotubulli) sind Längenveränderungen möglich. Letztendlich kann dann bei koordinierten Vorgängen eine Formveränderung oder Bewegung der Zelle erreicht werden.



Q: de.wikipedia.org (rsb.info.nih.gov)

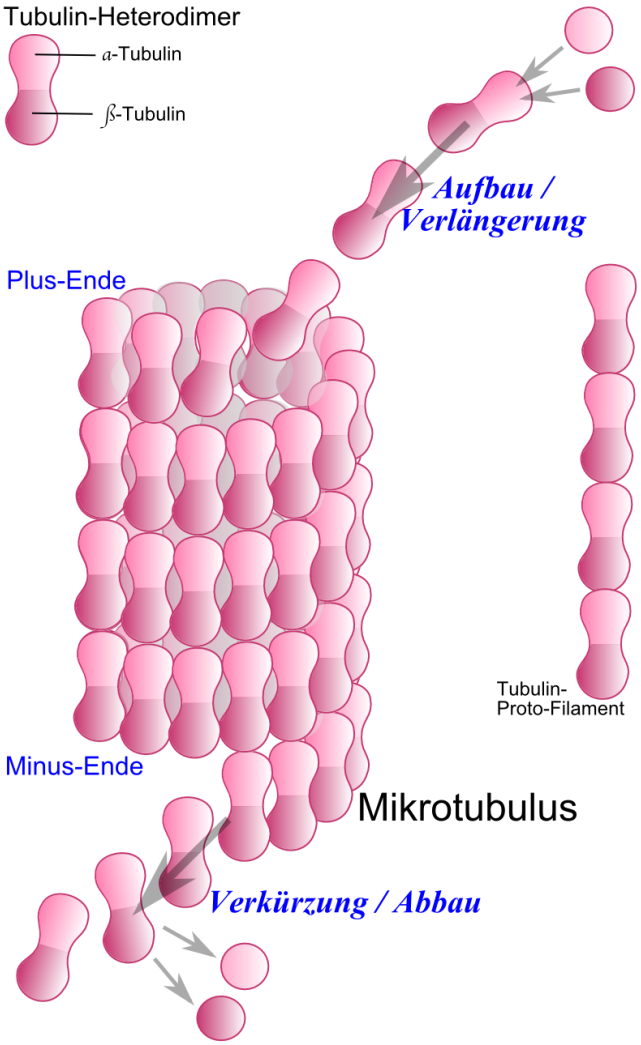
Ein ausgeprägtes Zell-Skelett ist den Eucyten vorbehalten. Procyten besitzen nur vereinzelte Fasern – dann häufig auch nur von einer einzigen Faser-Art.

2.6.2. Mikrotubulli

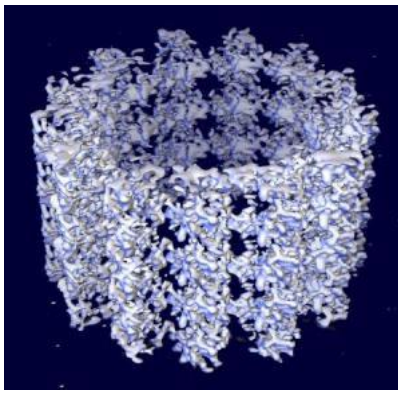


Tubulin-Hetero-Dimer
Q: de.wikipedia.org (Toreau)

Mikrotubuli sind die Grundbauelemente für vile größere Zell-Bestandteile, wie z.B. Spindelapparat und Geißeln.
Der Grundbaustoff ist das Eiweiß Tubulin. Dabei unterscheiden wir noch α- und β-Tubulin. Von der Raumform kann man sie sich wie Maiskörner vorstellen. Jeweils ein α- und β-Tubulin bilden zusammen eine Baueinheit (Hetero-Dimer) für die Tubulin-Makromoleküle.
Das Hetero-Dimer ist quasi der Baustein (Monomer) für das Makro-Molekül.
Die Heterodimere können weiter polymerisieren. Dabei ist die Polymerisierung außer in die Längsrichtung (Proto-Filamente) auch zur Seite hin möglich. Durch die spezielle Molekülform des Tubulins kommt es nicht zur Ausbildung einer Fläche, sondern nach 13 bis 14 Molekülen zum Ringschluss mit einem leichten Versatz der Monomere. So entsteht eine Helix (Spirale, Schrauben-Struktur). Das Längs-Wachstum der gesamten Helix erfolgt ungefähr mit 8 µm / s.
Ein Stoff aus der Herbstzeitlosen (*(s) Colchicum autumnale*) – das Colchicin – verhindert die Zusammenlagerung der Tubulin-Monomere. In der experimentellen Biochemie wird es deshalb zur Unterbrechung von Vorgängen an und mit Mikrotubuli verwendet.
Eine sehr verbreitete Anwendung ist die **Fixierung** von einzelnen Phasen der Zell-Teilung (Mitose). Der aus Tubulin bestehende Spindel-Apparat kann sich nach Colchicin-Behandlung nicht mehr verändern und steht dann z.B. für mikroskopische Untersuchungen bereit.
Das fertige helikale Gebilde erinnert dann auch an einen Maiskolben. Die Hohlstruktur hat einen Außendurchmesser von 18 bis 30 nm. Damit gehören sie zu den größeren Faser-Strukturen und werden deshalb auch als Makrofilamente bezeichnet.
Die Bildung der polymerisierten Strukturen (Nukleation) erfolgt nicht spontan, sondern an sogenannten Mikrotubuli-Organisations-Zentren (MTOC). Fertige Mikrotubuli werden dann vom MTOC abgelöst. Weitere sehr langgestreckte Proteine (Mikrotubulus-assoziierte Proteine, MAPs) setzen sich in die Furchen und stabilieren den gesamten Komplex noch weiter.
Der Abbau von – nicht mehr benötigten – Mikrotubuli erfolgt am Minus-Ende (Abbau-Geschwindigkeit: 17 µm/s).
Die regelmäßigen Strukturen des Mikrotubulus und das Tubulin selbst auch bieten wieder Ansatzstellen für weitere Eiweiße (z.B. Dynein, Kinesin, …) sowie diverse andere Haft- und Anker-Moleküle (→ 2.1.4.2.5. Zusammenspiel verschiedener Proteine der Zellmembranen).

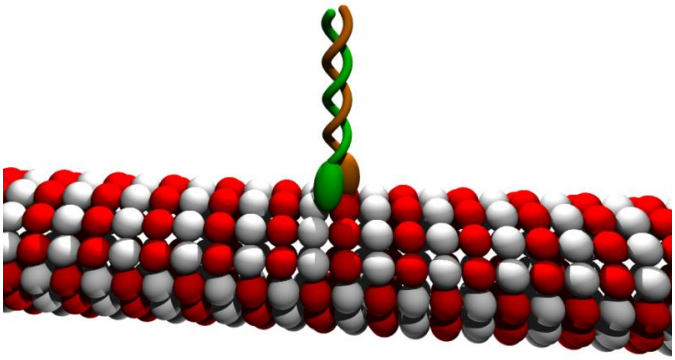


Bewegungen in Längsrichtungen (Verkürzung bzw. Verlängerung) stellt man sich heute folgendermaßen vor. Durch dynamische (chaotische) Auf- und Abbau-Vorgänge kommt es an verschiedenen Stellen zu Verlängerungen oder Verkürzungen. U.U. werden diese durch Anbindung an Anker-Proteine beendet und damit stabilisiert. Weitere "Kriterien" für die Intensität der Auf- bzw. Abbau-Vorgänge sind innere Regulations-Vorgänge über die "Zweckmäßigkeit" der aufgebauten bzw. abgebauten Strukturen.



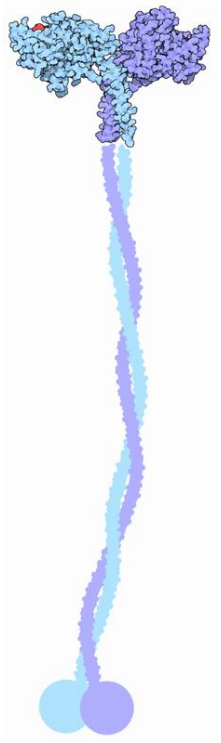
Tubulus-3D-Rekonstruktion aus Kryo-EM-Aufnahmen
Q: de.wikipedia.org (United States Department of Energy (Lukius))

Die Mikrotubuli fungieren aber auch als Schienensystem. Das Motor-Protein **Kinesin** (schraubesförmiges Molekül mit "Füßchen") sitzt auf den Mikrotubuli. Unter ATP-Verbrauch macht das Kinesin einen "Schritt" (8 nm) über ein Tubulin-Hetero-Dimer (je eine rote u. weiße Kugel in der schematischen Abb.) hinweg. Bei der Bewegung ist immer ein "Beinchen" mit dem Mikrotubuli verbunden. Das andere Beinchen bewegt sich in die Zielrichtung und setzt sich dort fest.
Das lose Beinchen wird quasi nachgezogen. Das Bewegungs-Prinzip wird **"3"** genannt.
Vergleichbar ist die Bewegung mit dem "Hangeln an einem Seil" oder wie "Gehen im Handstand".

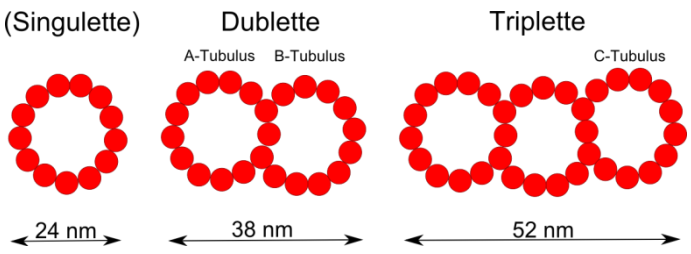


Q: de.wikipedia.org (Moez)

Am langen Ende des Kinesin können größere Objekte (z.B. Visikel) andocken, die so langsam durch die Zelle gezogen (Kraft 5 pN) werden. Die Wanderung ist immer in Aufbaurichtung des Tubulus (Minus-nach-Plus bzw. vom Centrosom weg). Leichte Lasten werden so ungefähr mit 800 nm/s transportiert.
Auf die Größe eines PKW-Motors umgerechnet, vollbringt ein Kinesin-Molekül die 10fache Leistung (rund 1'000 PS bzw. 735 kW).
Das etwas anders gebaute **Dyneïn** (Protein mit "kurzen gespreizten Beinchen") wandert in die Gegenrichtung (zum Minus-Ende). Das Bewegungs-Prinzip entspricht dem eines Kinesin-Molekül's.
Mikrotubuli sind in Nervenzellen z.B. am axonalen Transport von Neurotransmittern beteiligt (📖 **Neurophysiologie**).
In der Zelle finden wir auch höher organisierte Mikrotubuli. Bei diesen bilden zwei oder drei Röhren eine Einheit. Die erste Röhre (A-Tubulus, Subfaser A) wird um einen Dreiviertel-Ring (B-Tubulus, Subfaser B) von (9 –)10 Hetero-Dimeren ergänzt. Drei (bis vier) Tubulin-Dimere werden in der Dublette (auch: Duplette, Doppeltubuli) gemeinsam benutzt.



Q: www.rcsb.org

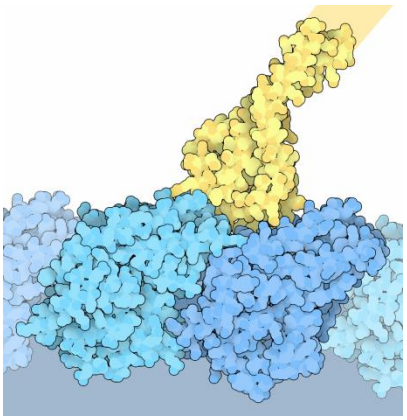


Eine eventuelle dritte Röhre (C-Tubulus, Subfaser C) ist auch wieder so eine Erweiterung um (9 –)10 Hetero-Dimere.
Innerhalb der Zelle unterscheidet man stabile und labile (dynamische) Mikrotubuli. Zu den stabilen gehören solche Mikrotubuli, die zur Stabilisierung der Zell-Form (Zell-Skelett) beitragen. Weiterhin gehören hierzu die Centriolen, Cilien und Geißeln. Solche Tubuli, die nur sporadisch oder temporär für den Spindel-Apparat erst auf- und dann auch wieder abgebaut werden, zählen zu den labilen Mikrotubuli. Ihr Wachstum kann durch spezielle "Spindel-Gifte" (z.B. Colchicin) unterbunden werden.

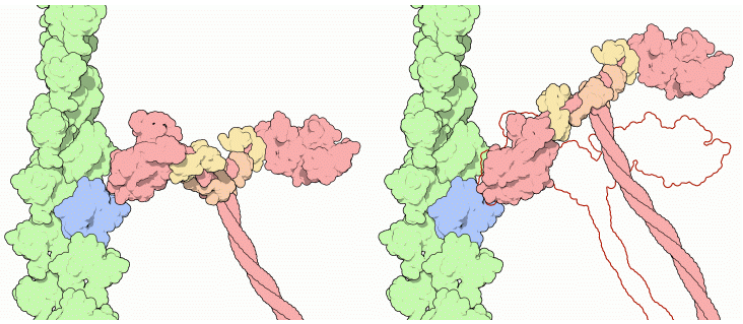
interessante(r) Internet-Link(s):
http://www.scripps.edu/cb/milligan/projects.html
Kinesin in Aktion (Animation)

Aufgaben:

1. *Berechnen Sie die die Geschwindigkeit des Kinesin-Moleküls in mm/s, m/s, m/h und km/h!*

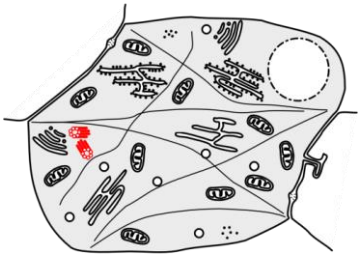


Dynein (gelb) am Actin-Filament (blau)
Q: rcsb.org [Molecule of the Month]

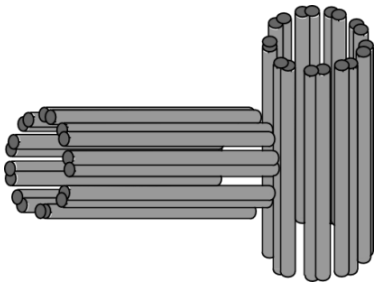


Actin-Myosin-Komplex (links: entspannt; rechts: kontrahiert)
Q: rcsb.org [Molecule of the Month]

2.6.2.1. Centriolen und Spindelapparat

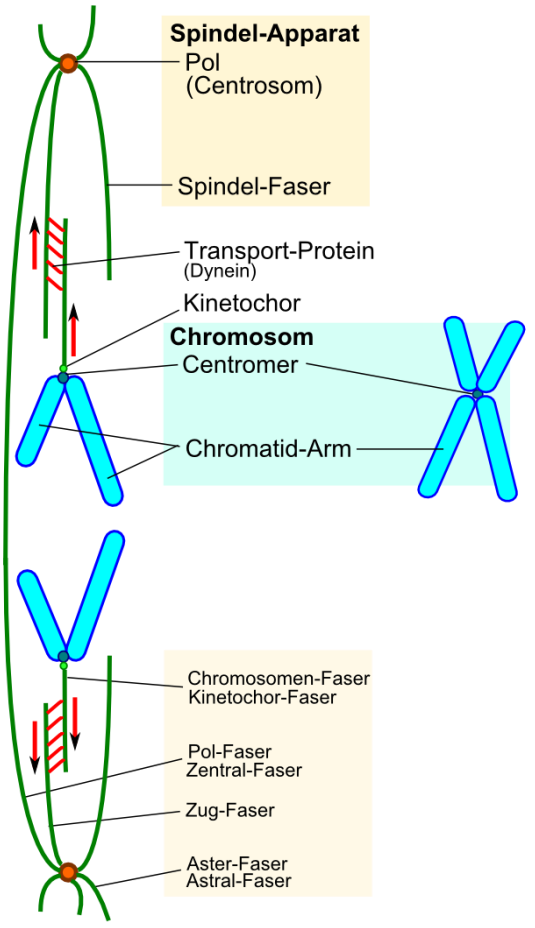


Die verschiedenen Mikrotubuli-Strukturen (also Singuletten, Dublette und selten auch Tripletten) sind die Bauelemente z.B. für Centriolen und Cilien.
Im Centrosom liegen die rund 150 nm dicken (Durchmesser) und 300 bis 500 nm langen Centriolen. Sie haben eine röhrenförmige Struktur. Eine Röhre selbst ist aus 9 ringförmig angeordneten Dubletten oder Tripletten aufgebaut (selten nur Singuletten).
Die Vermehrung von Centrosom und Centriolen erfolgt in der Interphase. Centrosomen enthalten wahrscheinlich ihre eigene DNA. Ein Tochter-Centriolen bildet sich neben dem Mutter-Centriol (scheinbar aus dem Nichts). Der neue Centriol steht senkrecht zum alten. Wie genau diese Vorgänge ablaufen, ist noch ungeklärt.
Centriolen sind an der Bildung von Geißeln und des Spindelapparates (auch: Kern-Spindel, Mitose-Spindel) beteiligt.



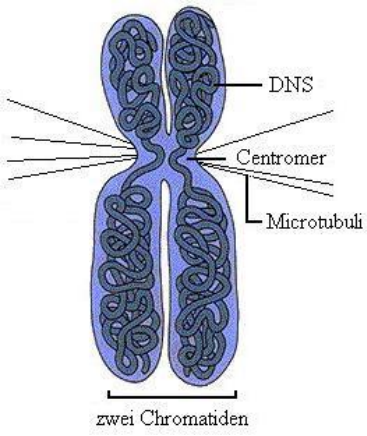
zwei Centriolen eines Centrosoms

Zur Ausbildung des Spindelapparates teilt sich das Centrosom in seine zwei Centriolen und diese wandern dann in Richtung der Zellpole. Zwischen den Centriolen, die man jetzt als Pole bezeichnet, werden dabei die Spindelfasern ausgebildet. Diese bestehen aus einem bis mehreren – z.T. verdrillten – Mikrotubuli.
Die Zentralfasern spannen sich zwischen den Centriolen durch die ganze Zelle auf. Viele zentrale Fasern reichen aber nur bis deutlich in die andere Zell-Hälfte hinein. Die polaren Fasern, wie sie ebenfalls oft genannt werden, sind sehr stabil. Sie bilden sozusagen das feste Rückrat / den Abstands-Halter des Spindel-Apparates.
Damit die Centriolen fest an den Zell-Polen liegen bleiben, gehen mehrere Mikrotubuli-Fasern Strahlen-förmig – quasi als Anker – vom den Centriolen ins Cytoplasma ab. Einige astrale Fasern sind an der Zell-Membran verankert, was zusätzliche Halt gibt.
In der Metaphase der Mitose sind bestimmte Mikrotubuli am Centromer des Chromosoms (mittels Kinetochore) verankert.
Der Spindel-Pol wird wegen der Koordinierung des Mikrotubuli-Wachstums auch Mikrotubulus-Organisationszentrum (MTOC) genannt. Das Minus-Ende einer Tubulin-Fibrille befindet sich immer an einem MTOC. Der Auf- und Abbau wird über den Energie-Träger GTP – ein ATP-Äquivalent – energetisch abgesichert.
Transport-Proteine sorgen in der Anaphase (z.B. Dynein) dafür, dass die Spindelfasern aneinander vorbei gleiten. Der Chromatid wird gewissermaßen zu den Polen gezogen.

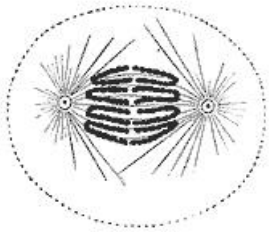


Spindel-Apparat beim Teilen eines Chromosoms während der Mitose (hier: Anaphase)

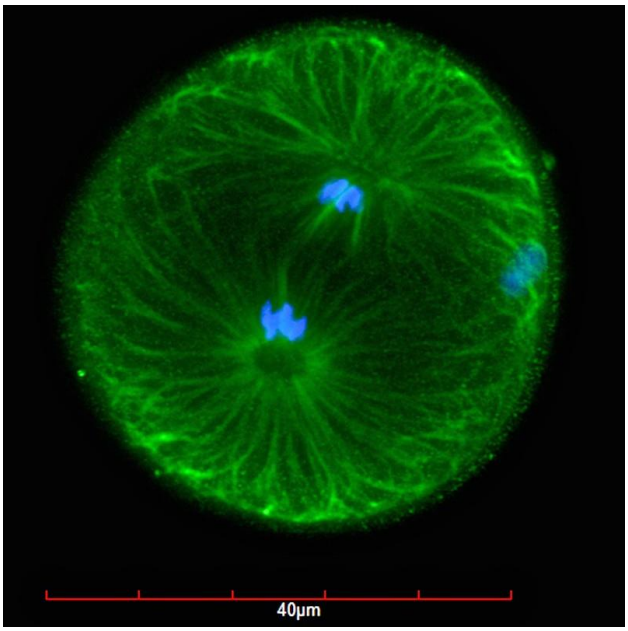
Derzeit verdichten sich auch Forschungsergebnisse, die den wesentlichen Teil der Bewegung am Kinetochor sehen. Dort sollen Transport-Proteine sitzen, welche die Bewegung an der Spindelfaser realisieren.



Mikrotubuli des Spindelapparates
an einem Chromsosom
Q: de.wikipedia.org
(Ron de Leeuw (geänd. Drews))

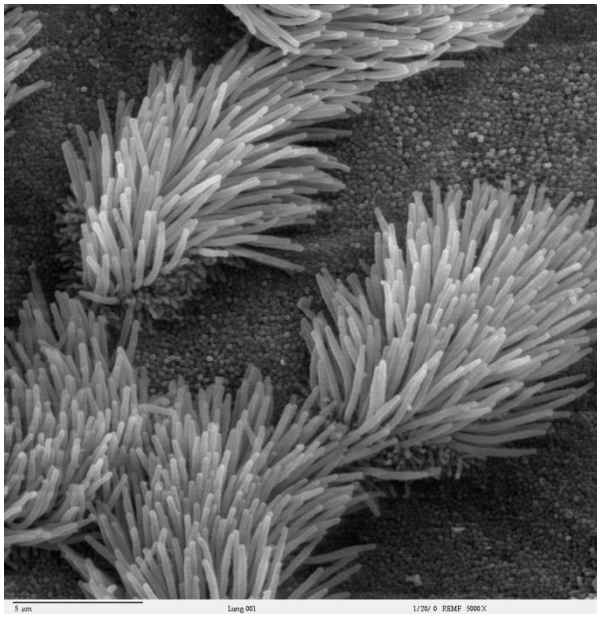


Spindelapparat
(Anaphase der Mitose)
Q: de.wikipedia.org



Spindel-Apparat; Fluoreszenz-Aufnahme
Q: www.flickr.com (VA Institute of Marine Science (Hotta Masaru))

2.6.2.2. Cilien



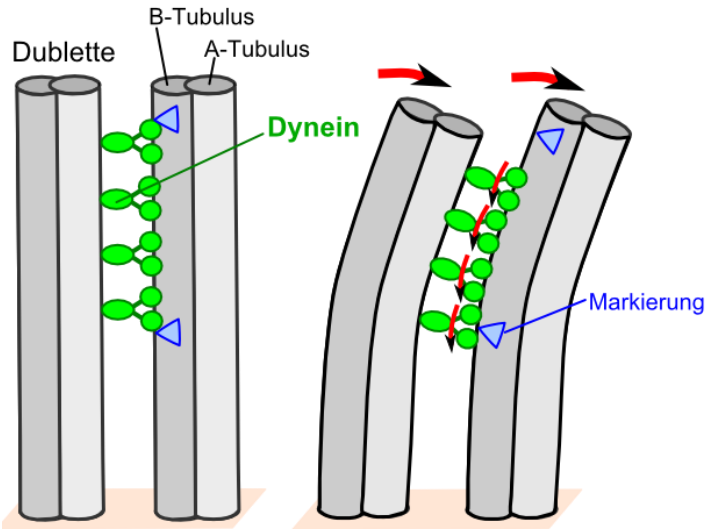
Q: de.wikipedia.org (Charles Daghlian)

Cilien und Geißeln werden unter dem Begriff Undulipodien zusammen gefasst. Sie haben die gleichen Fortbewegungs-Funktionen und einen grob ähnlichen Bau.
Von Cilien (Wimpern) sprechen wir, wenn es sehr viele an der Zelloberfläche sind und sie aus Tubulin aufgebaut sind. Bei einzelnen Undulipodien spricht man eher von Geißeln (Flagellen). Ihr Bau-Protein ist das Flagellin. Geißeln sind zudem größer und länger. Wimpern zeichnen sich durch eine Hin-und-Her-Bewegung aus. Den Bakterien-Flagellen ist eine echte Rotation eigen.
Cilien sind vor allem bei Eukaryoten zu finden (Flagellen sind typische Bauteile von Prokaryoten).
Das Flimmer-Epithel in der Luftröhre des Menschen (s. Abb.) ist ein gutes Beispiel für den Cilien-Besatz einer Zelloberfläche.
In der Axonem genannten Mikrotubuli-Anordnung ordnen sich 9 Dubletten um zwei zentrale Einzel-Tubuli an. Vom B-Tubulus stellen Dynein-Moleküle eine Verbindung zum A-Tubulus der nächsten Dublette im Kreis her. Der Abstand zwischen den Dubletten wird durch Nexin– u. Dynein-Moleküle aufrechterhalten. Die Gesamtstruktur hat einen Durchmesser von rund 150 nm.



Axonem (Mikrotubuli-Gerüst) einer Cilie

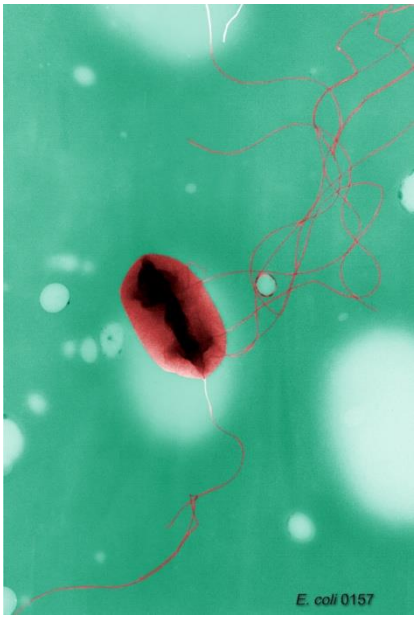
Die Bewegung der Cilien wird durch eine Gleitbewegung zwischen den Mikrotubuli-Strukturen erreicht. Das zwischen den Dubletten liegende Dynein (Abb. rechts: grün) macht unter ATP-Verbrauch eine Formveränderung (praktisch 2 Schritte mit den "Beinchen") durch. Diese verschiebt die Mikrotubuli gegeneinander – die Mikrotubuli gleiten gewissermaßen aneinander vorbei. Das Protein Nexin sorgt für einen gleichbleibenden Abstand zwischen die Mikrotubuli in der Axonem-Struktur.
Durch koordinierte Muster der Dynein-Aktivierung entstehen verschiedene Bewegungsmuster z.B. bei den Cilien. Wie diese Musterbildung und die Koordinierung zwischen benachbarten Cilien erfolgt, ist noch unbekannt.



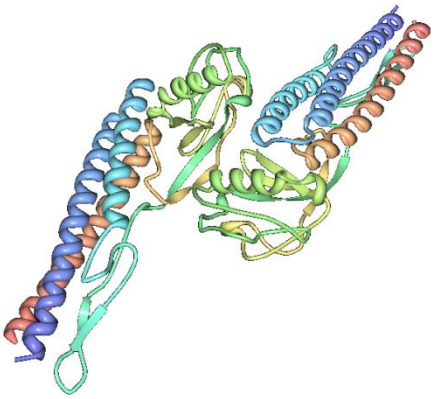
Erzeugung einer seitlichen Bewegung durch koordinierte Verschiebung der benachbarten Dubletten durch das Transport-Protein Dynein

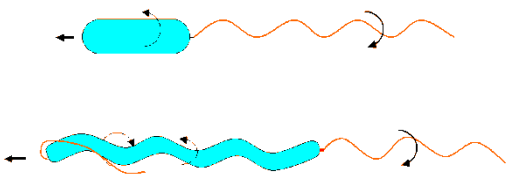
2.6.2.3. Geißeln / Flagellen

Wie schon besprochen, haben Geißeln einen grob ähnlichen Aufbau, wie Cilien. Der Baustoff der Faser-förmigen Struktur ist das Protein Flagellin. Flagellen findet man nur bei Prokaryoten.
Der Basalkörper (Kinetosomen) – sozusagen die Wurzel einer Geißel – entspricht einem Centriol.
Bakterien-Geißeln sind recht starr und rund 10 µm lang. Mit einem Duchmesser von 10 – 20 nm sind sie etwas dünner als ein Mikrotulus aus Tubulin. Der Grundaufbau eines Flagellum ist ähnlich wie bei den Mikrotubuli. Hier liegen 8 – 11 Moleküle im Röhrenring. Auch das Flagelin bildet Dimere, die aber immer aus zwei gleichen Bauelementen bestehen. Somit handelt es sich um sogenannte Homo-Dimere (auf den Zusatz Homo wird im Allg. verzichtet). Der Ring – oder besser die Molekül-Spirale – wird aus gleichartigen Flagelin-Dimeren aufgebaut. Praktisch ist das ganze Gebilde dann ein Flagellin-Polymer.
Verankert ist die Geißel in der Zell-Membran mit einer extrem komplexen Protein-Struktur. Da diese für eine Dreh-Bewegung der Geißel sorgt, nennt man dieses den Motor-Teil. Einige Proteine bilden zudem ein Kugellager-ähnliches Gebilde. Andere Proteine wieder sorgen für den Antrieb (Motor-Domäne).
Der Treibstoff der Bakterien-Geißeln sind Wasserstoff-Ionen (Protonen). Diese sind durch aktive Transportprozesse (Ionen-Pumpe) außerhalb der Zelle angehäuft worden. Es besteht ein großes Konzentrations.Gefälle zum inneren Bereich (Cytoplasma), was einer elektrischen Spannung (Potential) entspricht. Die äußere Hülle der Bakterien übernimmt dabei eine Art Speicher-, Isolations- und Abgrenzungsfunktion.
Die Wasserstoff-Ionen sammeln sich vornehmlich in der äußeren Bakterien-Hülle bzw. zwischen der Zellmembran und der Hülle. Überschüssige Protonen "strömen" nun über den Flagellen-Motor in das Cytoplasma zurück und treiben dabei den Rotor an.
Die Leistungsfähigkeit eines Geißel-Antrieb's bei Bakterien ist beachtlich. Auf menschliche Verhältnisse umgerechnet erzeugen die Geißeln eine Geschwindigkeit von 180 km/h.
Im Prinzip ist der Flagellen-Motor ein kleiner (kleinster) Elektromotor. Er arbeitet mit 40 – 50 Umdrehungen pro Sekunde – was einer Frequenz von 40 – 50 Hz entspricht. Könnten wir die Geißel-Bewegung hören würden wir ein Brummen vernehmen.

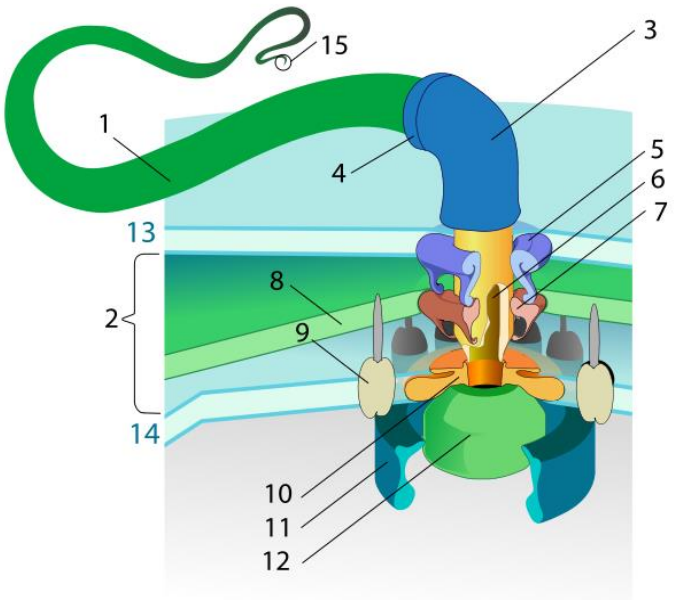


Eschrichia coli-Bakterium mit Geißeln
Q: de.wikipedia.org (original: US CDC (White))


Flagelin-Dimer
Q: www.rcsb.org mit ProteinWorkshop visualsiert, bearb. drews


Q: de.wikipedia.org (Brudersohn)

Mit der Rotation sorgt die Geißel auch gleichzeitig für ihren eigenen Aufbau. Das Flagelin wird im Cytoplasma gebildet. Von hier gelangt es über die hohle Geißel ans Ende der Selbigen. Dort angekommen, wird es an das Geißel-Ende angehängt.

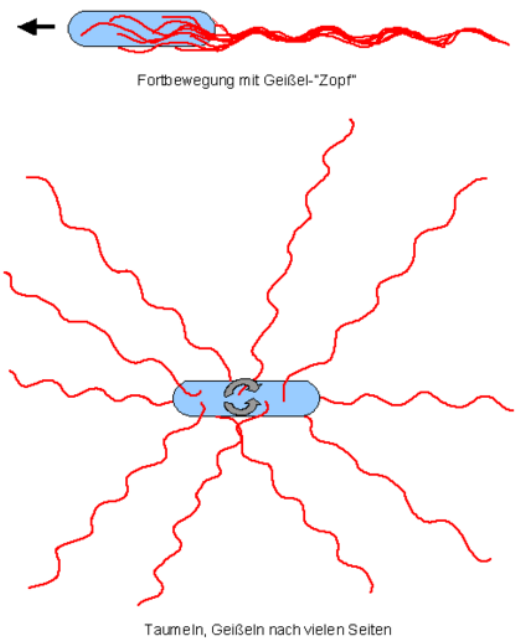


1 .. Geißel
2 .. periplasmatischer Raum
3 .. Winkelstück
4 .. Koppelstück
5 .. Lager (L-Ring)
6 .. Rotor
7 .. Lager (P-Ring)
8 .. Zellwand
9 .. Stator
10 .. MS-Ring
11 .. C-Ring
12 .. Typ III-Sekretionssystem (Drehrichtungsumsteller
13 .. äußere Membran
14 .. Cytoplasmamembran (innere Membran)
15 .. Geißeldeckel

"Technische" Daten:
Arbeitsspannung: 25 – 125 mV; bis 20000 Umdrehungen min-1; Wirkungsgrad bei 80 %

Q: de.wikipedia.org (LadyofHats)

Verwunderlich ist der extrem spezialisierte und abgestimmte Aufbau der Geißel. Am Bau sind ungefähr 40 verschiedene Proteine beteiligt. Dazu kommen noch 8 Proteine zur Steuerung der Bewegung. Wie diese evolutionär entstanden sein sollen, ist in vielen Teilen noch ungeklärt. Jedes einzelne Protein ist für die Gesamt-Funktion unabdingbar. Eine kleinschrittweise Entstehung (durch einzelne Mutationen) ist nur für einige Teilgebilde vorstellbar. Aber selbst die sind schon sehr komplex und wahrscheinlich nur in speziellen Konstellationen funktionabel. (Da kann man schon mal den intelligenten Designer (Kreatinismus) auf die Tagesordnung rufen. Aber "leider" gibt es für ihn auch keinen Beweis, so dass die Forschung hier noch riesigen Nachholebedarf hat!)
Die Aufklärung der Funktionsweise der Geißel erfolgte schon 1973 durch Howard BERG und Robert ANDERSON.



Q: de.wikipedia.org (Brudersohn)

Aufgaben:

1. Vergleichen Sie Cilien und Geißeln!

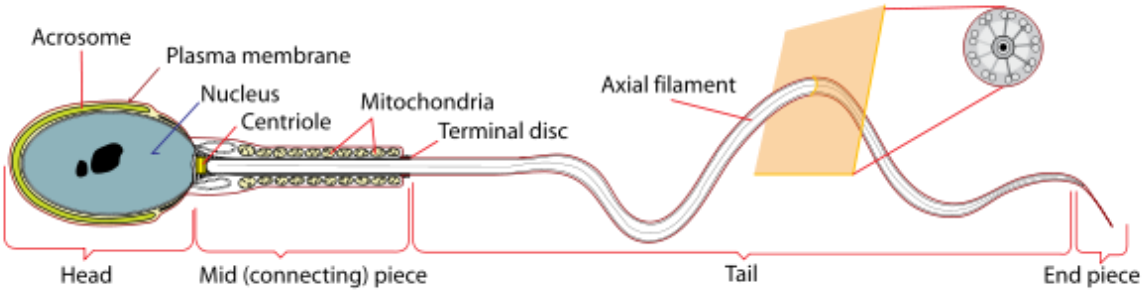
2. Finden Sie in der Abbildung des "Flagelin-Dimer" die einzelnen Monomere!

für die gehobene Anspruchsebene:

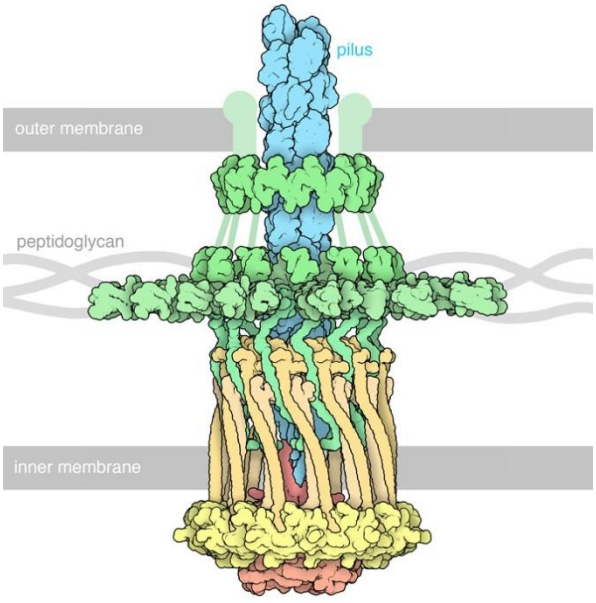
3. Informieren Sie sich über das kreationistische Weltbild! Wo und wie steht dieses im Widerspruch zur modernen Biologie?



begeißelte Procyten
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)



Spermium (Spermatozoe), Bau und Bestandteile
Q: de.wikipedia.org ()

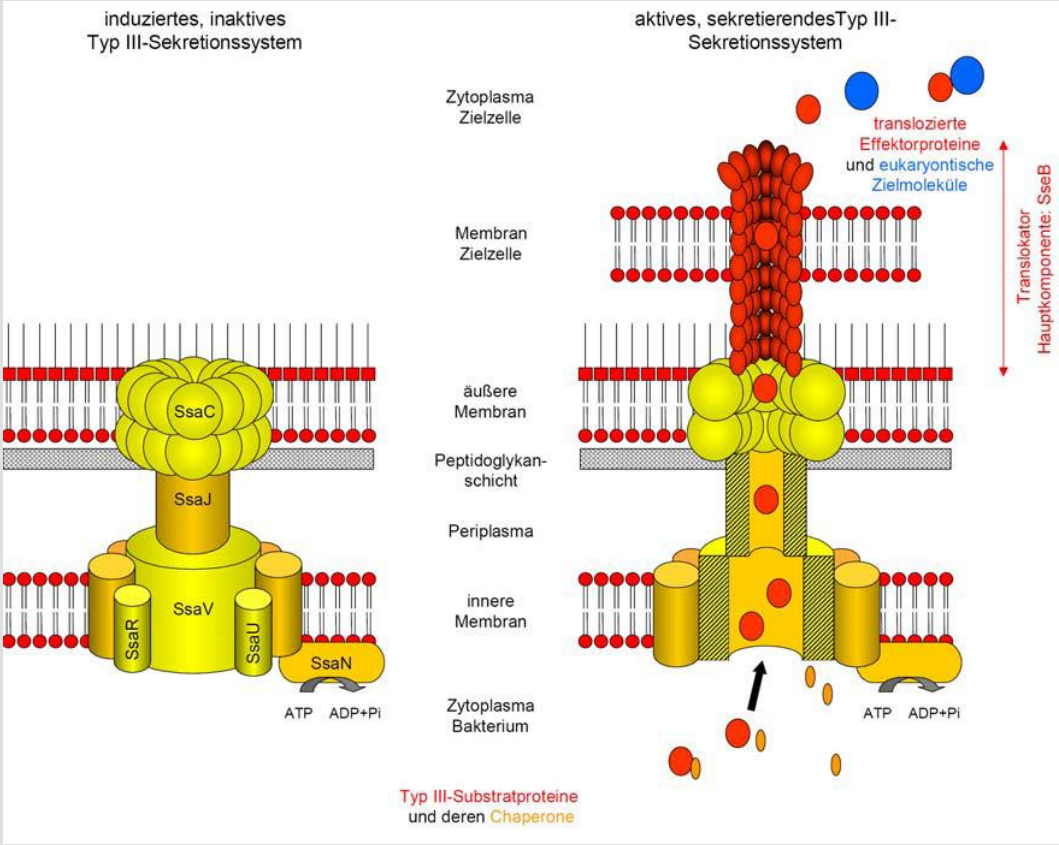


Pilus-Maschine (Molekül-Modell)
Q: rcsb.org [Molecule of the Month]

interessante(r) Internet-Link(s):
www.nanonet.go.jp/english/mailmag/2004/011a.html
(Bilder + Movie (Erforschung; 34 min lang; Aufbau u. Funktionsweise (zw. ~ 18. u. 23. min.)))

Exkurs: molekulare Gift-Spritzen

Abgewandelte Geißeln werden von einigen Bakterien als "Gift-Spritzen" verwendet. Statt dem Flagellin wird ein – für fremde Organismen und Zellen giftiger – Stoff durch die Hohl-Struktur gepresst.
Salmonellen und die Erreger der Pest benutzen solche Einrichtungen, um ihre Wirts-schädigenden Stoffe zu übertragen.
Die Rotation wurde durch eine Eiweiß-Pump-Funktion erzielt.



Q: Diss. v. Tobias POLCH (*Schema modifiziert nach RAPPL sowie FIELDS KA & HACKSTADT*)

Internet-Links:

Exkurs: Kreationismus

Der Kreationismus ist die Lehre von der Erschaffung der Welt (/ des Universums) durch einen nicht näher spezifizierten Schöpfer.
Auch wenn es viele Spielrichtungen des Kreationismus gibt, ist man sich einig darüber, dass ein Schöpfer das Universum, das Leben oder auch die Menschen quasi aus dem Nichts (oder zumindestens etwas für uns nicht Fassbares) geschaffen hat. Die einen nennen ihn dann Gott oder benennen eine andere Gottheit, andere bleiben (und damit naturwissenschaftlich exakt!) bei einem unbestimmten Designer. Der Schöpfer kann aus unserer Welt oder durch uns nicht erfasst oder erkannt werden. Die Kreatinisten suchen und dokumentieren nun solche naturwissenschaftlichen Phänomene, die als "Spuren" der Arbeit eines Schöpfers gedeutet werden können. Das sind vor allem solche Phänomene, die eine komplexe Lösung der Natur für ein evolutionäres Anpassungs-Problem darstellen.
Früher waren die verschiedenen Augen der Organismen ein Musterbeispiel. Heute wird dieses Beispiel nur noch von den ewig Gestrigen und wenig Gebildeten immer wieder benutzt. Wissenschaftlich ist das Beispiel schon lange überholt.
Die komplizierten Augen vieler Organismen (z.B. des Menschen oder der Insekten) machen nur Sinn, wenn alle Teile perfekt miteinander funktionieren und optimal aufeinander abgestimmt sind. Passt irgendetwas nicht, dann funktioniert das Auge eben nicht. Geht man von dieser Bedingung aus, dann müsste in der Evolution eine oder mehrere Super-Mutation aufgetreten sein, um das Auge aus dem Stand heraus zu erschaffen. Da das sehr unwahrscheinlich ist, verleibten sich die (früheren) Kreationisten das Auge als Schöpfer-Spur ein. Und das würde bedeuten, wenn es nur einen Beweis für einen Designer gibt, dass dann wohl auch alles Andere die Arbeits-Ergebnisse eines Schöpfers sind. Die Schöpfungs-Geschichte, wie sie die Bibel erzählt, könnte damit prinzipiell wahr sein.
Die DARWINisten geben eine andere Enstehungs-Geschichte an, die ihrem Grundverständnis von evolutionären Prozessen folgt. Nach DARWINS Theorie unterscheiden sich die Individuen in kleinen Merkmalen. Heute wissen wir, dass dies durch Mutationen (immer wieder) passiert. Einzelne dieser Merkmals-Träger sollen dann mal besser oder schlechter an die vorherrschenden Umwelt-Bedingungen angepasst sein. Die Benachteiligten werden eher sterben oder gefressen werden oder nicht so leistungsfähig sein und damit wahrscheinlich weniger Nachkommen zeugen. Die Bevorteilten werden sich entsprechend besser fortpflanzen. So sollen sich die Besseren (Fitteren) nach und nach durchsetzen.
Bezüglich des Auges ist also die Entstehung nach DARWIN auf Schlag sehr unwahrscheinlich. Viel wahrscheinlicher, und durch Folgen von Fossilien usw. viel besser belegt, ist die schrittweise Entstehung von optischen Sinnes-Organen. Ganz zu Anfang waren es noch nicht mal Organe, sondern nur Licht-empfindliche Regionen innerhalb einer Zelle (damals gab es ja nur Einzeller!). Jeder Einzeller, der so einen funktionierenden Fleck hatte, der konnte zumindestens Hell und Dunkel unterscheiden, was einen evolutionären Vorteil bedeute. Später haben sich dann in Mehrzellern mehrere solcher Licht-empfindlichen Zellen gesammelt und deren Träger nach und nach das gerichtete und später auch das räumliche Sehen ermöglicht. Linsen, Glaskörper und Blenden verbesserten die Leistungsfähigkeit noch weiter. Träger der Mutationen für solche optischen Errungenschaften waren den anderen jeweils überlegen und konnten sich evolutionär durchsetzen. Also können schon Teile eines Auges oder auch schlecht funktionierende Augen einen evolutionären Vorteil erbringen. Eine schrittweise DARWINsche Entstehung der hoch-komplexen Augen wird damit sehr wahrscheinlich.
Z.B. behaupte(te)n Kreationisten (lange), dass das Fliegen mit Federn und Flügeln ein typischer Beweis für einen Schöpfer ist. Denn langsam herausgebildete, halbe oder kleine Federn ermöglichen eben kein Fliegen. Nur die richtige lange Schwung-Feder ermöglicht das Segeln, Gleiten oder aktive Fliegen der Vögel. Mit ihrer Argumentation der langsamen – Schritt-für-Schritt – Entstehung durch punktuelle Muationen und deren Auslese hatten es die DARWINisten da sehr schwer. Mitlerweile erscheint aber ein anderer Entstehungsweg der Federn wesentlich wahrscheinlicher, und der ist sehr DARWINistisch. Man geht heute davon aus, dass die Feder gar nicht als Flug-Detail erfunden wurde, sondern als ein Instrument der Wärme-Isolation. Die evolutionär gerade (vor 250 Mill. Jahren) – oder eben gerade deshalb –

entstandenen gleichwarmen Tiere konnten sich mit den Federn besser vor der Auskühlung (– aber auch vor Überhitzungen von außen! –) schützen. Das gleiche Prinzip wird ja dann auch später von den Säugetieren mit ihren Haaren – also dem Fell – realisiert. Gleichwarme Tiere sind wesentlich unabhängiger von der Umgebungs-Temperatur und können in einem breiteren Temperatur-Bereich flüchten, jagen oder andere Aktivitäten durchführen. Sehr wahrscheinlich ist das Fliegen dann erst viel später aus dem Gleiten (z.B. von Bäumen oder Felsen herab; möglicherweise als Flucht-Variante) entstanden.
Ein großes Kopfzerbrechen bereitet den DARWINisten aber ein anderes Muster-Beispiel der Schöpfungs-Spuren. Die Geißel und der sie betriebende Ionen-Motor. Dazu findet Sie aber mehr Informationen im zugehörigen Abschnitt (→ 2.6.2.3. Geißeln / Flagellen) und im Exkurs (→ molekulare Gift-Spritzen).
Ein Problem mit den ganzen materiell-naturwissenschftlichen Gegen-Argumenten ist es, dass selbst wenn alle den Schöpfer an dieser Stelle ausschließen, es gibt damit noch lange kein Beweis, dass es IHN nicht gibt. Das genau kann Naturwissenschaft aber eben niemals beweisen.
Viele führende Kreationisten sind trotzdem (oder gerade deshalb) Naturwissenschaftler. Sie versuchen mit sauberen – aber eben auch populistischen – Methoden ihren Standpunkt zu belegen. Sie sind Zweifler und reklamieren für sich, im wahrscheinlich nicht entgültig zu klärenden Streit um den Ursprung von Allem, den idealistischen Weg.
Ich halte die Kreationisten besonders hinsichtlich ihrer strickten Trennung von Naturwissenschaft und dem unklärbaren Ursprung für bedeutsam. Sie legen ihre Finger in naturwissenschaftliche Schwachstellen, dort wo wir zu schnell und zu oberflächlich Pauschal-Erklärungen abgeben. Trotzdem **glaube** ich, dass wir Naturwissenschaftler irgendwann so stark bzw. so gut argumentieren können, dass alle Wahrscheinlichkeit für eine natürliche (materielle) Entstehung des Universums im Allgemeinen und des Lebens und des Menschen im Speziellen spricht. Der letztendliche – alles abschließende Beweis wird wohl nie erbracht werden können, was aber eben auch wieder nicht das Gegenteil beweist.
Ein besonders großes Problem habe ich mit den fanatischen – z.T. sogar radikalen - Predigern der einen oder anderen Weltanschauung, die für sich die absolute Wahrheit gepachtet haben. Dazu zählen religiöse Fanatiker genauso, wie naturwissenschaftlicher Polemiker. Einige vermitteln den Eindruck, dass sie die Naturwissenschaft oder das Göttliche als Einzige übergreifend und als Ganzes verstanden haben. Schwierig wird es auch, wenn die von Gott oder der Wissenschaft berührten Idealisten, eben das machen sollen, was von ihren Gegnern stets und ständig verlangen, nämlich Beweise für dies oder jenes zu erbringen.

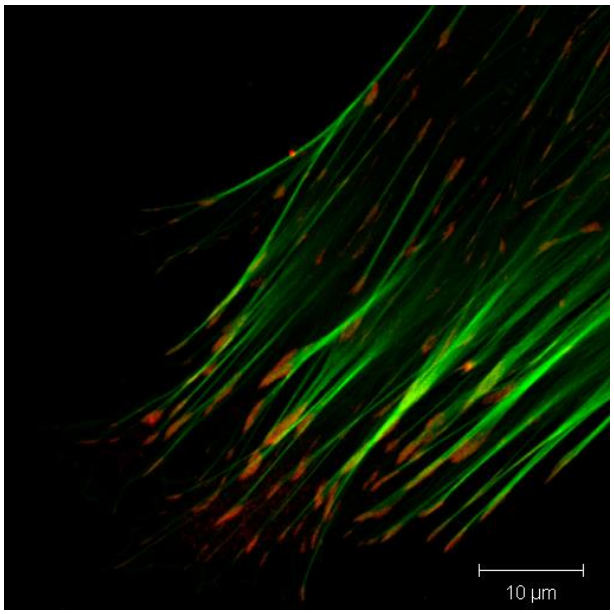
Internet-Links und andere Literatur:

/10/ … siehe Literatur-Verzeichnis

JUNKER, R.: Spuren Gottes in der Schöpfung – Eine kritische Analyse von Design-Argumenten in der Biologie.- Studiengemeinschaft Wort und Wissen; 2010.- 2. überarb. Aufl. (Studium Integrale) (ISBN 978-37751-5136-8)
(aus meiner Sicht mehr für Lehrende als für Lernende geeignet!)

2.6.5. Aktin-Filamente / Aktin-Myosin-Filamente

Aktin-Filamente (Actin-Filamante) für sich allein dienen der inneren Stabilisierung einer Zelle. Um der Oberflächenspannung entgegenzuwirken, werden gewissermaßen Spannseile (Aktin-Filamente) zum Einengen und Formgeben genutzt (s.a. Abb. auf der nächsten Seite). Notwendig sind solche Maßnahmen nur bei tierischen Zellen. Pflanzliche Zellen und Prokaryonten besitzen feste Zellwände oder Kapseln.
Die Aktin-Filamente (in der nebenstehenden Abb. grün fluoreszierend) werden über spezielle Proteine (Vinculin, in der Abb. rot fluoreszierend) in der Zellmembran verankert.
Formveränderungen und einfache Bewegungen können dann durch den Auf- und Abbau der Filamente erreicht werden.
In Procyten sind die feinen Actin-Fasern am Transport der Plasmiden beteiligt. Bei der Zell-Teilung (Spaltung) verteilen sie das genetische Material auf die Tochter-Zellen. Die Abschnürung der Tochter-Zellen voneinander übernehmen aber wahrscheinlich Tubuline.

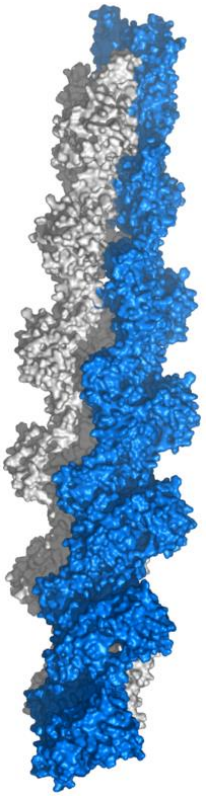


Actin-Filamente einer Zelle (grün) und Adhäsions-Protein Vinculin (rot) (Fluoreszenz-Aufnahme)
Q: de.wikipedia.org (Christoph Moehl)

Der Protein Actin ist ein recht kleines globuläres Eiweiß. Es wird häufig als G-Actin (G-Aktin) gezeichnet. Sein Durchmesser liegt bei ungefähr 6 bis 7 nm.



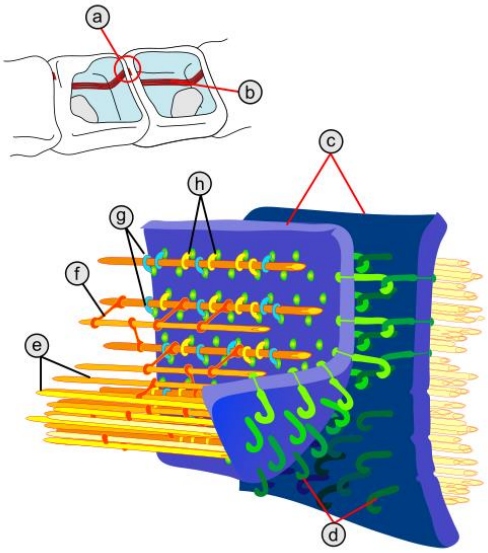
G-Actin (blau) und zentral eingelagertem ATP
Q: de.wikipedia.org
(Thomas Splettstoesser)



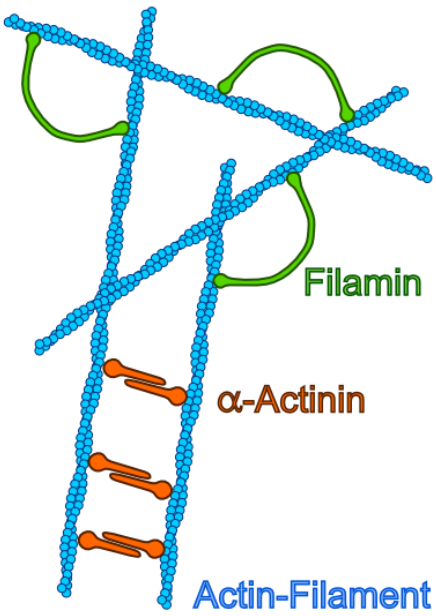
F-Aktin-Filament
Q: de.wikipedia.org
(Thomas Splettstoesser)

Actin kann zu längeren Ketten polymerisieren. Dabei kommt es zu einer leichten Versetzung der Moleküle gegeneinander. Das Ergebnis ist eine schraubige Struktur und daraus folgend eine Helikalisierung, bei der sich sehr stabile Filament-Strukturen (Doppelhelix, F-Aktin) bilden. Ungefähr 13 G-Actin-Moleküle in zwei Reihen (Elementar-Filamente) bilden einen Umgang der Helix. Der Durchmesser des gesamten F-Aktin-Filamentes liegt bei 37 nm. Wegen ihrer geringen Größe (Durchmesser) werden die Actin-Filamante auch als Mikrofilamente bezeichnet.

Ein weiteres Wachstum des Filamentes ist nur an einem Ende möglich. Dieses Ende wird Wachstumsregion oder Plus-Ende (+) genannt. G-Actin wird im Vorfeld mit ATP aktiviert. Die aktivierten Moleküle können sich dann zu Faserstrukturen zusammenlagern. Unter Verbrauch des ATP (und Bildung von ADP) verbinden sich die G-Actin-Moleküle dann untereinander. Ein Protein namens Prolilin befördert die Polymerisierung des G-Actins am Plus-Ende.
Am Minus-Ende kommt es u.U. zum Abspalten von G-Actin – was der Verkürzung des Filamentes entspricht.
Insgesamt machen Aktin-Filamente rund 5 bis 15 % des Zell-Protein-Anteils aus. Dazu kommen noch einmal rund 10 % assozierte (angelagerte) Proteine.
Die Actin-Filamente sind durch eine Vielzahl von anderen Proteinen untereinander oder an anderen Zellstrukturen verbunden.
Die Filamante (Abb. rechts oben: **b** + **e**) sind z.B. über Vincullin (**g**) und Catenin (**h**) mit der Zell-Membran (**c**) verbunden. In der Zell-Membran liegen nach außen Haken-förmige Proteine (Cadherin (**d**)), die sich mit denen der benachbarten Zelle verhaken. Das Ganze erinnert an Klett-Verbindungen (→ 2.1.4.2.5. Zusammenspiel verschiedener Proteine der Zellmembranen). (Genau für diese waren die Zell-Verbindungen ((**a**), auch: Zonula adherens) auch einmal die Inspiration.) Im Inneren der Zelle bildet sich mit anderen Proteinen zusammen ein sogenanntes Filament-Filz. Dabei werden z.B. durch α-Actinin Verbindungen zwischen eher parallelen Filamenten gebildet. α-Actinin-Strukturen haben einen Durchmesser von rund 35 nm.
An den Überschneidungs-Punkten sorgt das Eiweiß Filamin für die Stabilisierung der Vernetzung. Weitere Brücken-Bildung werden durch die Eiweiße Fimbrin und Villin realisiert.



Zusammenspiel verschiedener Proteine bei Zell-Kontakten
Q: en.wikipedia.org (Ladyofhats)

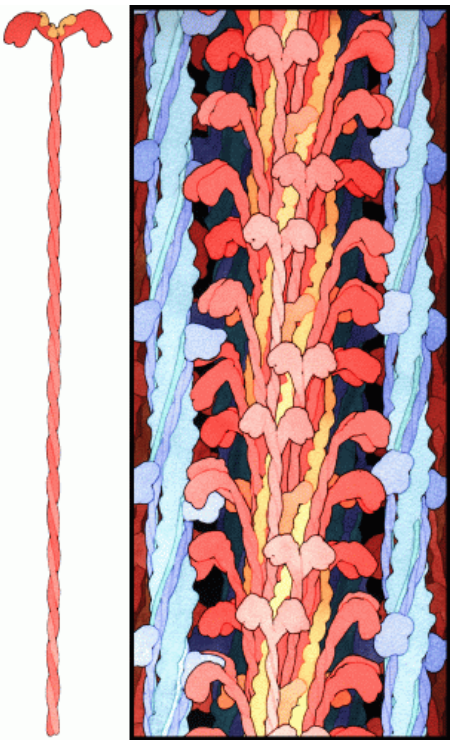


Proteine des Actin-Filament-Filzes

2.6.5.1. Actin-Myosin-Filamente

Die Bewegung durch Auf- und Abbau der Aktion-Filamente ist eher unscheinbar und entspricht den normalen Wachstumsbewegungen. Eine echte Beweglichkeit – wie z.B. wir Menschen auch in Form von Muskeln besitzen – basiert auf einer Kombination von Aktin- und Myosin-Filamenten.

Das Protein Myosin ist sehr langgestreckt gebaut. Die schwere Kopf- oder Motor-Domäne wird von der fadenförmigen Schwanz-Domäne unterschieden. Diese wiederum trägt die zu bewegende Last. Die Kopf-Domäne spaltet das ATP und sorgt für den Kontakt zum Aktin-Filament. Üblich ist eine dimere Quartär-Struktur. Durch versetzte Assoziation der Dimere entstehen langgestreckte Gebilde (z.B. die Sakromere in den Muskelfasern (→ 🕮 **Neurophysiologie; 🕮 Mensch**).



Myosin-Dimer und Actin-Myosin-Filament
Q: www.rcsb.org

In den Zellen lagern sich viele Aktin-Filamente und Myosin-Moleküle zu Mikrofilamenten zusammen. Sie bilden dann auch die prinzipielle Grundeinheit für Muskelfasern in höheren Organismen.

Die rund 6 – 8 nm dicken Aktin-Filamente sind von drei Myosin-Filamenten umgeben. In diesen sind rund 100 Moleküle assoziiert. Die so entstehenden Filamente sind rund 15 nm dick. Myosin-Filamente sind wiederum von 6 Aktin-Filamenten umgeben.

Myosin kann ATP spalten. Die Energiefreisetzung bewirkt eine Konformationsänderung der Kopf-Domäne. Insgesamt kommt zur Kontraktion des gesamten Actin-Myosin-Filaments.

In einfachen Zellen wird so z.B. eine Cytoplasma-Bewegung bewirkt.

Muskel-Zellen sind in ihre Längs-Ausdehnung mit sehr vielen Actin-Myosin-Filamenten ausgestattet.

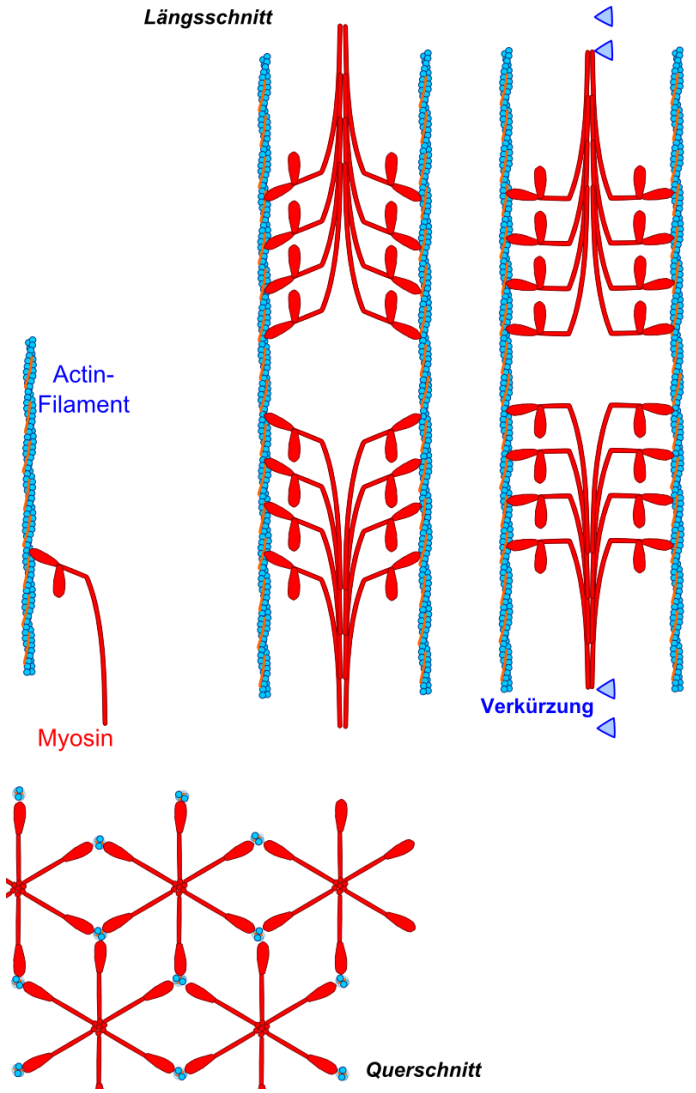
Auf einen Nerven-Impuls hin kommt es zur deutlichen Verkürzung der Zelle – und damit letztendlich des gesamten Muskels.

Ein Myosin-Köpfchen kann max. 10 ATP pro Sekunde umsetzen.

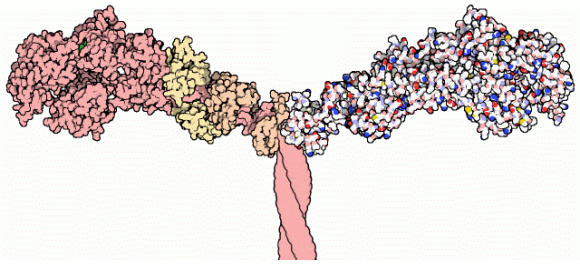
Der ATP-Vorrat in den Muskel-Zellen reicht für wenige Sekunden Dauerlast. Danach wird für ungefähr die doppelte Zeit (rund 10 s) der Energievorrat von Kreatinphosphat genutzt. Erst danach beginnt die Umsetzung von Glucose (🕮 **Stoff- u. Energiewechsel**).

ATP lockert weiterhin auch die Verbindung zwischen Actin und Myosin (Weichmacher für die Muskeln). Fehlt das ATP (z.B. nach dem Tod), dann tritt Verhärtung auf (Totenstarre; tritt nach rund 4 bis 8 Stunden ein). Die Totenstarre wird erst wieder gelöst, wenn der Abbau der Eiweiße verstärkt einsetzt. Dies passiert nach rund 2 Tagen.

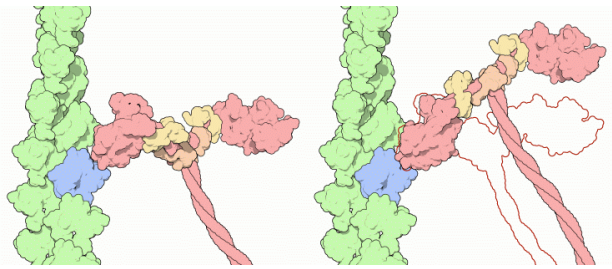
Interessant ist auch, dass die Kopf-Domaine evolutionär eine fast unveränderte (man sagt konservierte) Struktur ist. Seit einigen Millionen Jahren hat sich das Myosin – auch über die Artgrenzen hinweg – kaum verändert. Die Protein-Struktur scheint schon eine sehr gute Optimierung darzustellen. Vielleicht ist es auch eine evolutionäre Sackgasse, aus der es kein Entkommen mehr gibt. Abwandlungen des Myosins (durch Mutationen) haben wohl keine Chance im Kampf ums Dasein, bzw. stellen Verschlechterungen dar. Im ungünstigsten Fall verlieren die resultierenden Proteine ihre Bewegungsfähigkeit / Funktion. Der Halsteil ist mit verschiedenen Dockungssystemen ausgestattet. An ihm docken die unterschiedlichsten Schwanz-Domänen an. Diese sind evolutionär weit variabler. Je nach Transport-Last sind sie sehr speziell gebaut.



Actin-Myosin-Bauelement
(v.l.n.r.: Bau-Abschnitt; entspannt; kontrahiert)



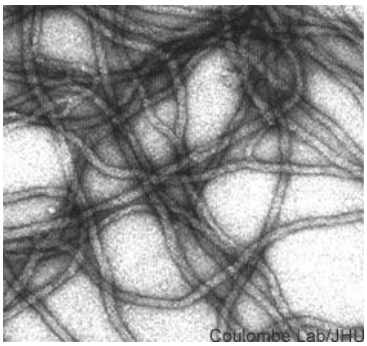
Myosin (Kopf- od. Motor-Domäne)
Q: www.rcsb.org



Strukturveränderungen bei einer "Bewegung"
Q: www.rcsb.org

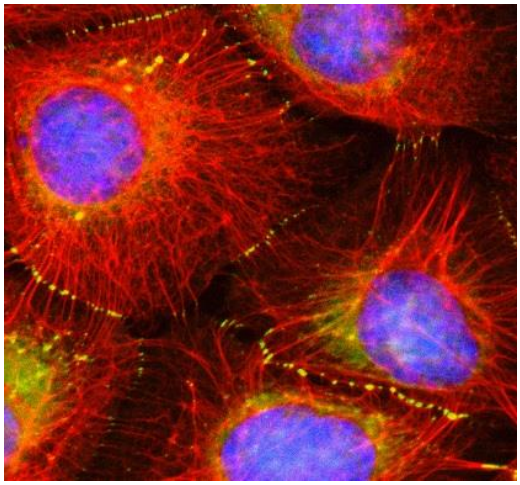
interessante(r) Internet-Link(s):
http://www.scripps.edu/cb/milligan/projects.html
Myosin in Aktion (Animation)

2.6.6. Intermediär-Filamente / 10-nm-Filamente

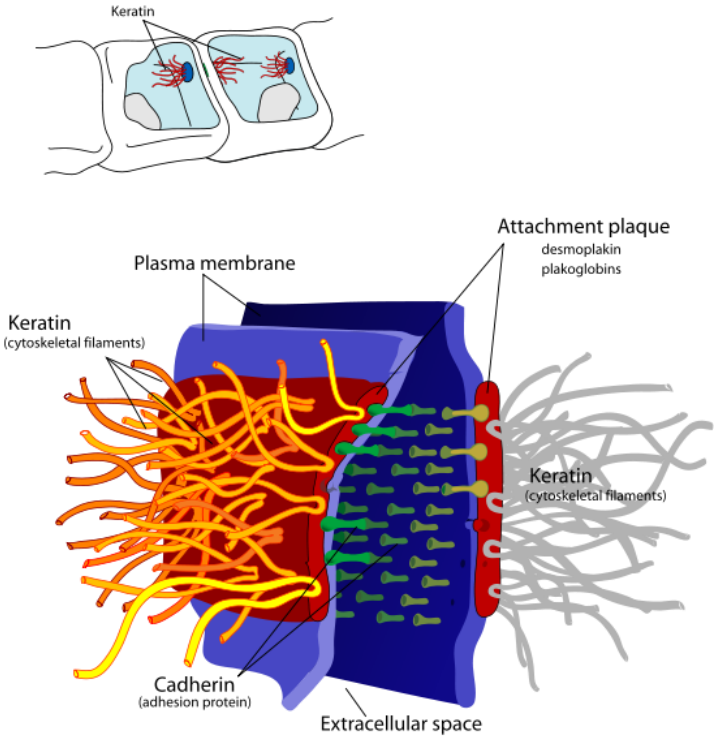


10 nm-Fibrillen
Q: ww2.jhu.org (Coulombe Lab))

Der Durchmesser der Intermediär-Filamente liegt zwischen denen von Aktin-Filamenten (6 – 8 nm) und Mikrotubuli (18 – 30 nm) . Diese Eigenschaft war namensgebend (intermediär = dazwischenliegend). Der Durchmesser der Intermediär-Filamente liegt um die 10 nm. In der Literatur wird auch diese Größe zur Namensgebung (10-nm-Filamente) verwendet.
Stofflich sind die Intermediär-Filamente weit unterschiedlicher aufgebaut, als die Tubulin- und Actin-Strukturen.
Verschiedene Proteine können die unterschiedlichsten Intermediär-Filamente bilden. U.a. gehört das Protein Keratin dazu. Zu typischen Keratin-haltigen Zellen gehören Haut-Zellen.
Abgestorbenen Hautzellen z.B. von unserer Hornhaut sind mit Keratin ausgefüllt. Aber auch Horn, Hufe, Nägeln, Barten (bei Walen) und Haare sind Gebilde von keratinisierten Zellen.
Keratine sind Proteine mit besonders viel Cystein, das als Aminosäure besonders durch seinen Schwefelgehalt auffällt. Der Name des Proteins leitet sich vom griechischen *keras* ab, was eben Horn bedeutet.
Im Keratin-Molekül bilden die Aminosäuren eine rechtsgängige α-Helix, welche auch die Sekundär-Struktur dieses Proteins darstellt. Die Monomere sind rund 48 nm lang und mit 1 nm sehr dünn. Mehrere Monomere können miteinander zu Makro-Molekülen polymerisieren.
Zum Einen geht dies in der Länge. So entstehen sehr lange Helices. Desweiteren ist eine seitliche Anlagerung möglich. Dabei bilden zwei der α-Helices eine linksgänge Super-Helix. Auch diese können noch weiter zu einer sogenannten Protofibrille assoziieren. Sie besteht aus zwei solcher Super-Helices.
Mehrere Protofibrillen bilden letztendlich eine Mikrofibrille – das Intermediär-Filament. Die Wachstumsgeschwindigkeit der einzelnen Strukturen ist vergleichsweise gering.
In Nerven-Zellen finden wir als Fibrillen-bildende Proteine z.B. auch Desmine (z.B. Desmin und Vimentin).
Lamine sind dagegen Proteine, die im Zellkern langgestreckte Strukturen zur Stabilisierung des Gesamtgebildes ausbilden.
Die Zelle verliert im Laufe der Filament-Bildung an Beweglichkeit und wird immer fester und formstabiler.


Keratin (rot) in kultivierten Zellen
Q: ww2.jhu.org (Coulombe Lab)

Wenn man sich fluoreszierende Keratin-Filamente im mikroskopischen Bild anschaut, dann scheinen diese durch die Zellmembran hindurchzureichen. In der farbigen Abb. rechts ist dies in der 08:00-Uhr-Position sehr gut sichtbar. Praktisch enden sie an den Desmosomen (in der Abb. leuchtend gelb). Zwischen den Zellen bzw. Desmosomen liegt das verbindene Protein Cadherin. Wie man sich das vorstellen kann, ist in der umseitigen Abbildung dargestellt. Weitere Details sind auch weiter vorn bei → 2.1.4.2.5. Zusammenspiel verschiedener Proteine der Zellmembranen zu finden.
Andere Intermediär-Filamente sind mit wieder anderen Proteinen in der Zellmembran verankert.



Zusammenspiel Keratin und Haft-Proteinen
(Adhäsions-Proteine, Cadherin) an einem Desmosom
Q: de.wikipedia.org (LadyofHats)

2.6.7. Kollagene

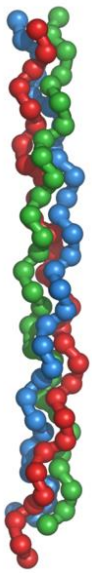
Kollagen häufigstes Struktur-Protein bei höheren Tieren
Name kommt aus dem Griechischen "Leim erzeugend", früher Verwendung als sogenannter Knochen-Leim im Holz-Handwerk

Typ I-Kollagene
Trimere aus Peptiden, die aus ca. 30 (200 - 1000) Aminosäuren bestehen, relativ regelmäßige leicht linksgänge gedrehte Struktur
Peptid-Struktur z.B. $(Pro\text{-}Hyp\text{-}Gly)_4\text{-}Pro\text{-}Hyp\text{-}Ala\text{-}(Pro\text{-}Hyp\text{-}Gly)_5$
Trimere immer leicht gegeneinander verschoben (um 67 nm), so dass eine rechtsgängige Helix entsteht

Einzel-Molekül 300 nm lang, Durchmesser 25 nm

lagern sich zu größeren Einheiten (z.B. Fasern usw.) zusammen
durch die gegenseitige Verdrillung und Verwirkung können Kollagen-Fasern das 10'000fache ihrer eigenen Zugfestigkeit aufnehmen

bei der Zusammenlagerung von Kollagen-Fasern sind Hydroxylysin und Hydroxyprolin notwendig, sind leicht abgewandelte Aminosäuren, sie bilden sich bei Anwesenheit von Vitamin C, praktisch werden bestimmte Aminosäuren aus der Primär-Struktur des Kollagens mit zusätzlichen Kontaktstellen ausgestattet, die dann für zusätzliche seitliche Haftungen genutzt werden
bei Vitamin-C-Mangel bauen sich die Kontaktstellen immer mehr ab und damit zerfallen die Kollagen-Strukturen immer stärker, die Festig-



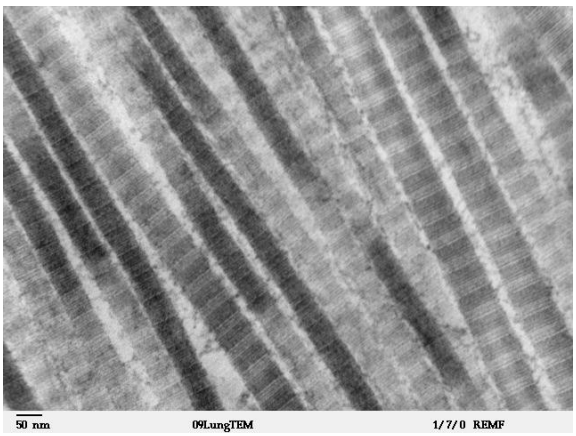
Kollagen-Trimer
Q: de.wikipedia.org
(JWSchmidt)

keit des Bindegewebes lässt nach und z.B. fallen dann die Zähne aus
z.B. bei krankhaftem Vitamin-C-Mangel (Skorbut)

hauptsächlich in der Haut (Außen-Haut), Bindegewebe-Zellen, Häute um die inneren Organe
auch in Sehnen, Knorpel, Bänder, Knochen-Zellen, Zähne,

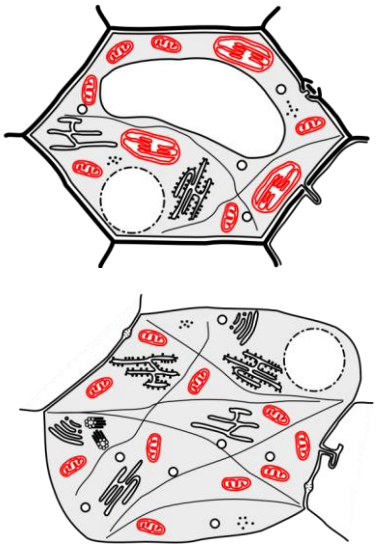
Kollagen macht im menschlichen Körper rund 30 % der Gesamt-Eiweiß-Masse aus

Zerstörung der Kollagen-Strukturen durch Wasser → Hydrolyse
bei steigender Temperatur kommt es zur Auflösung der Faser-Strukturen
ebenfalls durch Säuren und Basen gefördert
Übergang vom festen (Gel-artigen) Zustand in Sol-Form
bei sinkenden Temperaturen bilden sich dann wieder die Haftungen zwischen den Molekülen aus, aus dem Sol wird (wieder) ein Gel
Ausgangsstoff für die Herstellung von Gelantine



Kollagenfasern im Elektronenmikroskop
Q: commons.wikimedia.org (Louisa Howard (http://remf.dartmouth.edu/imagesindex.html))

2.7. Zellorganellen



Lage typischer Zellorganellen (**rot**) in einer Pflanzen- (oben) und einer Tier-Zelle (unten)

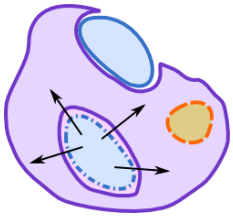
Zellorganellen (Plastiden) sind durch Doppelmembranen abgegrenzte – recht große (lichtmikroskopisch sichtbar) Objekte in der Zelle. Hinsichtlich der Sichtbarkeit stellen die Mitochondrien aber eine Ausnahme dar. Sie werden in den besten Lichtmikroskopen gerade mal als kleiner Fleck (Punkt) sichtbar.
Der Begriff Organelle leitet sich von "Organ" ab und stellt eine Verkleinerungs- bzw. Verniedlichungs-Form dar. Übersetzen könnte man Organelle also mit "Orgänchen". Ähnlich wie Organe sind Organellen räumlich abgegrenzte Strukturen mit klar zugeordneten (z.T. sehr speziellen) Funktionen.
Echte Organe gehören immer zu höher-entwickelten Mehrzellern und bestehen auch immer aus verschiedenartigen Geweben (Zellverbände). Organellen besitzen vergleichbar dazu sehr differenzierte molekulare Strukturen, aber eben keine Gewebe. Deshalb wird die Verniedlichungs-Form des Begriffs verwendet.
In Organellen finden sehr komplexe Stoffwechselvorgänge, wie z.B. die Photosynthese oder die Zellatmung statt. Trotz ihrer großen Bedeutung können Zellorganellen nicht von der Zelle gebildet werden.
Alle Zellorganellen entstehen entweden aus Ihresgleichen oder aus einfacheren Vorstufen (Proplastiden). Plastiden besitzen immer eigenes genetisches Material, dass die Masse der notwendigen Gene abdeckt. Nur für wenige Plastiden-Bestandteile liegen Gene im Zellkern.
Zellorganellen vermehren sich durch Teilung.

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

2.7.0.1. besondere Merkmale der Plastiden

Das genetische Material der Plastiden liegt nackt (also ohne Umhüllung) im Plasma, während das der umgebenden Eucyte immer von einer Kern-Membran umgeben ist.
Besonders die Mitochondrien reagieren, wie Bakterien, sehr stark auf die meisten Antibiotika. Der umgebende Zell-Teil ist weitgehend unanfällig gegen diese Stoffe.
Die beiden – das Zellorganell nach außen begrenzenden – Membranen unterscheiden sich deutlich. Die äußere Membran entspricht eher den Membranen der umgebenden Zelle. Sie enthält das typisch in eucytischen Membranen vorkommende Cholesterol. Die inneren Membranen scheinen aus einer anderen evolutionären Zeit zu stammen. Sie sind eher Bakterien-ähnlich. Sie enthalten das – für Prokaryoten charakteristische – Lipid Cardiolipin. Auf eine procytische Herkunft der Organellen deuten auch die 55S-Ribosomen hin. Sie ähneln sehr stark den – in procytischen Zellen vorkommenden – 70S-Ribosomen. Die eucytischen Zellen besitzen ansonsten immer nur 80S-Ribosomen.
Diese Besonderheiten haben Fragen nach der evolutionären Herkunft der Zellorganellen aufgeworfen. Relativ anerkannt ist derzeit die "Serielle Endosymbionten-Theorie" von Lynn MARGULIS. In dieser Theorie wird die mehrfache Einwanderung früher procytischen Zellen in eine Wirtszelle beschrieben, die dann in einem stabilen Miteinander der Partner (Endosymbiose) endete.
MARGULIS versucht mit ihrer Theorie die oben erwähnten Besonderheiten zu erklären. Sie nutzt die Besonderheiten als Argumente für ihre Theorie und versucht (andere) gegensprechende Argumente zu widerlegen.
Die ersten Ideen zur Endosymbionten-Theorie wurden schon 1883 von dem Botaniker SCHIMPER als Erklärung für die Entstehung von Chloroplasten geäußert. 1905 erweiterte der Evolutions-Biologe MERESCHKOWSKI die Theorie. MARGULIS baute die Theorie weiter aus und machte sie 1967 der breiten Wissenschaft als "Serielle Endosymbionten-Theorie" bekannt.

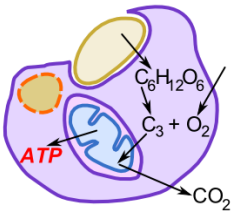
2.7.0.2. Endosymbionten-Theorie



Makrophage frisst Mitochondieren-Vorgänger – die Inhaltsstoffe werden vom Makrophagen übernommen

Nach dieser Theorie ist es wohl so gewesen, dass in frühen Zeiten (vor rund 1,5 Mrd. Jahren), als alles Leben noch im einzelligen, Bakterien-ähnlichem Stadium existierte, sich das folgende Scenario abgespielt haben könnte (rechte Abb.). Ein recht großes Freß-Bakterium (Makrophage) – welches schon einen echten Zellkern besaß – ernährte sich von kleinen anderen Bakterien durch Phagocythose.

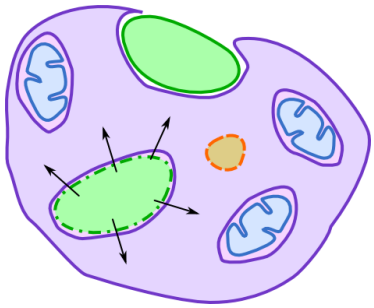
Bakterien gab es zu diesem Zeitpunkt schon seit 2,3 Mrd. Jahren, wobei die ersten Sauerstoff-produzierenden Vertreter wahrscheinlich vor insgesamt 3,5 Mrd. Jahren entstanden sind. Der Makrophage und die gefressene Zelle werden als Urvorfahren (LUCA … Last universal common ancestor) der heutigen Zellen bezeichnet.



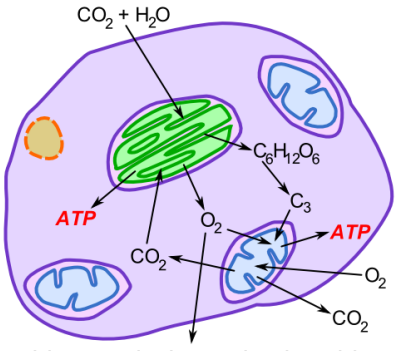
Endosymbiose zwischen Mitochondrium und der Eucyte (Wirt)

andere Procyten usw. werden weiterhin durch Phagocytose aufgenommen (gefressen)

Die kleinen Bakterien waren eine besonders gern genutzte Beute, da sie über sehr effektive Enzymsysteme verfügten und dementsprechend gut genährt waren. Sie konnten Kohlenhydrate vollständig bis auf die anorganische Ebene zerlegen (Zell-Atmung) und dadurch sehr viel mehr Energie gewinnen. Ein weiterer Vorteil war, dass sie Sauerstoff für diesen Vorgang benutzten, der zu diesem Zeitpunkt noch als Gift (für die meisten anderen Lebewesen) fungierte. Dies galt auch für den Makrophagen, der durch seine eigenen Stoffwechsel-Vorgänge nur sehr wenig Energie aus der Zerlegung von Kohlenhydraten ziehen konnte.
Ihm standen und stehen heute noch nur die Enzyme für eine der sogenannten Gärungen zur Verfügung.
Wahrscheinlich hatte eines (oder mehrere) der Freß-Bakterien so eine Art "Verdauungsstörung". Statt die Inhalte der Nahrungsbläschen (- die kleine, nahrhaften Bakterien -) zu verdauen, blieben diese irgendwie unbeschadet. Die kleinen Bakterien konnten so in ihrem Fressfeind weiterhin ihrem effektiven Stoffwechsel nachgehen. Die Freß-Bakterien lieferten ihnen (schon vorbereitete) Nahrung (C3-Verbindungen) und Schutz und erhielten dafür (quasi als Gegenleistung) Energie in Form von ATP zurück. So entstand eine Symbiose (Zusammenleben von zwei verschiedenen Organismen zum gegenseitigen Vorteil). Das Ergebnis dieser Endosymbiose (innere Symbiose) sind die heute lebenden (tierischen) Eucyten (Eukaryoten).
Nach der Endosymbionten-Theorie hat sich der Vorgang mindestens noch einmal wiederholt.



(tierischer) Makrophage frisst und verdaut procytischen Chloroplasten-Vorläufer



Endosymbiose zwischen Mitochondrien, Chloroplasten und der Eucyte

Dieses Mal waren es kleine grüne Bakterien (LUCA-Urzelle), welche die Photosynthese konnten. Sie verstanden es als Einzige, Sonnenlicht für den Aufbau von organischen Stoffen (z.B. Kohlenhydrate) zu nutzen. Damit waren sie eine begehrte Nahrung, die wohl – wie üblich – durch Phagocytose aufgenommen wurde. Auch hier scheint es (einmalig) zu einer

"Verdauung-Störung" bei einem dieser Makrophagen (LECA-Zelle) gekommen zu sein. LECA (Last eukaryotic common ancestor) steht dabei für den letzten gemeinsamen Vorfahren der Eucyten.

Heute sprechen Untersuchungen zu den verschiedenen Chlorophyll-Farbstoffen darauf hin, dass die endosymbiotische Entstehung von "Chloroplasten" zweimal unabhängig abgelaufen ist. Trotzdem waren sie für sich wohl einmalig.

Als nicht-verdaute Chloroplasten kooperierten sie nun mit den Makrophagen-Zellen.

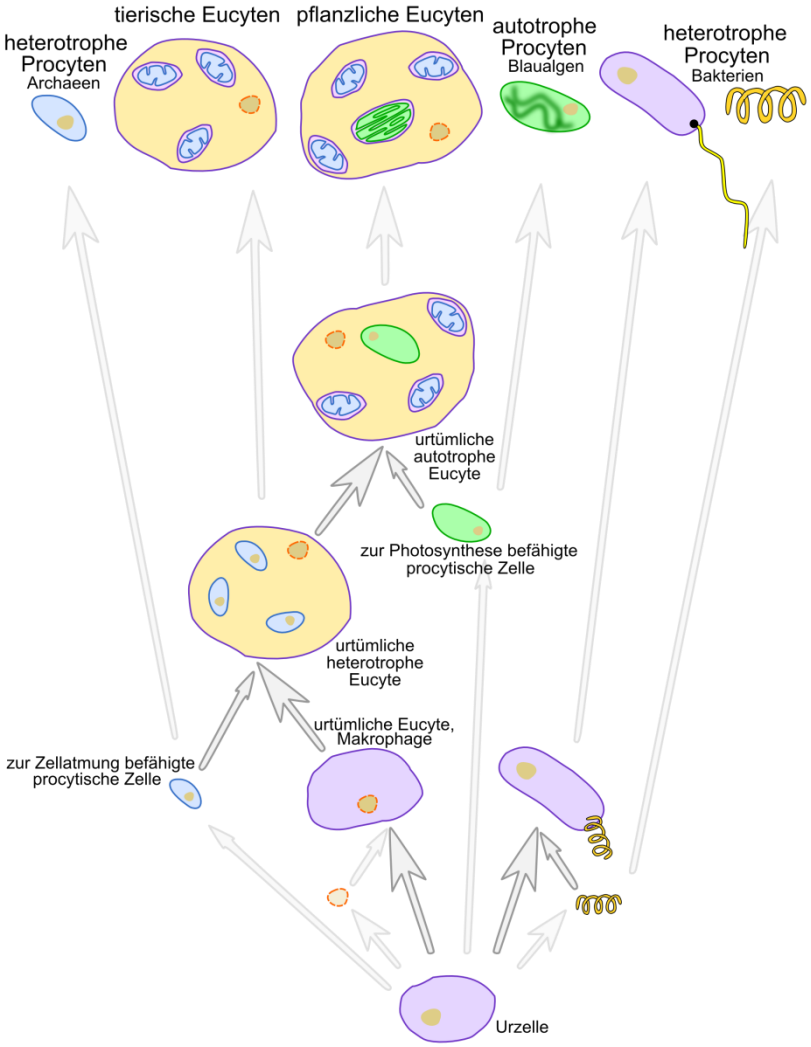
Im Ergebnis entstand wieder eine Endosymbiose, die wir heute als pflanzliche Eucyten bezeichnen.

Sehr wahrscheinlich sind auch noch zusätzliche endosymbiontische Vorgänge. Sie lassen sich mit den derzeit vorhandenen Kenntnissen aber nicht so gut belegen, wie die Herausbildung von Mitochondrien und Chloroplasten. Es könnte so gewesen sein, dass auch der Zellkern als einer der ersten kompakteren Objekte in der Zelle auf endosymbiontischen Weg entstanden ist. Einige aktuelle Forschungen scheinen zu belegen, dass die "Einwanderung" des Zell-Kerns und die Endosymbiose der werdenden Mitochondrien sehr dicht beieinander gelegen haben könnten.

Moderne Versionen der Endsymbionten-Theorie schließen auch die Bildung der Geißeln mit ein. Sie sollen aus procytischen Spiral-förmigen Zellen entstanden sein.

Wenn die Endosymbionten-Theorie sich durch Belege noch weiter bestätigen läßt, dann könnte die Entstehungs-Geschichte der verschiedenen procytischen und eucytischen Organismen-Typen etwa wie nebenan dargestellt ausgesehen haben.

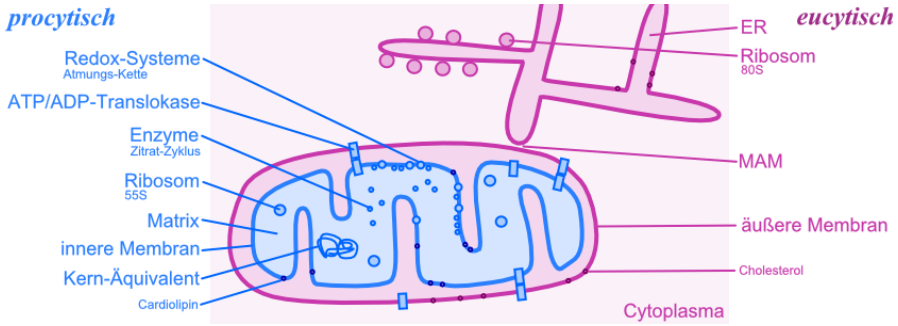
heutige Zell-Typen



Definition(en): Dissimilation
Dissimilationen sind Stoff- und Energiewechsel-Prozesse, bei denen aus Energie-reichen, organischen Stoffen Energie-ärmere Stoffe gebildet werden. Dabei wird Energie (für zelluläre Prozesse) freigesetzt. Die Dissimilation kann anaerob – also ohne Sauerstoff – ablaufen, dann handelt es sich um Gärungen. Unter aeroben Bedingungen – also bei Anwesenheit von Sauerstoff – leben vor allem Organismen mit Zellatmung.

2.7.0.3. PRO-KONTRA-Diskussion um die (serielle) Endosymbionten-Theorie

Sehr viele der Beobachtungen rund um den besonderen Bau und die charakteristischen Funktion der Plastiden sprechen für eine serielle Endosymbiose.
Auffällig ist bei den Plastiden die doppelte Umhüllung mit Bio-Membranen. Kein anderer Zellbestandteil verfügt über so eine starke Isolation von der Restzelle.
Besonders die Matrix bzw. das Stroma (Plasma der Mitochondrien bzw. Chloroplasten), das nackte – Hüllen-lose – genetische Material und die innere Membran ist sehr Procyten-ähnlich.
Dagegen ist die äußere Membran mehr eucytisch, was durch eine Aufnahme der "eingeschlossenen procytischen" Bestandteile z.B. über einen Endocytose-ähnlichen Vorgang erklärbar ist.



Bei den Mitochondrien – die ja als erstes integriert worden sein sollen – kann die äußere Membran mit dem Endoplasmatischen Retikulum zum sogenannten MAM (mitochondria-associated ER-membrane, Mitochondrien-assoziiertes ER) verschmelzen. Das deutet auf eine sehr hohe Ähnlichkeit und Passung hin.
Auch die eigenständige und von der umgebenden Zelle unabhängige Teilung der Mtochondrien spricht für eine eigenen Entwicklungsweg. Mitochondrien können von der "Wirts"-Zelle niemals aus dem Nichts neu gebildet werden. Bei der Teilung wird das Ring-förmige Plastiden-Genom (dies ist auch typisch Procyte) eigenständig verdoppelt. Die Funktions-bestimmenden, charakteristischen Proteine werden ausschließlich auf den Plasmiden der Plastiden selbst codiert und verbleiben vorrangig im Plastiden-Plasma oder in den inneren Membranen.
Für die Protein-Biosynthese nutzen die Mitochondrien eigene, anders-artige Ribosomen (55S-Ribosomen). Diese sind mehr mit den Prokaryonten (70S) verwandt, als mit den cytoplastischen Ribosomen der umgebenden Eucyte (80S). Auch Existenz von eigenen Ribosomen – und damit einer eigenen Proteien-Biosynthese – ist ein Alleinstellungs-Merkmal gegenüber allen anderen Zell-Bestandteilen. Die Synthese-Produkte (vorrangig die Proteien und Enzyme von Citronensäure-Zykluns und Atmungskette verbleiben ausschließlich im Mitochondrium. Bei den Choroplasten sind es die Enzyme / Redox-Systeme der Lichtreaktionen, die praktisch nur innerhalb produziert und benutzt werden.
Die heutige Größe von Mitochondrien und Chloroplasten entspricht ungefähr der von vergleichbaren – heute existierenden – Procyten.
Für die These spricht weiterhin, dass auch heute bei einigen lebenden Organismen ähnliche Symbiosen (z.B.: zwischen Plastiden-losen Flagellaten und Algen-Zellen) beobachtet werden. Dies könnte als Analogie gelten und ein Modell für die (vermuteten) evolutionären Vorgänge sein. In dem beobachten Fall spricht man von einer sekundären Endosymbiose. In diesem Zusammenhang wäre dann die Plastiden-Bildung rund um die Mitochondrien und Chloroplasten die primäre Endosymbiose.
Insgesamt sprechen also viele Argumente für die These. Da die historischen Prozesse nicht real beobachtet wurden und mehr werden können, ist ein endgültiger Beweis wohl nicht möglich.

Man kann aber auch über Beobachtungen in der gegenwärtigen Lebenswelt nach Situationen und Gemeinschaftsformen von symbiotisch lebenden Organismen suchen. Damit kann man zumindestens belegen, dass bestimmte Übergangs-Situationen oder Symbiose-Formen möglich sind. Ob aber Plastiden so entstanden sind, kann damit nicht bewiesen werden.

Bei Flechten finden wir eine typische Symbiose. Ein Pilz und eine grüne Alge bilden eine sehr stark aufeinander abgestimmte Lebensgemeinschaft. Praktisch sind Pilz und Alge noch eigenständige Lebenwesen und sitzen direkt aufeinander.



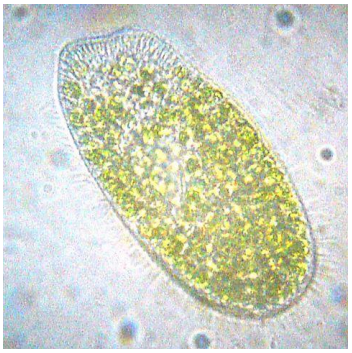
Flechte auf einem Zweig

Bei der Symbiose des Strudelwurms *(s) Symsagittifera roscoffensis* (früher *(g) Convoluta*) leben die Algen im Gewebe zwischen den Zellen. Beide bilden ebenfalls eine sehr feste und stark voneinander abhängige muturalistische Symbiose. Trotzdem sind die Algen noch eigenständige Organismen. Im Jugend-Stadium nimmt der Wurm die Algen auf und ist dann in der aduten Form vollständig von den Algen abhängig. Diese liefern im Austausch von Stickstoff-Verbindungen Kohlenhydrate und Sauerstoff. Nur in der symbiotischen Form erzeugen die Strudelwürmer erfolgreich Nachkommen.

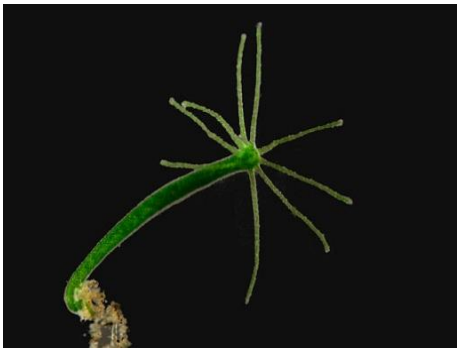


(s) Symsagittifera roscoffensis
Q: www.flickr.com (Stevie Smith)

In wiederum anderen Symbiosen leben Fremd-Organismen innerhalb der Zellen des Wirtes od. besser Symbiose-Partners. Gute Beispiele hiefür sind der Süßwasser-Polyp *(s) Hydra viridis* oder das grüne Pantoffeltierchen *(s) Paramecium bursaria*. In beiden leben grüne Algen als Symbiont in den / der Körper-Zelle.



Pantoffeltierchen
Q: de.wikipedia.org (Bob Blaylock)



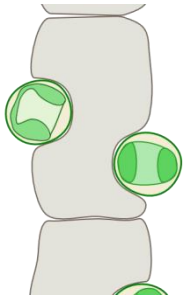
Süßwasserpolyp
Q: de.wikipedia.org (Frank Fox)

Die Meereschnecke *(s) Elysia viridis* klaut grünen Algen ihre Chloroplasten (→ Kleptoplastie (Plastiden-Diebstahl)) und geht quasi mit diesen eine Symbiose ein. Die Algen-Chloroplasten werden in den Darm-Zellen der Schnecke eingelagert und verrichten dort ihre photosynthetische Arbeit.

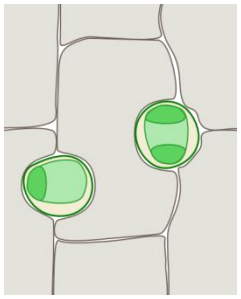
Aus diesen Beispielen heraus ließe sich eine logische Kette aufbauen, die die möglichen evolutionären Entwicklungs-Schritte der Herausbildung von Zell-Organellen wiederspiegelt.



(s) Elysia viridis
Q: www.flickr.com (Eric Burgers)



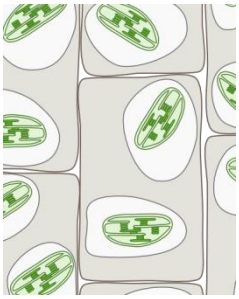
Ektosymbiose
(An- bzw. Zusammen-Lagerung)



Pseudo-Endosymbiose / interzelluläre Endo-symbiose
(Zwischen-Lagerung)



Endosymbiose
(Ein-Lagerung, Ein-schluss des Organis-mus)



Endosymbiose
(Ein-Lagerung / Ein-schluss von Organis-men- bzw. Zell-Bestandteilen)

Kritiker der Theorie bringen einige – manchmal leicht fadenscheinige und auch aufgebauschte – aber auch viele beachtenswerte (Gegen-)Argumente vor.
Ein solches "Gegen"-Argument ist z.B. die Anlage von genetischen Informationen für die Mitochondrien und die Chloroplasten im Zellkern der "Wirts"-Zelle. Wenn man aber bedenkt, dass diese Symbiose schon Millionen von Jahren andauert und es für die Zelle bzw. die Organellen egal ist, wo genau die fortschrittlichen Erbinformationen liegen, dann schwindet die Kraft dieses Argumentes schnell. Die Herausbildung zusätzlicher Gene für noch Leistungfähigere Mitochondrien ist zumindestens nicht unrealistisch. Desweiteren könnten auch ursprüngliche Gene des Mitochodrien-Verläufers nach einer Auflösung eines Plastiden in die umgebende Zelle und dann in deren Zell-kern gelangen. Dort könnten die Gene z.B. durch Translokation in das Genom des "Wirtes" aufgenommen worden sein.
Ein praktisches Problem sind die in den Membranen gefundenen ATP-Transporter (ATP/ADP-Translokator). Diese Transporter sind in den procytischen Membranen immer so ausgerichtet, dass ATP hinaus und ADP hinein transportiert wird (Anti-Port). In den Mitochondrien sind die Transporter aber genau anders herum in der Membran platziert.
Da die Membran an sich nicht polarisiert ist und die Proteine sowohl so, als auch anders herum eingebaut werden können, ist dies nur ein schwaches Argument. Auch der Membran-Fluß lässt hier doch einiges möglich erscheinen. Da der ATP-Translokator aber ein sehr komplexes Protein-System ist, bedarf es hier auch noch einiger Erklärungen.
Neben der Theorie um die Sauerstoff-fressenden (aeroben) Pro-Mitochondrien wird auch noch eine andere Variante diskutiert. Bei dieser sollen anaerobe Vorläufer der Mitochondrien eingewandert sein. Sie verwendeten Protonen als Elektronen-Akzeptoren, um die Elektronen aus der Atmungs-Kette zu binden. Weil dabei Wasserstoff (Hydrogen) gebildet wird, wird diese Theorie auch **Hydrogen-Hypothese** genannt. Die Theorie wird durch die Entdeckung sogenannter Hydrogenosomen gestützt, die in einigen *(S) Ciliaten*, *(F) Trichomaden* und Pilzen (*(Ab) Töpfchenpilze, (di) Chytridiomycetes*) gefunden wurden (LINDMARK und MÜLLER, 1973). Die Organellen sind nur 1 µm groß. Einige der Hydrogenosomen scheinen sowohl zu einer anaeroben als auch zur aeroben Gärung in der Lage zu sein. Je nach Situation produzieren sie reinen Wasserstoff oder Wasserstoffperoxid als Abfall-Stoff. Die gefundenen Metabolismen ähneln einigen Teilen des Zitrat-Zyklus (KREBS-Zyklus).
In den meisten Hydrogenosomen sind die Genome vollständig verschwunden, so dass man eher davon ausgeht, dass die Hydrogenosomen von den Mitochondrien abstammen. Nur bei dem Cilliaten *(s) Nyctotherus ovalis* sind noch Reste eines Gemons vorhanden. Damit könnte diesen Hydrogenosomen die Bedeutung eines Missing Links zukommen (📖 **Genetik**).
Den Kritikern wird es aber genauso unmöglich sein, ihre Theorie oder einen Schöpfungs-Akt zu beweisen, da hierbei die gleichen Anforderung für die wissenschaftlichen Beweise gelten, wie für die anderen (ev. atheistischen) Vertreter der Endosymbionten-Theorie.
Aus meiner Sicht sprechen derzeit deutlich mehr Argumente für die Theorie als für alternative Ansätze. Von den Gegnern werden auch keine Knockout-Argumente (absolute Gegen-Beweise) gegen die These aufgezeigt, so dass mindestens immer noch die Diskussion offen ist.

Definition(en): Gärungen
Gärungen sind (anarobe) Dissimilations-Prozesse, bei denen aus Energie-reichen, organischen Stoffen Energie-ärmere, organische Stoffe gebildet werden. Dabei wird relativ wenig Energie (für zelluläre Prozesse) freigesetzt. Die Arten der Gärungen werden nach ihren Produkten bezeichnet. Bedeutsam sind die Milchsäure- und die alkoholische Gärung. Gärungen beginnen immer mit der Glycolyse und enden in der Bildung der charakteristischen Gärungs-Produkte.

Definition(en): Zellatmung
Die Zellatmung ist der (aerobe) Dissimilations-Prozess, bei dem aus Energie-reichen, organischen Stoffen Energie-armere, anorganische Stoffe gebildet werden. Dabei wird sehr viel Energie (für zelluläre Prozesse) freigesetzt. Zur Zellatmung gehören die Glycolyse, der Zitronensäure –Zyklus und die Atmungs-Kette.

Bei heute lebenden amöboiden Einzeller kann man auch heute noch die länger anhaltende Aufnahme von Cyanobakterien beobachten. Die "gefressen" Bakterien werden dabei von einer "weichen" Membran umgeben, die eine sofortige Verdauung nicht möglich macht.
Cyanobakterien und Amöben gehen eine längerfristige Endosymbiose ein.

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Aufgaben:

1. *Erläutern Sie die Begriffe Organell, Plastid, Mitochondrium und Chloroplast!*
2. *Nennen Sie Argumente, die für und gegen die Endosymbionten-Theorie sprechen! Erläutern Sie diese kurz! Bewerten Sie, wie stark die einzelnen Argumente zu sehen sind!*
3. *Erläutern Sie zusammenhängend die mögliche Herausbildung der verschiedenen procytischen und eucytischen Organismen-Typen vom Standpunkt der seriellen Endosymbionten-Theorie! (ausgehend von der Annahme, dass alle Integrations-Prozesse auch so abgelaufen sind!)*
4. *Skizzieren Sie schematisch eine Pilz-Zelle (bzw. ein Ausschnitt aus einem Synzythium) und kennzeichnen Sie alle vorhandenen Zell-Organellen!*
5. *Die inneren und äußeren Membranen von Mitochondrien und Chloroplasten weichen in ihrem Bau voneinander ab. Analysieren Sie die Sachlage und erklären Sie das Phänomen!*
6. *Der Biologie-Schlaumeier des Kurses behauptet, dass eigentlich auch der Zellkern durch eine "unvollständige Phagocytose" entstanden ist. Setzen Sie sich mit dieser Behautung auseinander!*

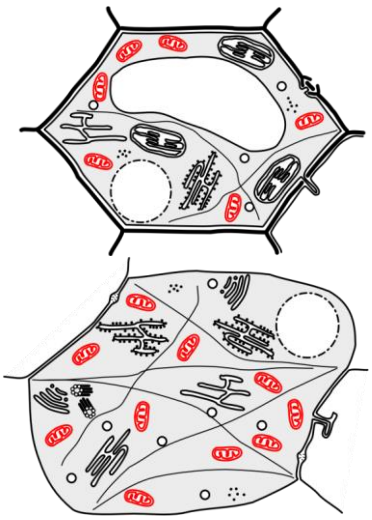
für die gehobene Anspruchsebene:

6. *Informieren Sie sich über die Hydrogen-Hypothese von MARTIN und MÜLLER (1998)! Welche Erklärungs-Versuche macht diese These?*

weiterführende Links:
https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/journal/die-hohen-huerden-der-endosymbiose

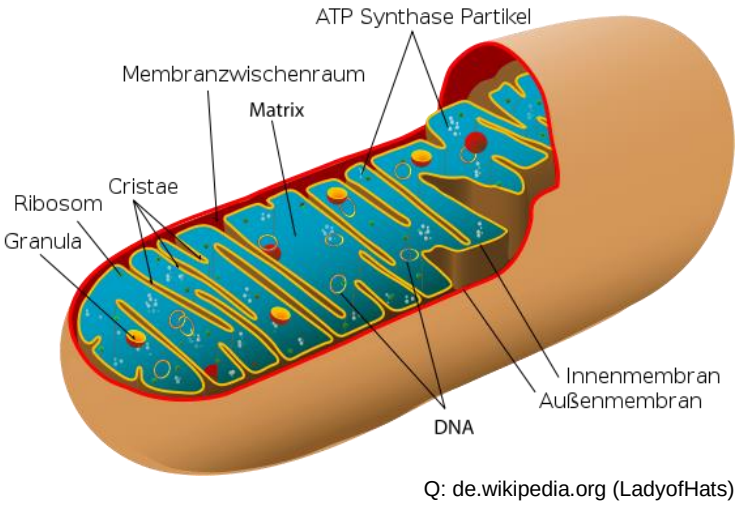
2.7.1. Mitochondrien

In den Mitochondrien findet die aerobe Dissimilation statt. Sie sind die ultimativen Kraftwerke aller eucytischen Zellen. In einer Zelle kommen einhundert bis einige hunderttausend Mitochondien vor. Ihre äußere Form ist zumeist zylindrisch mit halbkugelförmigen Enden.
Sie können aber auch Kugel- oder Fadenförmig sein. Die Größe variert in der Länge zwischen 1 bis 5 µm und in den schmalen Ausdehnungen (Breite) zwischen 0,5 und 1 µm.
Im Elektronenmikroskop kann man eine doppelschichtige Umhüllung beobachten. Die innere Membran stülpt sich zudem noch weiter nach innen ein.
So entstehen verschiedene Typen (Tubuli-, Cristae- u. Sacculi-Typ), die sich aber funktionell wenig unterscheiden. Die blattartigen Einstülpungen (Cristae-Typ) stellen wohl den häufigsten Fall dar.
In guten elektronen-mikroskopischen Abbildungen kann man auf der Innenseite der Einstülpungen recht große Objekte erkennen.



Lage der Mitochondrien (**rot**) in einer Pflanzen- (oben) und einer Tier-Zelle (unten)

Diese wurde als die eigentlichen ATP-Produzenten identifiziert (→ ATP-Synthase, ATPase).
Zwischen der Außenmembran und der inneren liegt der Intermediärraum. In ihm befindet sich die äußere Matrix, od. auch das äußere Mitochondien-Plasma. Die (innere) Matrix füllt den gesamten Innenraum aus.
Weiterhin finden wir in der Matrix Mitochondrien-eigene DNA und Ribosomen sowie diverse Vesikel.



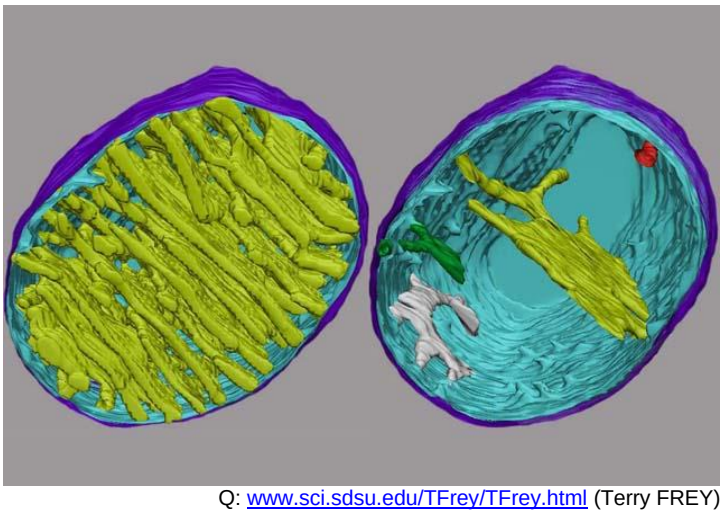
Q: de.wikipedia.org (LadyofHats)

Definition(en): Zellatmung
Unter der Zellatmung (auch aerobe Dissimilation) versteht man die Dissimilations-Prozesse, bei denen aus Energiereichen organischen Stoffen (unter Verwendung von Sauerstoff) Energie-arme, anorganische Stoffe gebildet werden. Dabei wird sehr viel Energie frei.



Q: de.wikipedia.org (Louisa Howard) EM-Aufnahme

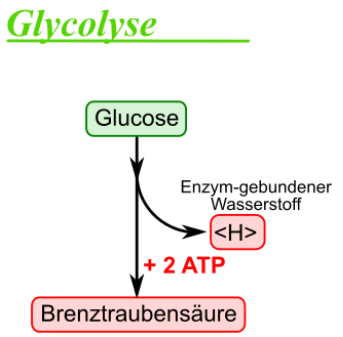
Die nebenstehende Abbildung zeigt ein Mitochondrium nach tomographischer Analyse und nachfolgender Computerbearbeitung der Daten. Die linke Abbildung zeigt alle Cristae. In der rechten wurde einige einzelne Cristae aus Gründen der Anschaulichkeit ausgewählt und mit verschiedenen Farben versehen.
Mitochondrien benötigen für ihr Funktionieren Brenztraubensäure (BTS, Pyrovat). Diese stammt aus der **Glycolyse** (Kohlenhydrat-Zerlegung), welche z.B. im Cytoplasma der umgebenden Zelle statt findet.

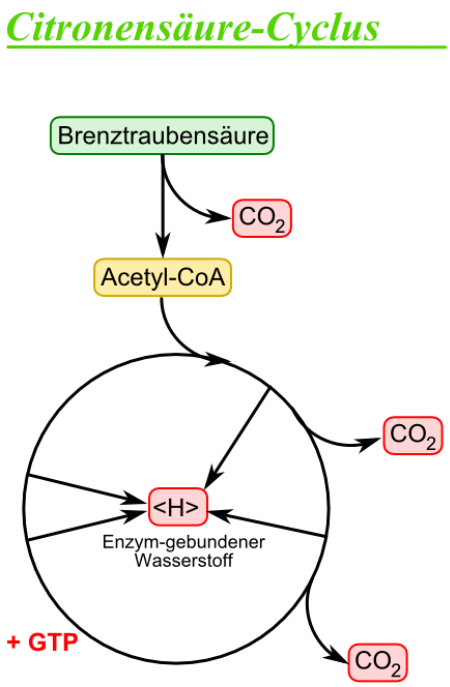


Q: www.sci.sdsu.edu/TFrey/TFrey.html (Terry FREY)

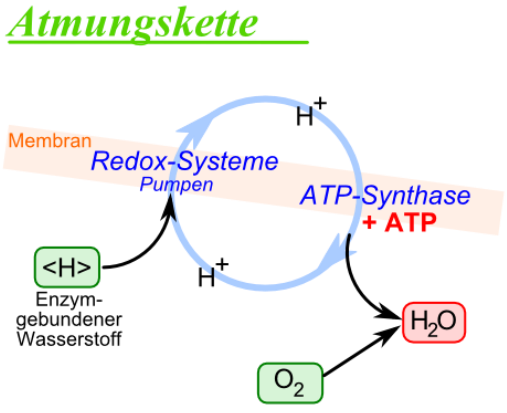
Mitochondrien – die Kraftwerke der Zelle?

Zur Glycolyse sind praktische alle Zellen in der Lage. Sie können also zumindestens 2 ATP-Moleküle aus einem Molekül Glucose herstellen.
Mitochondrien besitzen Enzyme, die eine weitere Zerlegung der Brenztraubensäure ermöglichen.
In einem Kreislaufprozess – dem **Citrat-Zyklus** (Zitronensäure-Zyklus) wird die Brenztraubensäure Schritt-weise in Cohlendioxid gewandelt. Der Citrat-Zyklus (→ 🕮 **Stoff- und Energiewechsel**) findet in der Matrix statt. Quasi als ein Nebenprodukt entsteht Enzym-gebundener Wasserstoff (<H>).
Als sofort nutzbare Energie entsteht im Zitronensäure-Zyklus GTP. Das GTP ist ein ähnlicher Energie-Träger, wie das ATP. Eine Umwandlung ineinander ist sehr leicht möglich.





Auch die Zersetzungsprodukte (Acetyl-CoA, aktivierte Essigsäure) aus der Fettsäure-Zerlegung (gehört zum Fett-Abbau) erhalten Eingang in den Citrat-Zyklus.
Der im Zyklus gebildete (Enzym-gebundene) Wasserstoff wird dann in der **Atmungskette** oxidiert. Dabei werden großen Mengen an Energie (ATP) frei.



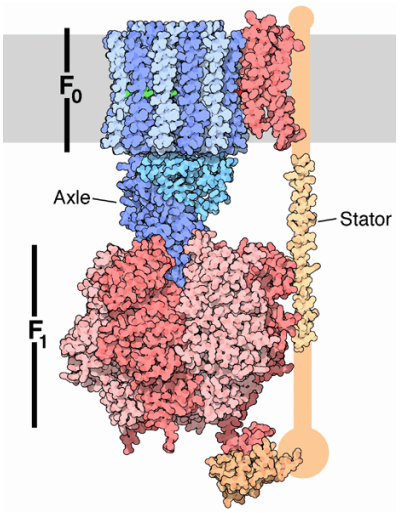
Die Enzyme der Atmungskette (→ 🕮 **Stoff- und Energiewechsel**) befinden sich in und an der inneren Mitochondrien-Membran.

Biochemiker sprechen bei den Enzymen der Atmungskette auch von Redox-Systemen. Sie gewinnen aus den Energie-reichen Elektronen des Wasserstoffs reichlich Energie. Die wird dazu benutzt, um über einen kleinen Umweg am Enzym ATP-Synthetase (ATPase) die ATP-Synthese durchzuführen.

Die ATP-Synthase ist ein so großes Protein, dass es sogar auf den elektronen-mikroskopischen Aufnahmen als kleine schwarze Flecken an der inneren Mitochondrien-Membran sichtbar ist.

Der Protein-Komplex stellt praktisch einen biochemischen Motor dar, der mit Protonen angetrieben wird. Bei einer Umdrehung des inneren Rotor's (Achse + F1-Proteine) werden drei Moleküle ATP produziert. Dabei werden sechs Protonen aus dem Intermembran-Bereich in die Matrix zurückgelassen.

Betrachtet man den gesamten Stoffwechsel, dann ergibt sich die folgende chemische Summen-Gleichung:

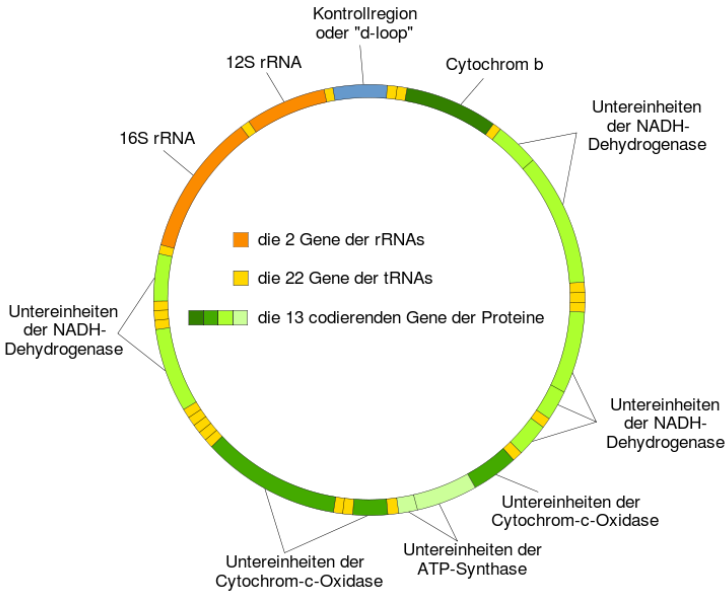


ATP-Synthase
Q: rcsb.org [Molecule of the Month]

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \longrightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O \qquad \Delta_R H = -2870\ kJ / mol$$

Mitochondrien verfügen über eigenes genetisches Material. Dieses enthält praktisch nur die Informationen für die Funktions-Eiweiße (der Atmungskette) und solche, die für die Produktion-Einrichtungen selbst – z.B. die Ribosomen – notwendig sind.

Besonders interessant ist, dass z.B. das Enzym Cytochrom-C-Oxidase sowohl aus Teilen zusammengebaut wird, deren genetische Informationen im Mitochondrien-Genom codiert ist, als auch aus solchen, die im zellulären Erb-Material gespeichert sind.



Genom eines Mitochondriums
Q: de. wikipedia.org (Knopfkind)

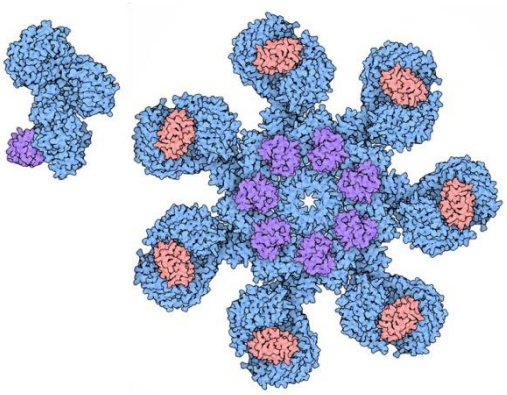
Mitochondrien vermehren sich durch Teilung / Spaltung. Eine spontane Bildung direkt durch die Zelle ist nicht möglich. Sie können immer nur aus anderen Mitochondrien hervorgehen.

Genetisch oder funktionell geschädigte Mitochondrien bewirken bei den Träger-Zellen bzw. –Organismen häufig schwere Schäden. So konnte man nachweisen, dass an Krankheitsbildern, wie ALZHEIMER, Diabetes, LEIGH-Syndrom (Ausfälle in bestimmten Hirnregionen) und wahrscheinlich auch multiple Sklerose (chronische Entzündung des Nervensystems) Fehlfunktionen in den Mitochondrien verantwortlich sind.

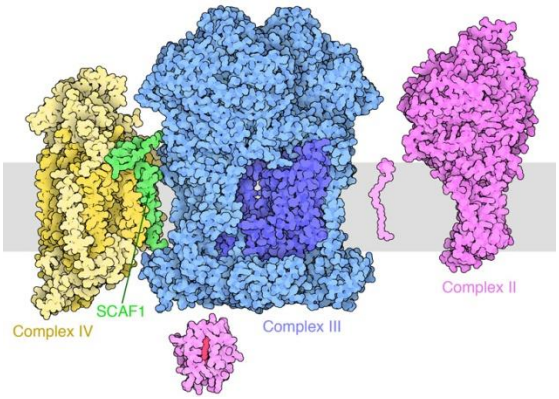
Das Gift Cyanid (Cyankali) ist z.B. ein Stoff, der die mitochondralen Stoffwechselvorgänge irreversibel blockiert.

Seit einigen Jahren weiss man, dass Mitochondrien auch eine zentrale Rolle beim programmierten Zelltod (Apoptose) innehaben. Sie sind das Steuerungszentrum dieses unumkehrbaren Prozesses. Nach der Einleitung des programmierten Zelltods (durch sehr unterschiedliche Stimuli (Chemikalien, zelleigene Rezeptoren, …)) zerfallen gleich anfänglich die Mitochondrien. U.a. werden dabei stark erhöhte Mengen an Cytochrom c und ROS (reactive oxygen species; hochreaktive Peroxide) gebildet. Diese zerstören dann nachfolgend Membran-Lipide und das mitochondrale Erb-Material.

Ein Auslösefaktor für die Apoptose kann z.B. ein zu geringer ATP-Spiegel sein. Praktisch bedeutet dies zumeist, dass der normale Stoffwechsel nicht mehr aufrechterhalten werden kann. Die Energie reicht nicht mehr zum Überleben. Es gibt aber auch genetisch (vom Mitochondrien-Träger) bedingte Ursachen, die den programmierten Zelltod auslösen. Beim Menschen werden so z.B. in der embryonalen Fingerentwicklung die Zwischenfinger-Spalten ausgebildet. Die Zellen der zwischen den Fingern aufgespannten Häute (ursprüngliche Schwimmhäute) sterben geplant ab. Übrig bleiben einzeln stehende Finger.
Organismen oder Zellen, die ihre Fähigkeit zum programmierten Zelltod verlieren, neigen zu vermehrter Teilung. Krebs kann dann eine Folge sein.
Manche Viren manipulieren das Steuerungssystem der Apoptose so, dass die Wirtzellen länger weiter leben. Erst dadurch ist eine übermäßige Ausnutzung der Wirtszelle für den Neubau von Viren möglich.
Wieder andere Krankheitserreger (z.B. HIV) aktivieren den programmierten Zelltod. Im Fall des HI.Virus sind es spezielle Immunzellen des Wirtes (T-Helfer-Zellen). Dadurch schützen sich verschiedene Viren vor der Vernichtung durch den Wirt.



menschliches Apoptosom (Monomer und Polymer) (Molekül-Modell)
Q: rcsb.org [Molecule of the Month]

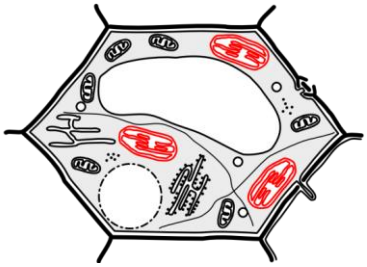


respiratorischer Enzym-Komplex (Redox-Systeme der Atmungs-Kette)
Q: rcsb.org [Molecule of the Month]

weitere Fakten:

- beim Menschen ergibt sich für die gesamte Anzahl an Mitochondrien im Körper eine Fläche von ungefähr 14.000 m^2 für die innere Mitochondrien-Membran

2.7.2. Chloroplasten

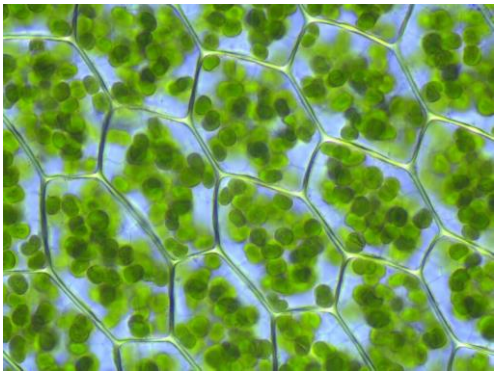


Lage der Chloroplasten (**rot**) in einer Pflanzen-Zelle

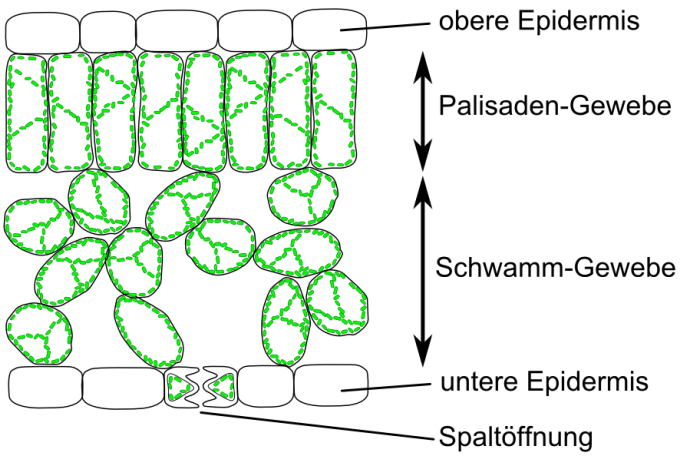
Chloroplasten kommen nur bei Pflanzen vor. In den Chloroplasten ist der grüne Blattfarbstoff Chlorophyll konzentriert.
Bei violetten Laubblättern überdecken Xanthophylle (dunkelrote bis violette Blatt-Farbestoffe) das Grün. Die Laubfarben im Herbst entstehen beim Abbau der verschiedenen Blattfarbstoffe (gelbe bis orange Farbstoff (meist Carotinoide)). Die Mengen und Kombinationen der Blattfarbstoffe bestimmen die sichtbare Blattfarbe.
Chloroplasten sind zwischen 2 – 8 µm groß und damit schon lichtmikroskopisch sichtbar.
Pflanzenteile, die nur wenig oder gar nicht mit Licht in Kontakt kommen, haben keine ausgebildeten Chloroplasten.
Aber auch in belichteten Pflanzenteilen sind sie nicht immer beobachtbar. So fehlen sie z.B. in vielen Blüten, Früchten und z.B. auch in der äußeren Zell-Schicht (Epidermis) der grünen Blätter.
Die Zahl der Chloroplasten in einer Zelle kann stark variieren. Besonders die verfügbare Licht-Menge bestimmt die Anzahl. Blätter im Kern einer Baum-Krone haben meist deutlich weniger Chloroplasten in ihren Zellen, als solche Zellen, die am äußeren – Licht-durchfluteten – Rand der Krone wachsen.
Einfache Pflanzen (z.B. verschiedene Algen) verfügen über netzörmige, schraubenfärmige, gelappte oder sternförmige Chloroplasten.
Für höhere Pflanzen sind Linsen-förmige Chloroplasten typisch. Sie bewegen sich mit dem Cytoplasma durch die Zelle.
Wenn man Chloroplasten-haltige Zellen im Mikroskop beobachtet, dann wird man sehr häufig die Wanderung der Chloroplasten auf scheinbar festgelegten Bahnen sehen können. Die Chloroplasten bewegen sich aber nicht aktiv, sondern werden vom Cytoplasma-Strom mitgezogen. Das Cytoplasma selbst nimmt zwischen Zellkern und Vakuolen nur noch schmale Bereiche ein, die gerade ausreichen, um die Chloroplasten durchzulassen.



Q: rsb.info.nih.gov
Laubblatt mit panaschierten (Chloroplasten-freien) Bereichen

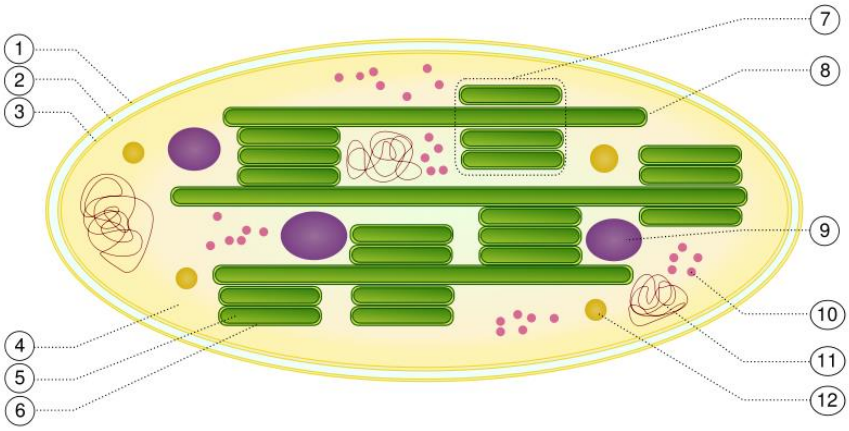


Q: de.wikipedia.org (Kristian Peters)



linke Abb.: Schnitt durch ein Laubblatt (Schichten / Gewebe eines Laubblattes)

Auch die Chloroplasten besitzen eine charakteristische doppelte Umhüllung ((1) und (3)). Die äußere (1) ähnelt sehr den Membranen der restlichen Pflanzen-Zelle.
Die innere Membran (3) ist eher Bakterien-ähnlich. Im Innenraum (4) befindet sich die Chloroplasten-Matrix – meist Stroma genannt.
Die Intermembranzone (2) ist mit Plasma ausgefüllt.



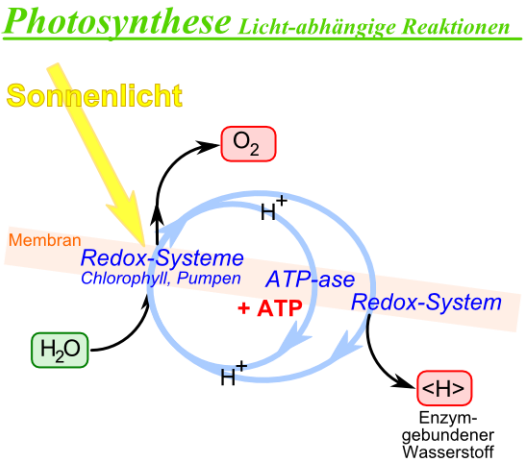
schematischer Bau eines Chloroplasten
Q: en.wikipedia.org (SuperManu)

Die innere Membran faltet sich im Innenraum weiter ein. Dabei entstehen blattartige Strukturen – die Thylakoide (6, 8).
Im Stroma einzeln liegende Membranschichten werden als Stromathyllakoide (8) bezeichnet. An bestimmten Stellen bilden die Thyllakoide Stapel. In guten Lichtmikroskopen sind diese als Grana (7) (dt.: Flecken) sichtbar. Die Thyllakoide hier heißen deshalb Granathyllakoide (6). Der Innenbereich zwischen den Thyllakoidmembranen wird Lumen (5) genannt.
Im Stroma finden wir noch Stärkekörner (9) und Globuli bzw. Vesikel (12) (enthalten Fette, Glycolipide, Chinone, Carotinoide und andere Farbstoffe).
Chloroplasten verfügen ebenfalls über ihr eigenes genetisches Material (DNA, 11), das sehr dem von Bakterien ähnelt.
Die Umsetzung der Choroplasten-eigenen genetischen Informationen erfolgt an speziellen Ribosomen (10). Dabei handelt es sich um sogenannte 70-S-Ribosomen, die sehr denen in Bakterien (bzw. Procyten) ähneln.
Chloroplasten können nur aus ihresgleichen heraus gebildet werden oder aber durch verschiedene Umwandlungen auch aus anderen Plastiden. Eine Ur-Zeugung in der Zelle ist nicht möglich.
Zum Nachweis dienen Pflanzen mit panachierten Blättern (hellgefleckt, s.a. Abb. weiter oben). Bei ihnen wurden – meist durch künstliche Maßnahmen – Chloroplasten-Verluste erzielt. Bei vegetativer Fortpflanzung bleiben diese an der gleichen oder einer abgeleiteten Stelle erhalten. Ein anderer Beleg ist bei Kakteen möglich. Sicher haben Sie in einem Pflanzenladen schon einmal farbige (gelbe oder rötliche) Kakteen gesehen. Diese haben einen Chlorophyll-Verlust. Überleben können solche Exemplare nur, wenn sie auf einem anderen (grünen) Kaktus aufgepfropft werden. Dieser versorgt die Aufsitzer mit den notwendigen Stoffen.


Kakteen-Kombination aus einem Kaktus (Aufsitzer) mit Chlorophyll-Verlust und einem normalen (photosynthetisch aktiven) Kaktus (Träger, Basis)

2.7.2.1. Stoffwechsel der Chloroplasten

In den Chloroplasten findet die vollständige Photosynthese (→ 🕮 **Stoff- und Energiewechsel**) statt.
Aus der Lage des Chlorophyll's innerhalb der Thyllakoidmembranen kann man ableiten, dass hier die **Lichtreaktionen** ablaufen. Dabei kommt es zur Spaltung des Wasser's (Ausgangsstoff für die Photosynthese) – auch Hydrolyse genannt.
Es entstehen am Ende mehrerer Schritte das Endprodukt Sauerstoff und Enzym-gebundener Wasserstoff (**<H>**).

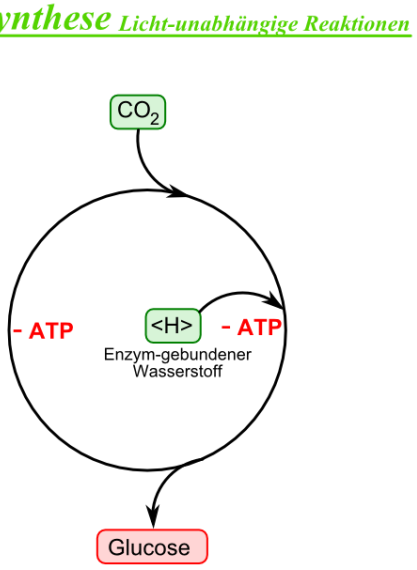


$$2\ H_2O \xrightarrow{h * \nu} 4\ \langle H\rangle + O_2 \uparrow$$

Die zwischenzeitig frei werdenden Elektronen (e^-) werden in einer Redoxkette u.a. zur Bildung von ATP genutzt.
Insgesamt ergibt sich für die Licht-abhängigen Reaktionen:

$$2\ H_2O + 2{+}x\ ADP + 2{+}x\ Ph \xrightarrow{h * \nu} 4\ \langle H\rangle + 2{+}x\ ATP + O_2 \uparrow$$

Die genaue Anzahl der umgesetzten ADP-, Phosphat- und ATP-Moleküle kann nicht angegeben werden, da nebenbei auch noch zusätzliche Moleküle umgesetzt werden können.
Die **Dunkelreaktionen** finden vorrangig im Stroma statt. Bei diesen Vorgängen wird der zweite Ausgangsstoff – das Cohlendioxid – in einem Kreislauf-Prozess zu Glucose aufgebaut. Dazu sind ATP und der Enzym-gebundene Wasserstoff aus den Lichtreaktionen notwendig.



$6\ CO_2 + 24\ \langle H\rangle \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ H_2O$

Aus der Gleichung wird deutlich, dass die von uns oben notierte Gleichung der Lichtreaktionen insgesamt 6x ablaufen muss. Nur so bekommen wir genug Enzym-gebundenen Wasserstoff zusammen. Also:

$12\ H_2O \longrightarrow 24\ \langle H\rangle + 6\ O_2 \uparrow$

Bezieht man die notwendigen ATP-Moleküle mit ein, dann ergibt sich:

$$6\ CO_2 + 24\ \langle H\rangle + 12\ ATP \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ H_2O + 12\ ADP + 12\ Ph$$

Insgesamt ergibt sich dann (durch Addition beider (fett-gedruckten) Reaktionsgleichungen):

$$\mathbf{6\ CO_2 + 12\ H_2O \xrightarrow{h * \nu} C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \uparrow + 6\ H_2O}$$

bzw. mit ADP/ATP:

$$6\ CO_2 + 12\ H_2O + 12\ ATP \xrightarrow{h * \nu} C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \uparrow + 6\ H_2O + 12\ ADP + 12\ Ph$$

Da auf beiden Seiten der chemischen Gleichung Wasser vorkommt, darf bzw. muss man hier "kürzen" und wir erhalten die bekannte Gesamtgleichung für die Photosynthese:

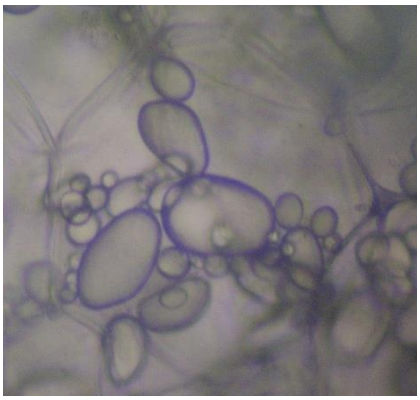
$$\mathbf{6\ CO_2 + 6\ H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \uparrow \quad ; \Delta_R H = 2870\ kJ / mol}$$

Die notwendige Energie (ATP) wird dabei üblicherweise in passenden physikalischen Größen-Einheiten hinter die Stoff-Gleichung notiert.

Aufgaben:

1. *Bei den Dunkel-Reaktionen hat der Autor auf die Angabe der Reaktions-Bedingung (h * ν) verzichtet. Ist ein solches Vorgehen exakt? Begründen Sie Ihre Meinung!*
2. *Skizzieren Sie einen Chloroplasten und beschriften Sie die Skizze vollständig!*
3. *In der äußeren Zellschicht von Laubblättern fehlen normalerweise die Chloroplasten in den Zellen. Nur in den sogenannten Schließ-Zellen (Spaltöffnungs-Zellen, Stomata) sind sie vorhanden. Wodurch könnte das Vorhandensein der Chloroplasten in den Schließ-Zellen zu erklären sein?*
4. *Der Biologie-Schlaumeier des Kurses behauptet, dass Pflanzen als wesentliche Leistung Kohlenstoffdioxid in Sauerstoff umwandeln. Setzen Sie sich mit dieser Behauptung auseinander!*

2.7.4. Leukoplasten



Q: de.wikipedia.org (Mnolf)

In Speicherorganen und unbelichteten Pflanzenteilen findet man Leukoplasten. Sie sind oval, Ei- bis Kugelförmig gebaut. Leukoplasten sind üblicherweise farblos. Mit Iod-Kaliumiodid-Lösung kann eine Blau- bis Schwarzfärbung erzielt werden. Dies gilt als Nachweis für die vorhandene Stärke.
Die typische Funktion von Leukoplasten ist die Einspeicherung von Glucose in Form von Stärke. Im Bedarfsfall kann die Stärke von den Leukoplasten auch wieder zerlegt werden und die freiwerdende Glucose anderen Zellen zur Dissimilation (und heterotrophen Assimilation) bereitgestellt werden.
Stärke-speichernde Leukoplasten werden auch als Amyloplasten (Amylose: eine Stärkeart) bezeichnet. Die Speicherorgane dienen natürlich vornehmlich der eigenen Versorgung in schlechten Zeiten oder als Initialstoffreserve (Speicherorgan zweijähriger Pflanzen).
Für uns Menschen sich dann viele Pflanzen-Teile oder Früchte eine beliebte Nahrung (Kartoffeln, Reis-Körner, Mehl, …).

Mikroskopie: Quetsch-Präparat vom Fruchtfleisch der Banane

Durchführung:
- Objektträger mit einem Tropfen Wasser vorbereiten
- Banane nur einen Streifen der Schale entfernen
- mit einer Präpariernadel etwas Fruchtfleisch entnehmen und in den Wassertropfen geben
- Deckgläschen auflegen und mit leichtem Schiebebewegungen das Fruchtfleisch zerquetschen
→ **Beobachtung (Einstellen eines scharfen Bildes)**
- direkt neben das Deckgläschen einen Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung (LUGOLsche Lösung) geben und unterziehen lassen
→ **Beobachtung (+ Zeichnung)**

Hinweise:
- gefärbte Zellbestandteile werden schattiert und die beobachtete Farbe als Beschriftung notiert

Mikroskopie: Schabe-Präparat von einer Kartoffel

Durchführung:
- Objektträger mit einem Tropfen Wasser vorbereiten
- Kartoffel anschneiden
- mit einem Objektträger (kurze Kante) oder einem Messer etwas Material von der Schnittfläche abschaben und in den Wassertropfen überführen
- Deckgläschen auflegen und mit leichtem Schiebebewegungen Material verteilen
→ **Beobachtung (Einstellen eines scharfen Bildes)**
- direkt neben das Deckgläschen einen Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung (LUGOLsche Lösung) geben und unterziehen lassen
→ **Beobachtung (+ Zeichnung)**

Hinweise:
- gefärbte Zellbestandteile werden schattiert und die beobachtete Farbe als Beschriftung notiert

2.7.3. Chromoplasten



Q: de.wikipedia.org ()
Mohrrüben-Sorten
mit verschiedenen Farbstoff-Anteilen

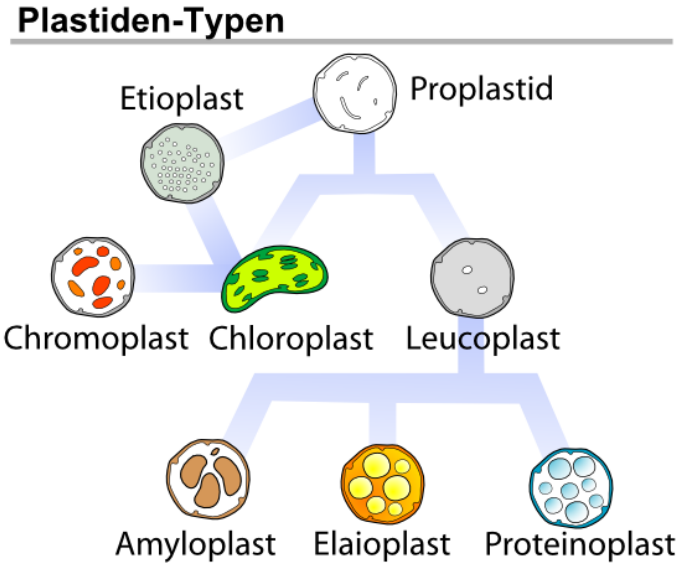
Chromoplasten finden wir in Blütenblättern, Früchten und verschiedenen Speicherorganen. Die typische Färbung der Chromoplasten geht ins rot-orange-violette.
Für die Pflanzen-Organe ergibt sich dann eine Mischfarbe aus allen enthaltenen Farbstoffen, wie eben z.B. die Carotine oder Xanthophylle (zusammen Carotinoide).
Der grundsätzliche Bau entpricht den Leukoplasten.
Ihre primäre Funktion ist die Speicherung (und Präsentation) von Farbstoffen (statt Stärke). Mit diesen sollen Insekten oder andere Tiere angelockt werden, um die Verbreitung der Samen oder Pollen zu forcieren.
Zum Anderen sind Farbstoffe Produkte des Luxus-Stoffwechsels (Tertiär-Stoffwechsel) von Pflanzen. In Sonnen-reichen Situationen können Pflanzen nicht einfach ausweichen, wie z.B. Tiere. Ihnen bleibt nur eine Anpassung an die viele Sonne.
Sie produzieren unter hohem Energie-Aufwand chemisch sehr komplizierte Stoffe. Diese werden dann abgespeichert. So kann die "überschüssige" Sonnen-Energie gut weggesteckt werden.
Pflanzen, die nun solche Stoffe produzieren, die in der Natur weitere Funktionen übernehmen, z.B. Anlocken von Insekten, Abschrecken von Fress-Feinden haben zudem noch einen evolutionären Vorteil.

Aufgaben

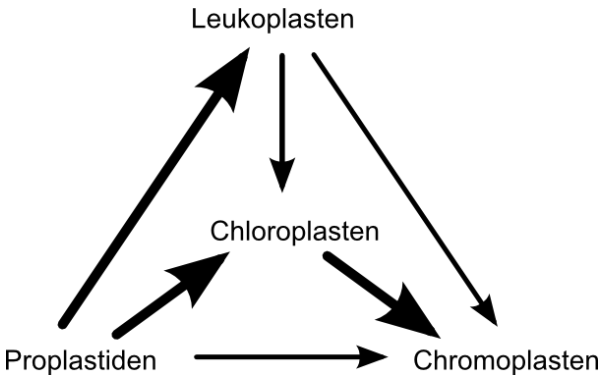
1. *Warum wandeln die Pflanzen die Glucose eigentlich in Stärke und ähnliche Produkte (z.B. Fette) um? Wäre es nicht energetisch günstiger, die Glucose zu behalten? Begründen Sie Ihre Meinung dazu!*

2.7.4. Proplastiden

Für die meisten Plastiden sind sogenannte Proplastiden die Vorform. Diese können sich durch Teilung / Spaltung vermehren. Proplastide sind weitesgehend undifferenziert. Je nach Lage in der Pflanze bzw. abhängig von den Bedingungen (z.B. Licht) entwickeln sie sich in die eine oder andere Plastidenart.
Proplastiden können sich in die verschiedenen reifen Plastiden entwickeln. Eine Umwandlung der Plastiden ineinander ist in gewissen Grenzen möglich.
Gut beobachten können wir das bei Kartoffeln. Keimen sie, dann bilden sich zuerst weiße Sprossen.
Erreichen die Spitzen dann ausreichend helle Stellen, dann ergrünen sie.
Kartoffeln, die an ihrer Schale grün werden, sollten nicht mehr genutzt werden, da sich hier auch giftiges Solanin bildet.

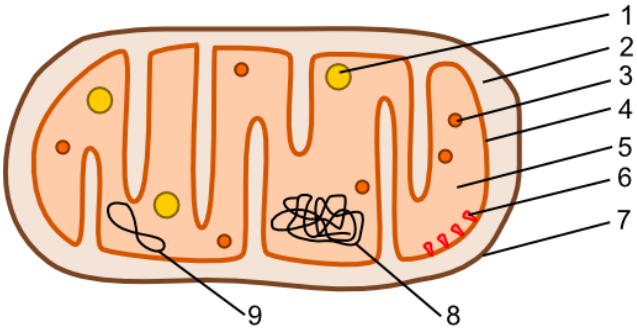


Plastiden-Typen und ihre Entwicklungs-Möglichkeiten
Q: commens.wikimedia.org (LadyofHats); geänd.: dre



Aufgaben

1. *Benennen Sie das abgebildete Zell-Organell und geben Sie die Namen der nummerierten Bestandteile an!*



2. *Vergleichen Sie Mitochondrien mit den Chloroplasten!*
3. *Mikroskopieren Sie das Frucht-Fleisch von Tomaten und / oder Hagebutten (fein zerteilt und in abgekochtem Wasser suspendiert)! Zeichnen Sie 3 typische Chromoplasten!*
4. *Mikroskopieren Sie einen sehr feinen Schnitt (mit einer Rasier-Klinge) aus einer Mohrrübe als Frisch-Präparat! Zeichen Sie einige Chromoplasten!*

für die gehobene Anspruchsebene:

5. *Einige Braunalgen besitzen Chloroplasten mit drei umhüllenden Membranen. Die innere ist eher procytisch, die beiden äußeren eher eucytisch gebaut.*
   Stellen Sie eine Hypothese zu diesem Phänomen auf!

Herstellung einer Roh-Chlorophyll-Lösung

Materialien / Geräte:
Mörser od. Reibe-Schale, Brenn-Spiritus, See-Sand (Quarz-Sand), Filter, Filter-Papier
geeignetes Material: Spinat, Brennnessel, …

Hinweise:
- zur Verhinderung der Oxidation kann eine Spur Ascorbinsäure zur fertigen Lösung zugesetzt werden

Durchführung / Ablauf:
- frische Blätter mit Schere od. Skalpell fein zerkleinern und mit Sand im Mörser zerreiben
- mehrmals wenig Brenn-Spiritus zugeben, verrühren und dekantieren
- die dekantierte Lösung mittels Filter reinigen

chromatographische Trennung einer Chlorophyll-Lösung I

Materialien / Geräte:
Roh-Chlorophyll-Lösung, Chromatographie-Säule (Brenn-Rohr dicht mit Kartoffel-Stärke gefüllt; beidseitig mit Filter-Papier und durchlöchertem Stopfen (mit Glas-Röhrchen) verschlossen), Auffang-Gefäß; Trenn-/Lauf-Mittel: Benzin-Benzen-Chloroform-Aceton-Isopropanol-Lösung (60 : 30 : 1,25 : 0,5 : 0,06); Stativ-Material

Durchführung / Ablauf:
- Rohr senkrecht montieren

- oberen Stopfen entfernen und mehrfach vorsichtig wenig Probe-Lösung auf die Stärkesäule geben
- von oben möglichst kontinuierlich Trenn-/Lauf-Mittel nachfüllen
- warten bis das Fließmittel mindestens bis 1 – 2 cm vorm unteren Rand der Säule angekommen ist od. die Trennung in mehrere Fraktionen deutlich sichtbar ist

Zusatzuntersuchung:
- Rohr kann im Dunklen auch unter UV-Licht beobachtet werden

chromatographische Trennung einer Chlorophyll-Lösung II

Materialien / Geräte:
Roh-Chlorophyll-Lösung, PETRI-Schale, Chromatographie-Säule ((nicht geleimte) Tafel-Kreide 1 h bei 100 °C getrocknet und wieder abgekühlt), Becher-Glas (höher als Kreide); Glas-Deckel, Trenn-/Lauf-Mittel: Benzin-Petrolether-Aceton-Lösung (10 : 5 : 4)

Durchführung / Ablauf:
- in die PETRI-Schale 0,5 cm hoch Roh-Chlorophyll-Lösung bzw. Probe geben
- Kreide (ev. auch mehrere parallel) in die Schale stellen (ev. Reagenz-Glas-Ständer als Fixier-Möglichkeit nutzen)
- Lauf-Trenn-Mittel 1 cm hoch in ein Becher-Glas geben
- ein oder mehrere Kreide-Stangen aus der PETRI-Schale entnehmen und jeweils einzeln / separiert ins Becher-Glas stellen
- warten bis das Fließmittel mindestens bis 1 – 2 cm vorm unteren Rand der Säule angekommen ist od. die Trennung in mehrere Fraktionen deutlich sichtbar ist

Zusatzuntersuchung:
- Kreide-Stangen-Chromatogramm kann im Dunklen auch unter UV-Licht beobachtet werden

Dünnschicht-chromatographische Trennung einer Chlorophyll-Lösung

Materialien / Geräte:
Roh-Chlorophyll-Lösung, Dünnschicht-Chromatographie-Platten, Glas-Gefäß mit Deckel; Trenn-/Lauf-Mittel: Benzin-Isopropanol-Lösung (10 : 1) od. alternativ: Benzin-Petrolether-Aceton-Lösung (10 : 5 : 4)

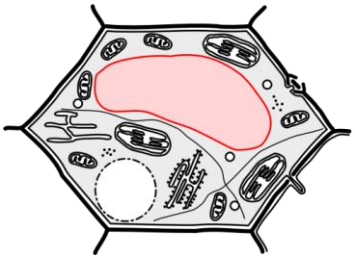
Hinweise:
- Chromatograhie-Platten und Glas-Gefäß müssen aufeinander abgestimmt werden (Platten lassen sich schneiden (ev. Fließ-Richtung beachten))
- Versuchs-Aufbau vorher trocken testen!

Durchführung / Ablauf:
- auf Dünnschicht-Platte mit Bleistift 2 cm von unten vorsichtig eine hauchdünne Linie anzeichnen
- auf diese Linie mehrfach mit einem Pinsel od. einer feinen Pipette immer wenig Material auftragen (Probe sollte möglichst wenig verlaufen!)
- Glas-Gefäß 0,5 – 1 cm hoch mit Laufmittel füllen
- Platte hineinstellen und Glas-Gefäß abdecken
- warten bis das Fließmittel mindestens bis 1 – 2 cm unter dem oberen Rand der Platte angekommen ist od. die Trennung in mehrere Fraktionen deutlich sichtbar ist

Zusatzuntersuchung:
- die Platte kann im Dunklen auch unter UV-Licht beobachtet werden

2.8. Vakuole

Im Zentrum vieler pflanzlicher Zellen befinden sich eine oder wenige Membram-umhüllte Flüssigkeitsansammlungen. Diese werden als Vakuole (dt.: Zellsaftraum) bezeichnet. Sie nehmen dort mit zunehmenden Zellalter einen immer größer werdenden Raum ein. Bei sehr alten Zellen oder in den Zellen von Früchten oder Speicherorganen kann dieser Raum bis ungefähr 95% (des Zellinnenraumes) einnehmen.



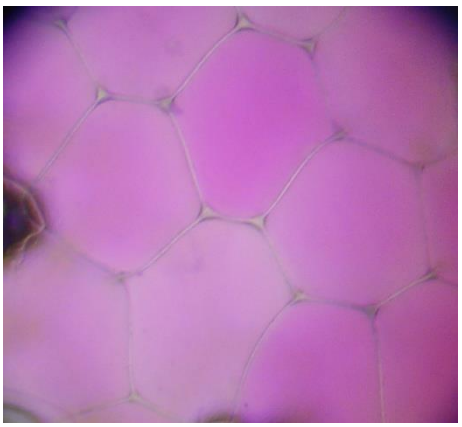
Lage der Vakuole (**rot**) in einer Pflanzen-Zelle

Vakuolen haben vorrangig Speicher- und Sammelfunktionen. Desweiteren sind sie entscheidend an der Regulation des Wasserhaushalts und der damit zusammenhängenden Aufrechterhaltung des Zellinnendrucks (Tugor) beteiligt.

Vakuolen bilden sich aus ihresgleichen oder aus Ausstülpungen des endoplasmatischen Retikulums bzw. des GOLGI-Apparates.

Die umgebende (einfache) Membran (Doppel-Lipid-Schicht) einer Vakuole heißt Tonoplast.

Der Zellsaft enthält neben anorganischen Salzen auch organische Säuren, lösliche Kohlenhydrate, Zuckeralkohole, Aminosäuren, Alkaloide, Glykoside und Farbstoffe. (Farbstoff-haltigen Vakuolen (z.B. aus Liguster-Beeren, untere Epidermis von Alpenveilchenblättern, alle farbigen Zellen der (A) Roten Rübe, Rotkohl-Blätter) lassen sich sehr gut für mikroskopische Beobachtungen verwenden.)

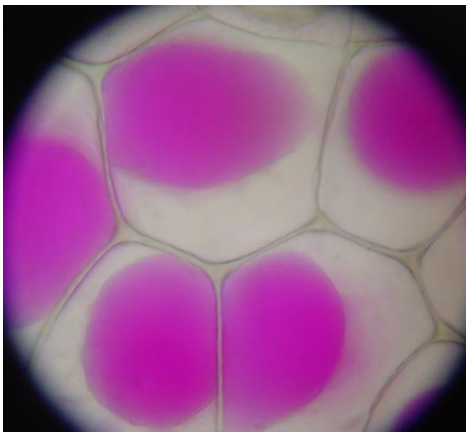


Vakuole (mit farbiger Vakuolen-Flüssigkeit (Zellsaft)) nimmt fast das gesamten Zell-Volumen ein
Q: de.wikipedia.org (Mnolf)

Bei wechselnden osmotischen Verhältnissen verändert sich vor allem die Größe (Innenvolumen) der Vakuole.

Umgibt man eine pflanzliche Zelle mit einer konzentrierten (**hypertonischen**) Lösung (z.B. Glucose- oder Zucker-Lösungen, Glycerol-Wasser-Gemische, Salz-Lösungen), dann kommt es zu osmotischen Vorgängen.

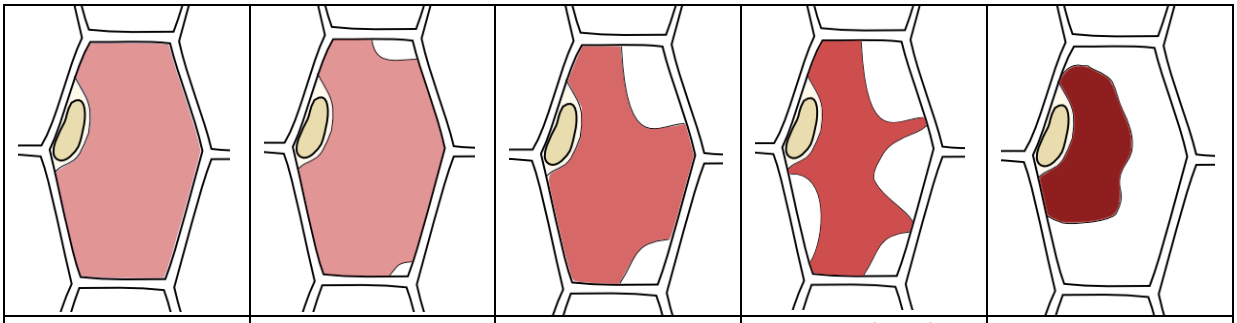
Wasser tritt verstärkt in das (hypertonische) Außenmedium aus. Das Volumen der Vakuole reduziert sich dabei. Da die Zellwand als starre Einheit ein fester Raster darstellt, kann dieser Effekt gut beobachten (siehe Abb. rechts) werden. Das Plasmalemma löst sich von der Zellwand und Umgebungsflüssigkeit strömt in den freiwerdenden Raum (Zell-Lumen). Das Cytoplasma ist von den Vorgängen ebenfalls betroffen, nur wird der Effekt wegen der Volumenverhältnisse nicht so deutlich sichtbar.



Konvex-Plasmolyse (die Zellen sind praktisch tod, da die Kontakte zu den Nachbarzellen zerstört sind)
Q: de.wikipedia.org (Mnolf)

Bei geringen Konzentrations-Unterschieden löst sich das Plasmalemma nur teilweise von der Zellwand ab. An den Tüpfeln und Plasmodesmen bleibt weiterhin eine Verbindung zu den Nachbar-Zellen erhalten. Dann erscheinen Cytoplasma und Vakuole eher eingstülpt (konvexes Aussehen). Die Zelle hängt scheinbar an Fäden (HECHTsche Fäden) im Inneren des Zell-Lumens fest. In diesem Zustand ist die Zelle noch lebensfähig. Löst sich das gesamte Plasmalemma von der Wand – es bildet sich also ein mehr oder weniger kugeliges Innen-Gebilde (konvexes Aussehen) – dann ist die Zelle praktisch tod.

Die Verkleinerung des Zellplasma's und der Vakuole sowie die Ablösung des Plasmalemmas von der Zellwand durch eine hypertonische (höher konzentrierteren) Umgebungs-Lösung, wird **Plasmolyse** genannt. Eine Lösung, die eine Plasmolyse bewirkt, wird auch Plasmolytikum genannt.



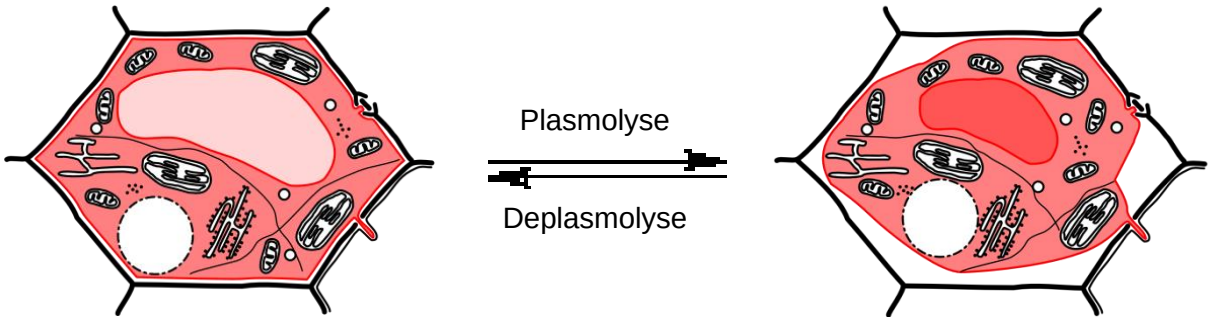
Ausgangs-Situation			Grenz-Situation	
	Konkav-Plasmolyse		Krampf-Plasmolyse	Konvex-Plasmolyse

Veränderung der Zelle – insbesondere der beobachtbaren Vakuole – in Lösungen mit steigender Konzentration an gelösten – osmotisch wirksamen – Teilchen

Von einer Konkav-Plasmolyse spricht man solange, wie die Zelle nach innen eingedellt erscheint und immer noch Kontakte zur Zellwand bzw. zu den Nachbarzellen bestehen. Ist die Zelle vollständig von der Zellwand abgelöst und ein rundliches Gebilde, dann spricht man von einer Konvex-Plasmolyse. Der Übergang von der Konkav- zur Konvex-Plasmolyse ist nicht umkehrbar (ist also irreversibel) und wird als Krampf-Plasmolyse bezeichnet. Gesucht wird bei der sogenannten grenz-Plasmolyse die Lösung mit der Konzentration an gelösten (osmotischen) Teilchen, die gerade so noch nicht zur Verkrampfung führt. Das Plasmolysat hat dann den gleichen Druck, wie das Cytoplasma.

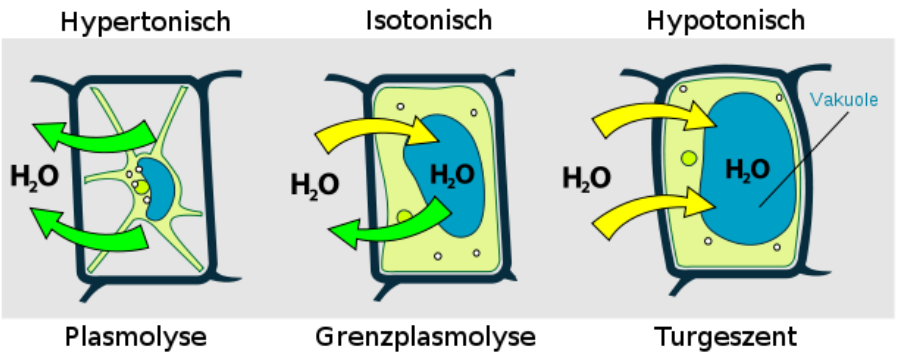
Wird das Umgebungsmedium nun wieder durch normales Wasser oder eine **isotonische** Lösung (gleichkonzentriert; bezogen auf die Ausgangsbedingungen in der Vakuole!) ersetzt, kehren sich die osmotischen Verhältnisse um. Durch die Plasmolyse ist ja Wasser aus der Vakuole und dem Zellplasma entzogen worden und damit die Konzentration der gelösten Substanzen automatisch gestiegen. Wasser wandert nun wieder verstärkt in die Vakuole. Diese dehnt sich aus und mit steigendem Volumen wird das Umgebungsmedium aus dem Zwischenraum (Lumen) zwischen Zellwand und Plasmalemma herausgedrückt. Die Zelle nimmt letztendlich wieder den ursprünglichen Raum ein. Die Umkehrung der Plasmolyse nennt man **Deplasmolyse**.

Setzt man die Zelle einer **hypotonischen** Lösung (sehr schwach konzentrierte Lösung oder reines Lösungsmittel; z.B. dest. Wasser; bezogen auf die Ausgangsbedingungen in der Vakuole!) aus, dann wird der Wassereinstrom in die Vakuole (weiter) begünstigt. Da wegen der begrenzenden Zellwand kaum zusätzliches Volumen zur Verfügung steht, steigt der Druck in der Vakuole. Unter bestimmten Bedingungen kann es dann auch zum Platzen der Zelle kommen.

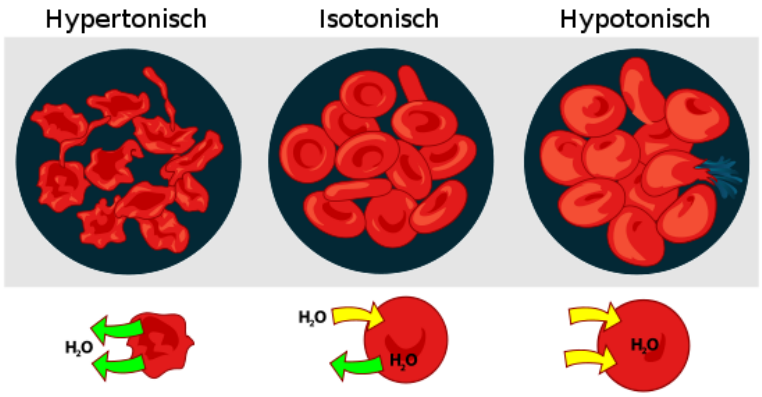


Zusammenfassend ergeben sich für pflanzliche und tierische Zellen die folgenden Bilder:

Umgebungs-Medium ist:



pflanzliche Zellen in verschiedenen Umgebungs-Medien
Q: commens.wikimedia.org (LadyofHats)



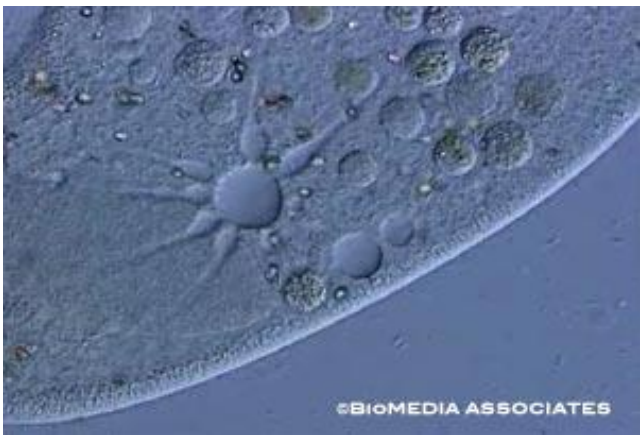
tierische Zellen (hier: Rote Blutkörperchen) in verschiedenen Umgebungs-Medien
Q: commens.wikimedia.org (LadyofHats)

besondere Vakuolen

Eine ganz besondere Ausprägung einer Vakuole ist die sogenannte pulsierende Vakuole einiger tierischer Einzeller (z.B. *(a) Paramecium spec.* (Pantoffeltierchen)). Diese ist nicht direkt mit den Vakuolen pflanzlicher Zellen vergleichbar. Gleichwohl sind auch sie für die Regulation des Wasserhaushaltes verantwortlich.
Pantoffeltierchen leben im Süßwasser. Bedingt durch einen hohen Anteil an gelösten Stoffen im Cytoplasma (dadurch relativ weniger Wasser) kommt es zu einer ständigen Wasseraufnahme in die Zelle. Irgendwann würde die Zelle platzen.
Die pulsierende Vakuole "sammelt" das überschüssige Wasser aus dem Cytoplasma. Sie ist durch ein feines Kanälchen mit der Außenwelt verbunden. Mittels einer Kontraktion wird der Inhalt der Vakuole in den extrazellulären Raum abgeleitet. Diese Kontraktionen finden in regelmäßigen Abständen statt. Deshalb spricht man von einer pulsierenden / kontraktilen Vakuole.



Pantoffeltierchen, *(g) Parameceum*
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)



EM-Aufnahme
Q: www.ebiomedia.com

Modell-Experiment: Plasmolyse

Materialien / Geräte:
kleine Wasser-Flasche; Plasmolyse-Schlauch / Wurst-Pelle; Bohrer + Schere; verschiedene Lösungen; Gummi-Bänder; große Wasser-Flasche / großer Standzylinder / großes Becherglas / pneumatische Wanne

Vorbereitung:
- Flasche an mehreren Stellen anbohren, durch Drehen eines Scheren-Schenkels im Bohloch diese entgraten
- Plasmolyse-Schlauch an einem Ende festzusammenbinden und mit diesem Ende in die Flasche einführen (ev. mit einem Holz-Stab) nachhelfen)
- anderes Schlauch-Ende großzügig abschneiden und über die Flaschen-Öffnung zurückstülpen; mit einem od. besser mehreren Gummi-Bändern hinter dem Gewinde fixieren
- ev. größere Wasser-Flasche unteren zylindrischen Teil abtrennen (präparierte kleine Flasche muss vollständig in die große Flasche passen); scharfe Kanten ev. mit Klebeband sichern

Durchführung / Ablauf:
- Dialyse-Schlauch bis zum Rand mit verdünnter Eiklar-Lösung od. verd. Saccharose-Lösung füllen und mit Schraub-Verschluß fest verschließen; ev. Masse bestimmen (wiegen), dann in den großen Behälter stellen / legen
- Glycerol-Wasser-Gemisch oder stärker konzentrierte Saccharose-Lösung in den größeren Behälter füllen
- mehrere Stunden bis zu einem Tag warten; ev. Flasche nach der Entnahme (und dem Ablaufenlassen) wiegen

Zusatzuntersuchung:
- in den Plasmolyse-Schlauch verdünnte Stärke-Lösung geben und als Außen-Flüssigkeit verdünnte LUGOLsche Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung) (neben der Saccharose od. dem Glycerol) verwenden

Aufgaben:

1. *Erklären Sie, warum ein Pantoffeltierchen eine pulsierende Vakuole benötigt! Erläutern Sie dabei auch den Weg des Wassers!*
2. *Mikrospopieren Sie Epidermis-Zellen der roten Küchen-Zwiebel (Außen-Schicht der Zwiebelschuppe)! Zeichnen Sie zwei zusammenhängende Zellen! Tropfen Sie dann ein od. zwei Tropfen eines Glycerol-Wasser-Gemisches (1 : 1) an den Rand des Deck-Gläschen! Beobachten Sie die gezeichneten Zellen! Zeichen Sie die Zellen nochmals, wenn keine Veränderungen mehr stattfinden! Geben Sie zwei bis vier Tropfen destilliertes Wasser neben das Deck-Gläschen! Beobachten sie nochmals die gezeichneten Zellen!*
3. *Beobachten Sie Pantoffeltierchen zuerst in der Kultur-Lösung! Achten Sie besonders auf die kontraktile Vakuole! Messen Sie 5x die Zeit zwischen zwei Kontraktionen! (Ev. die Bewegung der Pantoffeltierchen einschränken, indem Fasern von Filterpapier mit in den Lösungs-Tropfen gegeben werden.) Geben Sie nun ein bis zwei Tropfen einer physiologischen Kochsalz-Lösung (0,9 %ig) neben den Deck-Gläschen-Rand! Beobachten Sie die Tätigkeit der kontraktilen Vakuole! Messen Sie wiederum die Zeit zwischen den Kontraktionen!*
4. *Neutralrot ist ein gerne verwendeter lipophiler Farbstoff in der Mikroskopie. Er löst sich mäßig in Wasser sowie gut in Fett-ähnlichen Lösungsmitteln. In Wasser zeigt der Farbstoff eine gelb-bräunliche Farbe. Die Neutralrot-Moleküle sind relativ klein. In sauren Lösungen wird der Farbstoff rot. Aus diesem Grund nutzt man Neutralrot auch als pH-Indikator. Das Neutralrot-Molekül wird durch die Aufnahme von Wasserstoff-Ionen ein großes Ion, da es jetzt auch von einer Hydrat-Hülle umgeben ist. Basische oder neutrale Lösungen bewirken eine stärker Wasser-feindliche Molekül-Struktur. In der ungeladenen Form ist der Farbstoff gelb-ocker-bräunlich und vor allem gut löslich in Fett-ähnlichen Stoffen. Neutralrot ist in der ungeladenen Form Membran-gängig. In der geladenen Form – als Kation – ist eine Passage durch die Biomembran nicht mehr möglich. Wässrige saure Lösungen in kompartimentierten Systemen gelten deshalb als sogenannte Ionen-Fallen (ion trapping).*

   Beim sogenannten Neutralrot-Test (neutral red uptake) testet man mit Neutralrot die Lebensfähigkeit von Pflanzen-Zellen bzw. den Anteil lebender Zellen im Vergleich zu einer Kontroll-Probe. Lebende Zellen verfärben sich zuerst ocker-farbend. Lebende Zellen zeigen dann nach einer kurzen Zeit eine rötliche Verfärbung der Vakuole und eine Entfärbung der restlichen Zelle.

   Verwendet man eine saure Neutralrot-Lösung als Außen-Medium, dann verfärbt sich nur die Zellwand rot.

   a) Erklären Sie dieses Phänomen!

   b) Derzeit wird der Test vielfach bei Pflanzen-Geweben genutzt. Welchen Standpunkt beziehen Sie zu einem Vorschlag, den Test auch für Bakterien und Tiere (Tiergewebe) einzusetzen?

c) Bereiten Sie ein Protokoll (bis Durchführung) für die Untersuchung von Zwiebel-Zellen (Silberhaut) mit neutraler sowie leicht saurer Neutralrot-Lösung als Außenmedium vor!

d) Mikroskopieren Sie Zwiebel-Zellen (Silberhaut) mit neutraler sowie leicht saurer Neutralrot-Lösung als Außenmedium und ergänzen Sie das vorbereitete Protokoll!

<u>für die gehobene Anspruchsebene:</u>

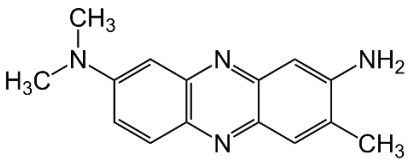
5. Brauchen Süßwasser-Fische nicht auch so etwas, was die Funktion einer pulsierenden Vakuole ersetzt? Was könnte das sein bzw. warum brauchen sie ev. kein passendes Organ? Begründen Sie Ihre Aussage!

6. Stellen Sie eine Hypothese zum Vorhandensein eines entsprechenden Organs bei Salzwasserfischen auf!

Ionen-Falle (ion trapping) bei Zwiebel-Zellen

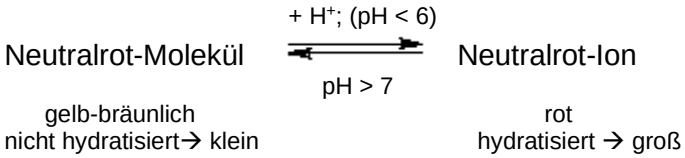
Grundlagen / Prinzipien:

Neutralrot ist als Feststoff ein grünliches Pulver. In wässriger Lösung zeigt der lipophile Farbstoff eine gelb-ockerbräunliche Farbe. Das gelöste Molekül ist relativ klein und Membran-gängig.



Q: de.wikipedia.org (Jü)

In saurer Umgebung nimmt das Neutralrot-Molekül Protonen (Wasserstoff-Ionen) auf und wird dadurch zum Ion.
Das Ion selbst wird durch die gebildete Hydrathülle deutlich größer.



Materialien / Geräte:

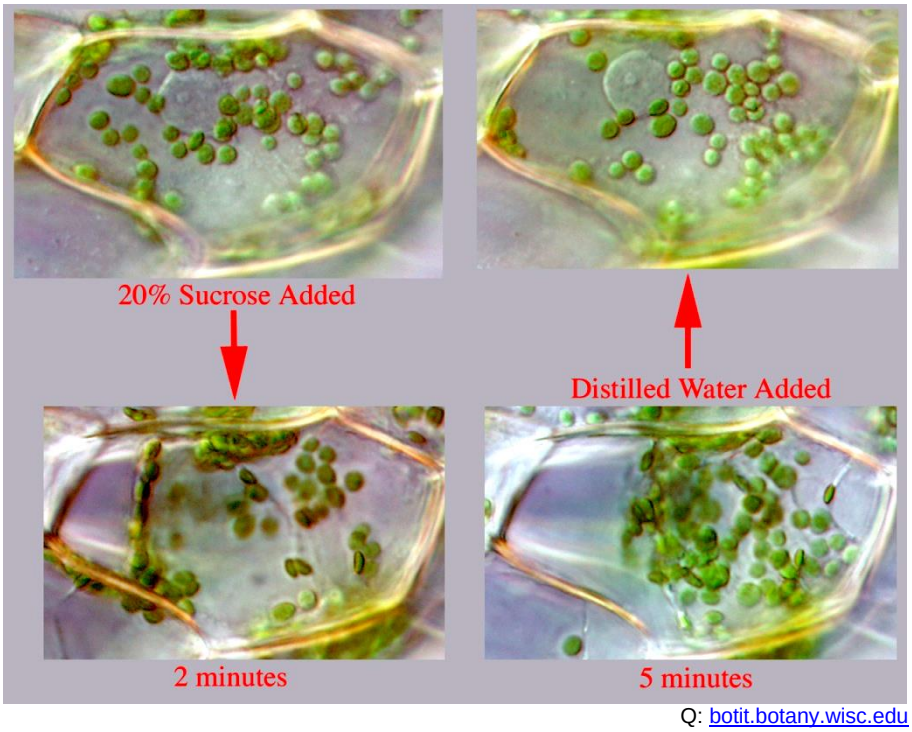
Mikroskop; Präparier-Besteck; Objekt-Träger; Deckgläschen; Neutralrot-Lösung; Reagenzglas; Reagenzglas-Ständer; schwache organische Säure (z.B. Citronensäure); Küchen-Zwiebel

Durchführung / Ablauf:

- von der Küchenzelle wird ein Feucht-Präparat angefertigt und zur Kontrolle mikroskopiert
- nun ein oder zwei Tropfen Neutralrot-Lösung unterziehen lassen
- einige Minuten beobachten (Ergebnis ev. zeichnen oder photographieren)
- neues Präparat anfertigen
- im Reagenzglas etwas Neutralrot-Lösung durch wenig Citronensäure (am Besten verdünnte Lösung) sauer machen (Verfärbung nach rot!)
- ein oder zwei Tropfen der sauren Neutralrot-Lösung unterziehen lassen
- einige Minuten beobachten (Ergebnis ev. zeichnen oder photographieren)

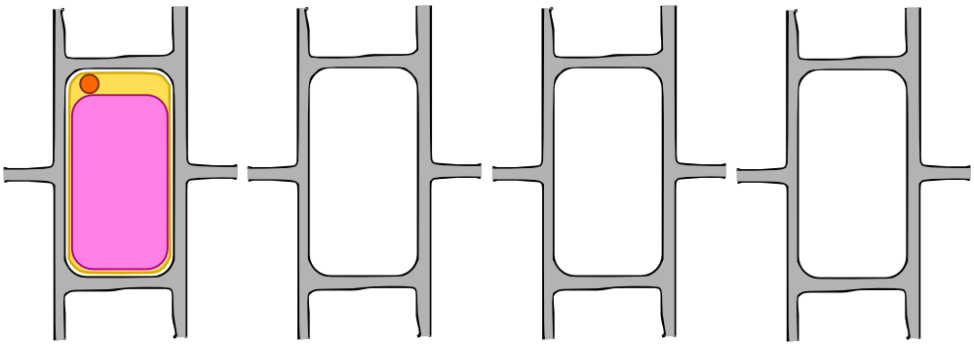
Aufgaben:

1. *Erläutern Sie den Ablauf von Plasmolyse und Deplasmolyse detailliert!*
2. *Eine Zelle wurde verschiedenen Lösungen (1. 20%ige Sucrose (ein Zucker); 2. dest. Wasser) ausgesetzt und die Beobachtungen fotographisch dokumentiert. Erläutern Sie die Beobachtungen!*
   (Die Ausdehnung des Cytoplasmas läßt sich anhand der Verteilung der Chloroplasten recht gut bestimmen.)



Q: botit.botany.wisc.edu

3. *Skizzieren Sie sich die Modell-Zelle ab (rund 10% Cytoplasma mit Zellkern, Tonoplast und Plasmalemma liegen im unteren Teil der Zelle sehr dicht aneinander! Ergänzen Sie skizzenhaft den Verlauf einer Plasmolyse! Beachten Sie, dass Proportionen deutlich sichtbar sind! Die Zellbestandteile sollen als Säule verstanden in das Lumen von unten nach oben eingezeichnet werden!*



für die gehobene Anspruchsebene:

4. *Wie könnte man mit Hilfe der Plasmolyse die Konzentration der gelösten Stoffe (den osmotischen Druck) des Zellsafts bestimmen? Planen Sie dazu ein Experiment!*

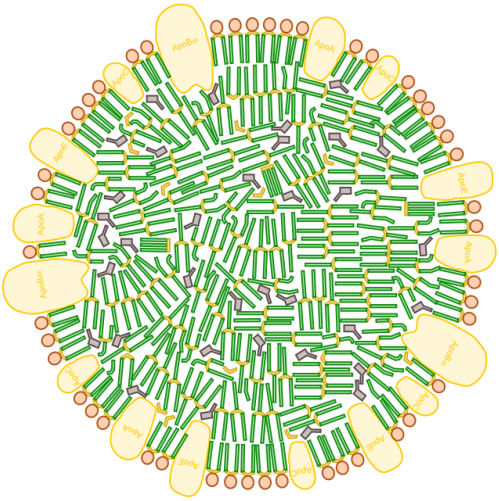
2.9. paraplasmatische (ergastische) Strukturen

Membran-umhüllte oder nackte (Membran-lose) Strukturen, die hauptsächlich der Speicherung von Stoffwechselendprodukten dienen, werden paraplasmatische oder ergastische Strukturen genannt. Die Membran ist normalerweise einfach ausgelegt (normale Biomembran aus einer Doppel-Lipid-Schicht). Die baulichen Abweichungen zu der "Standard"-Membran (Flüssig-Mosaik-Modell) ist aber sehr deutlich. Es wird oft von einer Nicht-Einheits-Membran gesprochen. Über den genauen Bau ist aber noch sehr wenig bekannt.
Die meisten ergastischen Strukturen sind direkt vom Zellplasma umgeben. Manchmal spricht man deshalb auch von Einschlüssen des Zellplasmas. Sie kommen in den verschiedenen Organismengruppe sehr ungleichmäßig verteilt und dann auch nicht in allen Zellformen vor.
Neben flüssigen Inhalten sind auch Strukturen mit festen Kernen bekannt. Sie werden häufig als Granula (dt.: Körnchen) bezeichnet.
Am Einfachsten gelingt die Unterscheidung der verschiedenen Strukturen durch Anfärbungen.

Unterteilung der Strukturen nach ihreren chemischen Eigenschaften	
• **azidophil**	Säure-liebend
• **basophil**	Base-liebend
• **neutrophil**	Neutral-Medium-liebend
• **eosinophil**	mit Eosin anfärbbar Eosin-liebend
• **azurphil**	Azur-Eosin-liebend mit Azur-blauem Farbstoff anfärbbar
• **metachromatisch**	Färbe-Ergebnis weicht von den Farben der verwendeten Farbstoffe ab Struktur ist umfärbbar

2.9.1. Lipid-Tröpfchen / Liposomen

Lipid-Tröpfchen sind membranumhüllte Mikropartikel (Liposomen). Fette (Lipide, Öle, …) bzw. Fett-ähnlichen Inhalte (Cholesterol, Phospho-Lipide, Farbstoffe, …) sind von einer einfachen Phospho-Lipid-Schicht umgeben.
Auf Grund der Oberflächenspannung sind die Tröpfchen kugelförmig und zwischen 50 und 500 nm groß. Lipid-Tröpfchen können entweder Abschnürrungen des Endoplasmatischen Retikulums oder des GOLGI-Apparates sein. Man kann Lipid-Tröpfchen in den meisten Eucyten beobachten.
Liposomen sind Gebilde, die von einer Doppel-Lipid-Schicht (Bio-Membran) umgeben sind. Im Inneren findet man vornehmlich Fette und Fett-ähnliche bzw. Fett-lösliche Substanzen.

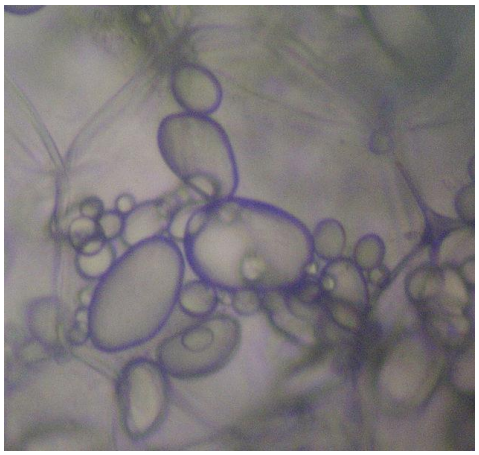


Lipid-Tröpfchen mit verschiedenen Proteinen in der Umhüllung aus Phospho-Lipiden

Die Membranen von Lipid-Tröpchen und Liposomen sind mit den verschiedensten Enzymen und Transport-Proteinen durchsetzt. Sie ermöglichen die spätere Nutzung der eingelagerten Stoffe.

2.9.2. Stärkekörner / Glycogen-Partikel

In Speicherorganen (z.B. Kartoffelknollen) finden wir in den Zellen mit Iod-Kaliumiodid-anfärbbare rundliche Strukturen. Ähnliche Strukturen sind auch in Chloroplasten oder Leukoplasten nachweisbar. Hierbei handelt es sich um Stärkekörner. Im mikroskopischen Bild kann man oft sogar ringförmige Innenstrukturen erkennen. Diese sind – wie Baumringe – das Ergebnis unterschiedlich starker Speichervorgänge.
Glucose aus der Photosynthese wird über die Leitbündel zu den Speicherorganen (auch zu Früchten) transportiert. Hier (sekundär) oder eben gleich (primär) in den Plastiden wird die Glucose hauptsächlich zu Amylose polymerisiert. Diese eignet sich als Speicherstoff besser als Glucose, da Amylose wesentlich weniger wasserlöslich ist und damit nicht die osmotischen Verhältnisse beeinflusst. Die primäre Stärke in Chloroplasten wird auch Assimilationsstärke genannt.



Stärkekörner (Kartoffelknolle); gefärbt
Q: de.wikipedia.org (Mnolf)

In Leukoplasten nennen wir die Stärke Speicherstärke. Praktisch handelt es sich immer um die bestimmte Stärke-Arten – z.B. Amylose, Amylopektin und Glycogen. Stärkekörner in Speicherorganen einer Pflanze sind zusätzlich von einer Leukoplasten-Membran umgeben.
Bei den Glycogen-Körperchen (von Tieren) stammt die Glucose ursprünglich aus der Verdauung (z.B. Resorption im Dünndarm) aus dem Blut. Die Glucose wird deshalb auch Blutzucker genannt. Besonders in der Leber, aber auch in den Muskeln, wird der Blutzucker zu Glycogen – der Speicherstärke (Muskel- oder Leber-Stärke) der Tiere – umgewandelt.

Aufgaben:

1. ***Stellen Sie ein Frisch-Präparat von Stärke-Körner einer Kartoffel her! Dazu wird mittels Objekt-Träger-Kante Saft von der Schnitt-Fläche einer halbierten Kartoffel abgeschabt! Zeichen Sie 3 Stärke-Körner! Achten Sie unbedingt auf die inneren Strukturen (mit dem Fein-Trieb des Mikroskop's arbeiten!)! Geben Sie einen Tropfen LUGOLsche Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung) an den Rand des Deck-Gläschen! Zeichen Sie nochmals 3 Stärke-Körner! Erklären Sie schriftlich Ihre Beobachtungen!***
2. ***Fertigen Sie von 5 verschiedenen Mehl-Sorten ungefärbte und gefärbte Frisch-Präparate sowie passende Vergleichs-Zeichnungen an! (Achten Sie auch auf innere Strukturen! (Feintrieb benutzen!))***
3. ***Lassen Sie sich vom Kurs-Leiter eine "unbekannte" Mehl-Probe geben und identifizieren Sie die enthaltenen Mehl-Sorten! (Es können auch mehrere enthalten sein!)***

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

2.9.3. Sekretgranula

Vom GOLGI-Apparat gebildete Sekrete können flüssig bleiben oder u.U. auskristallisieren. Die Sekrete bilden mit der abgeschnürten Dyctosomen-Membran recht stabile Sekretgranula. Die Inhalte werden zumeist zum Plasmalemma transportiert und hier in die Zellumgebung (z.B. Körperflüssigkeit, Blut, Drüsenflüssigkeit, …) abgegeben.

Q: ()

2.9.4. Pigmentgranula

Pigmentgranula sind ebenfalls Membran-umschlossene Speicher-Partikel. Im Innenraum befinden sich verschiedenste Farbstoff – z.T. in kristalliner Form.
In den relativ seltenen gelb bis rot gefärbten **Lipophoren** befinden sich Carotin-ähnliche Farbstoffe.
Wesentlich häufiger kommen **Melanophoren** vor, die braune bis schwarze Farbstoffe enthalten. Hier ist besonders das Melanin zu nennen.

Q: ()

Melanophoren werden vom GOLGI-Apparat abgeschnürt und sind zu Anfang nur mit wenig Melanin gefüllt. In den reifen Melanophoren befinden sich dann recht große Mengen Melanin. Mit Hilfe dieser Pigmentgranula können einige Tiere die Färbung ihrer Haut verändern. Aktiv tun dies z.B. die Kalmare. Bei ihnen wird die Hautverfärbung zur innerartlichen Kommunikation genutzt.
Melanophoren kommen z.B. sehr häufig in den Haut-Zellen des Menschen vor. In Richtung Äquator nimmt bei den Orts-ansässigen Menschen die Pigmentierung in Richtung zu den Polen hin ab. Das Melanin fungiert als UV-Licht-Absorber. Ohne das Melanin würde das UV-Licht sehr tief in die Haut eindringen und dort z.B. im genetischen Material für Schäden sorgen.
Beim Menschen ist die Melanin-Färbung eher passiv und genetisch bedingt. Bei erhöhter Sonneneinstrahlung (z.B. beim Sonnenbaden) wird die Melaninbildung und –einlagerung zusätzlich aktiviert.

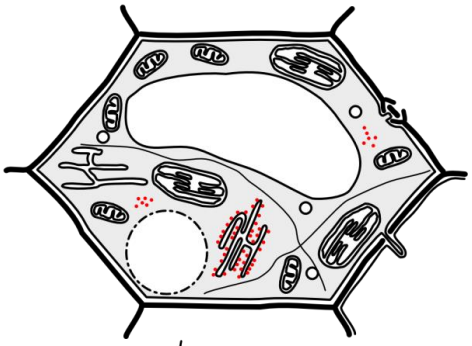
Aufgaben:

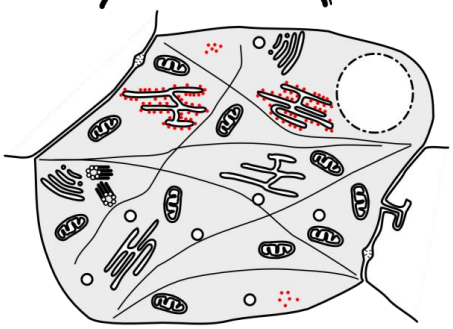
1. *Erläutern Sie, was man unter UV-Licht versteht! Worin besteht die besondere Gefährlichkeit von UV-Licht?*
2. *Wie funktionieren Sonnen-Cremes?*
3. *Einer zu hohen UV(A)-Bestrahlung (z.B. auch durch Sonnen-Bänke) wird ein starkes Krebs-Potential nachgesagt. Wie lässt sich das erklären?*
4. *Die Häufigkeit des sehr gefährlichen, schwarzen Hautkrebses wird in der neueren wissenschaftlichen Literatur von der Lebenssumme an UV-Licht (UV-Kontamination bzw. -Dosis) abhängig gemacht. Welche Schlußfolgerungen für eine möglichst gesunde Lebensweise muss man daraus ziehen? Erläutern Sie Ihre Empfehlungen!*
5. *Informieren Sie sich über die ABCDE-Regel zur Beurteilung von Haut-Unregelmäßigkeiten!*

interessante(r) Internet-Link(s):
http://multimedia.mcb.harvard.edu/anim_innerlife_Hi.html
(Video über Zellbestandteile, … (engl.))

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

2.10. Ribosomen





Ribosomen stellen eine besondere Gruppe von Zellbestandteilen dar. Sie kommen in allen Zelltypen vor. Dies liegt an ihrer primären Aufgabe – sie produzieren Eiweiße (→ 🕮 **Genetik**). In der sogenannten Protein-Biosynthese werden die genetischen Informationen in konkrete Proteine umgesetzt. Ribosomen sind sozusagen die biologischen Synthese-Maschinen – manche Forscher sprechen auch von Robotern – die die genetische Welt mit der Welt der Biochemie (Stoff- und Energiewechsel) verbinden.

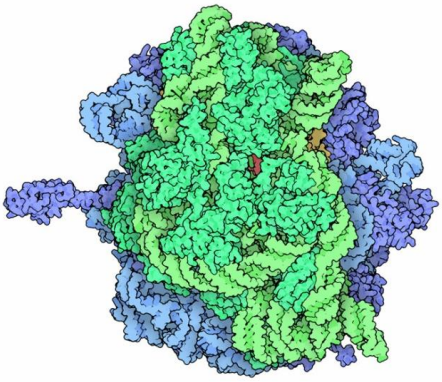
In den Prokaryonten kommen sogenannte 70-S-Ribosomen und in den Eukaryonten 80-S-Ribosomen vor. Die Charakterisierung über die S-Einheiten hat etwas mit der, für die Abtrennung notwendigen, Zentrifugation zu tun.

Mitochondrien besitzen 55-S-Ribosomen. Diese sind den 70-S-Ribosomen sehr ähnlich (homolog).

Ribosomen bestehen aus Ribonucleinsäure (RNS, engl.: RNA) und Proteinen. Man spricht deshalb auch von Ribonucleotidproteïd-Partikeln. Die RNA wird auch rRNS (ribosomale Ribonucleinsäure) genannt.

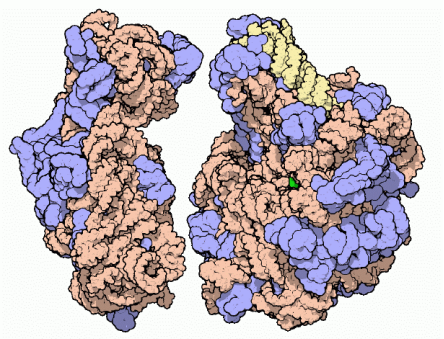
In der Gesamtansicht erscheinen die Ribosomen ellipsoid bis rundlich. Sie sind 15 – 25 nm groß. In einer Zelle findet man mehrere 10'000 bis 1'000'000 Ribosomen. Pro Sekunde werden in einer Wirbeltier-Zelle rund 10 – 100 Ribosomen gebildet (und natürlich auch wieder abgebaut).

Die detaillierte Zusammensetzung der Ribosomen ist sehr unterschiedlich. 80 S-Ribosomen enthalten jeweils rund 50 % RNS (nächste Abb. blaßorange) bzw. Proteine (violett). Bei den etwas kleineren 70 S-Ribosomen sind es rund 65 % RNS und Rest Proteine. Aus evolutionärer Sicht ist der Protein-Anteil also gestiegen.



70 S-Ribosom (kleine Untereinheit grünlich)

Die Proteine sind Histon-ähnlich und haben Molekülmassen von 9'000 bis 40'000 g/mol. Charakteristisch ist der hohe Gehalt an Magnesium-Atomen (2'500 – 3'000 Atome je Ribosom). Magnesium spielt eine große Rolle bei der Vereinigung und Verbindung der beiden Untereinheiten miteinander. Bei künstlicher Magnesium-Verarmung kommt es zum Auftrennen der Untereinheiten und zum Abbruch der Protein-Biosynthese.



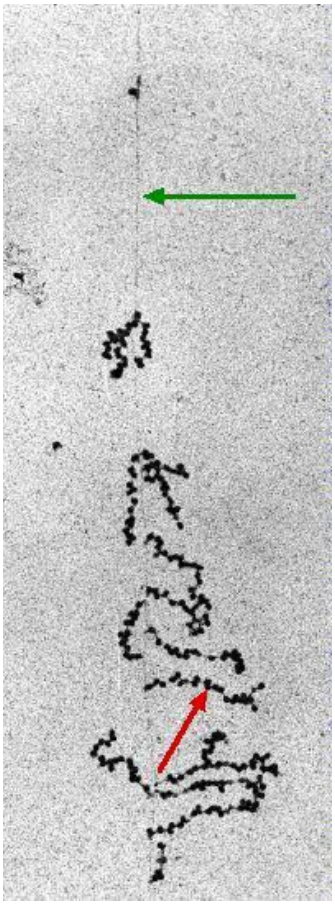
kleine und große Unit eines Ribosoms
(gelb: 23 S-rRNS-Molekül)
Q. ww.rcsb.org

Ein Ribosom besteht zuerst einmal aus zwei unterschiedlich großen Untereinheiten (Subunits). Deren Aussehen erinnert ein wenig an die Form von Backen-Zähnen (mit Krone und mehr oder weniger deutlichen Wurzeln).

Bei den Prokaryonten finden wir eine große 50 S-Einheit und die kleinere 30 S-Einheit.

Die große Untereinheit der Eukaryonten wird als 60 S-Einheit bezeichnet, die kleine als 40 S-Einheit.

Bei weiterer Zerkleinerung findet man in den Subunit's jeweils ein bis drei RNS-Moleküle und zwischen 20 und bis über 50 verschiedene Proteine.
Auch der Name Ribosom spiegelt den zusammengesetzten Bau wieder. Er leitet sich aus den griechischen Wörtern *arabinos* für Traube und *soma* für Körper(chen) ab.
Im inaktiven Zustand sind die Untereinheiten voneinander getrennt.
Während der Eiweiß-Synthese umschließen die beiden Untereinheiten einen mRNS-Strang (engl.: mRNA, messengerRNA), der die Informationen aus dem Zellkern in das Cytoplasma transportiert. Ort der Biosynthese ist oft das raue Endoplasmatische Retikulum. Die Bezeichnung rau kommt von der noppenartig aufliegenden Ribosomen. Oft sitzen die Ribomen in regelmäßigen Abständen auf der mRNS (Abb. rechts, grüner Pfeil). Im elektronenmikroskopischen Bild sieht das Ganze dann wie eine Perlschnur aus. Man nennt ein solches Gebilde dann auch Polysom. Die gebildeten Proteine (Polypeptidketten, Primärstrukturen) sind in der nebenstehenden Abb. durch Metall-Ionen für die EM-Aufnahme präpariert worden. So können die sehr dünnen Polypeptid-Ketten sichtbar gemacht werden.
Einzelne Ribosomen werden im Gegensatz zu den Polysomen als Monosomen bezeichnet.



Polysom EM-Aufnahme
Q: http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/M/Miller_Hamkalo.html

Aufgaben:

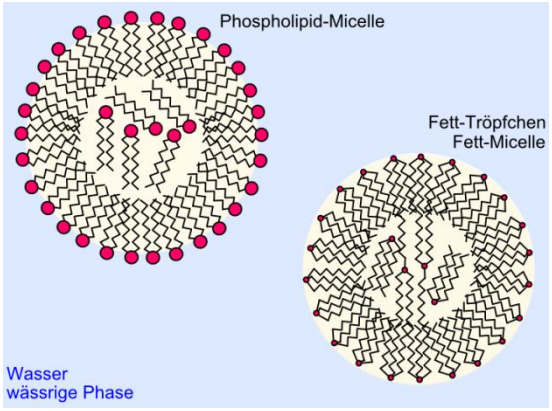
1. *Wieder einmal fehlen die symbolischen Skizzen für die Procyten und die Pilz-Zellen zu Beginn des Abschnittes. Überprüfen Sie, ob dies gerechtfertigt ist! Begründen Sie Ihre Meinung! Sollten Ribosomen auch bei den genannten Zell-Typen auftreten, dann geben Sie deren Lage innerhalb der Zelle an!*
2. *Ribosomen werden gerne auch als Proteinfabriken bezeichnet. Ist diese Bezeichnung haltbar? Begründen Sie Ihre Meinung!*
3. *Informieren Sie sich über den Ablauf der Protein-Biosynthese!*

2.11. kristalline und abiotische Zellbestandteile

2.11.1. Fett-Tropfen / Fett-Tröpfchen

In der Zelle gebildete Fette lösen sich fast nicht in dem vorwiegend wässrigen Mileu des Cytoplasmas. In feiner Form verteilt (kleinste Fett-Tröpfchen, Micellen) stellen sie eine Fett-in-Wasser-Emulsion dar.

Etwas verwunderlich ist vielleicht die Zuordnung der Fett-Tröpfchen zu den abiotischen Zellbestandteilen. Natürlich sind die Fette biogener Natur. Hier wird der Begriff abiotisch deshalb verwendet, weil die Fett-Tröpfchen kaum noch an Lebensvorgängen in der Zelle beteiligt sind. Sie stellen gewissermaßen Ablagerungen dar.



Micellen

Beim gegenseitigen Kontakt verschmelzen die kleinen Micellen langsam zu immer größeren Fett-Tropfen.

In tierischen Zellen bilden sich oft zentralgelegene große Fett-Tropfen.

Diese sind kaum noch abbaubar, da den Micellen eine Membranhülle mit passenden Enzymen und Transport-Proteinen fehlt. Die Fette können somit nicht in eine Wasser-lösliche Form gebracht werden, damit sie dann im wässrigen Cytoplasma weiter genutzt und transportiert werden können.

Aus physiologischer Sicht stellen die großen Fett-Tropfen Entsorgungs-Einrichtungen für überschüssige Stoffwechsel-Produkte (z.T. aus Luxus-Stoffwechsel (Tertiär-Stoffwechsel)) dar.

2.11.2. Kristalle

Bestimmte Stoffwechselprodukte bilden schwerlösliche Salze. Ein Beispiel ist das Calciumoxalat (ein Salz der Oxalsäure (Diessigsäure)). Das Calciumoxalat bildet große – z.T. kreuz- od. morgensternförmige – Kristalle.

Q: ()

Den Kristallen konnte bis jetzt noch keine praktische Funktion zugeordnet werden.

Andere Salze, die sich ebenfalls in Zellen niederschlagen, sind Siliciumdioxid und Calciumcarbonat. Beide Salze werden u.a. in der Zellwand abgelagert und leisten dabei einen beachtlichen Beitrag zur Festigkeit der Zellwand.

komplexe Aufgaben (u.a. auch zur Vorbereitung auf eine Klausur)

1. *Erstellen Sie auf Papier Maßstabs-gerechte Abbildungen / Skizzen von allen Zellbestandteilen! Die Bezugsgröße sei eine typische Zelle mit einer Länge von 100 µm, einer Breite von 60 µm und einer Höhe von 30 µm. Vergrößert sollen die Zellbestandteile so, dass Ihr Kursraum genau dieser Zelle entspricht! (Haupt-Orientierung erfolgt an der Länge des Raumes!) Sollten Bestandteile kleiner als 1 cm werden, dann vergrößern Sie diese jeweils solange um Zehner-Potenzen, bis diese Grenze überschritten wird! Kennzeichnen Sie diese zusätzliche Vergrößerung an der Skizze! Gehen Sie analog mit Zellbestandteilen vor, deren Abbildungen größer als 1 m werden! Diese werden natürlich entsprechend verkleinert! Statt Abbildungen können Sie auch passende Haushalts-Gegenstände benutzen, um die Zellbestandteile darzustellen (z.B. Pappkartons, Bindfäden, Seile, Müllsäcke, …)!*

3. Zusammenwirken der Zellbestandteile und Zellen

In den vorlaufenden Abschnitten haben wir oft von verschiedenen Vorgängen in der Zelle gesprochen. Manche konnten wir einzelnen Zellbestandteilen zuordnen, bei anderen erscheint dies nur pro forma möglich.
In den nächsten Abschnitten werden wir nun einzelne (ausgewählte) Zellvorgänge besprechen. Damit schließt sich auch der Diskussions-Kreis, den wir im Kapitel 0.2. Grenzfälle des Lebens begonnen haben, ein erstes Mal. Die dort (quasi vorgezogen) besprochenen Vorgänge um die Viren-Vermehrung und die parasitär lebenden Zellen (Mykoplasmien, Chlamydien, Rickettsien) sind eigentlich immer als die gesamte Wirtszelle betreffend zu sehen.
Ein besonders wichtiger Vorgang ist die Zell-Teilung. Manche Autoren besprechen die Zell-Teilung lieber in der Genetik. Das habe ich bis jetzt auch so gehalten (→🕮 **Genetik**) und werde es auch weiter tun. Aber in einigen höheren Bildungsgängen spielt die Genetik keine oder eine untergeordnete Rolle. Da aber die Zell-Teilungen (Mitose und Meiose) in vielen Prüfungen gefragt sind und sie meines Erachtens auch wichtig für das Gesamt-Verständnis von Biologie ist, werden sie hier explizit vorgestellt.

 (c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

3.1. Zell-Teilung

Um 1900 wurden mit dem Chromatin und den manchmal sichtbaren Chromosomen die Träger der Erbinformationen erkannt. CORRENS, BOVERI und SUTTON entwickelten dann um 1904 eine Theorie, welche die Vorgänge bei der Vererbung nach den MENDELschen Regeln mit den Erkenntnissen über die Chromosomen und die Zellteilung miteinander verband. So entstand die Chromosomen-Theorie der Vererbung. Heute gilt die Theorie in ihren wesentlichen Zügen als gesichertes Wissen. Zusätzlich sind zwar noch neue Vererbungswege und Abweichungen von der Theorie beobachtet worden, aber dies tut der weiten Gültigkeit der Theorie wenig Abbruch.
Damit sich eine Zelle in zwei Tochterzellen teilen kann, muss sie an einer Stelle dieses Vorganges ihre Erbanlagen verdoppeln. Wo sollte sonst das "neue" genetische Material für die zweite Zelle herkommen? Bei der normalen Teilung einer Zelle wird den Tochterzellen jeweils ein Satz der gesamten Erbinformation (Chromosomen) mitgegeben.
Bis auf wenige Ausnahmen können sich diese Zellen in verschiedene Richtungen differenzieren (weiterentwickeln). Besonders in Problemsituationen sind sie dann in der Lage, die Aufgaben von Organ- oder Gewebe-fremden Zellen zu übernehmen. Viele Zellen sind sogar völlig omnipotent, d.h. sie sind in jede beliebige Zell-Art des Organismus weiterentwickelbar (z.B. Zellen der Spross-Spitze von Pflanzen). Es bedarf jeweils nur eines besonderen Anstoßes und die Differenzierung läuft fast unstoppbar in die programmierte Richtung.
Betrachten wir die Verteilung der Erbinformation während der Zellteilung einer Körperzelle.
Die Zellteilung insgesamt und die Prozesse der Teilung des Cytoplasmas werden **Cytokinese** genannt. Der zentrale Vorgang ist dabei die Teilung des Zellkerns. Dieser Vorgang wird auch als **Mitose** (M-Phase; → 3.1.1. Mitose (Kern-Teilung, Zell-Teilung)) bezeichnet.
Eine der genialen Ideen von MENDEL war die Annahme, dass jedes Merkmal (z.B. Blütenfarbe, Farbe der Samen, Form der Samen usw. usf.) im Erbmaterial doppelt angelegt sein müssen. Ansonsten hätte er das Auftauchen von rezessiven Merkmalen in der F2-Generation nicht erklären können. Dabei taucht aber das Problem auf, dass bei der Kombination von jeweils 2 Merkmalen (jeweils von Mutter und Vater) in der Tochter-Generation dann das Merkmal 4fach vorkäme. Setzt man dieses Prinzip fort, dann ist die Zelle nach mehreren Teilungen nur noch mit "Merkmalen" gefüllt. Irgendwann in der Vererbung muss also eine Halbierung der Merkmale passieren. Heute wissen wir, dass dies bei der Bildung der Keim-Zellen (Eizelle und Samenzelle) erfolgt. Dieser Kernteilungs-Vorgang wird **Meiose** (→ 3.1.2. Meiose (Reife-Teilung, Reduktions-Teilung)) genannt. Auch MENDEL implizierte ja genau so eine Aufteilung, die wir heute als Kombinations-Tabellen (Gameten-Tabellen) schreiben. Eine vollständige Darstellung der Vererbungs-Vorgänge und der wissenschaftlichen Leistungen von Gregor MENDEL finden Sie im Skript (🕮 **Genetik**.

Aufgaben:

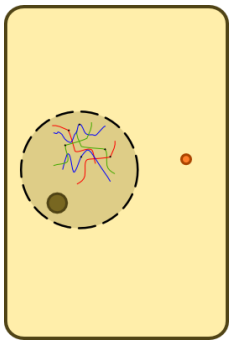
1. Wiederholen Sie die folgenden Abschnitte kurz:
   - 2.4. Kernäquivalent / Zellkern
   - 2.6.2.1. Centriolen und Spindelapparat
2. Wiederholen Sie die MENDELschen Regeln der Vererbung! Warum müssen Erbanlagen normalerweise doppelt angelegt sein? Wie konnte MENDEL das "nachweisen"?

3.1.1. Cytokinese und Mitose (Zell-Teilung + Kern-Teilung)

Der Ablauf der Cytokinese:

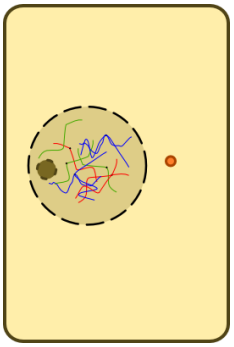
In der Interphase (Phase zwischen zwei Teilungsvorgängen) sammelt die Zelle Energie und die notwendigen Stoffe für eine Teilung (G_1-Abschnitt od. –Stadium; Interphase 0; g von engl.: gap = Lücke).

Interphase 0



Am Ende der Interphase folgt nach der Synthese-Phase (S) noch der G_2-Abschnitt (auch: Interphase 1), in dem spezielle Enzyme und Hilfsstoffe für die Teilungsvorgänge produziert werden. Jetzt erfolgt auch die Bildung des zweiten Chromatids (→ Replikation). Das Erbmaterial, welches noch in Form von entspiralisierten Ein-Chromatiden-Chromosomen vorliegt, muss verdoppelt werden (S-Abschnitt bzw. -Stadium, Replikationsphase) (→ 🕮 **Genetik**). Die Chromosomen liegen dann am Ende dieser Phase als entspiralisierte Zwei-Chromatiden-Chromosomen vor. In der Interphase sind die Chromosomen bzw. die Chromatiden gar nicht als solche beobachtbar. Das Chromatin (→ 2.4. Kernäquivalent / Zellkern) ist die entspiralisierte Masse an Chromatiden und kann durch spezielle Farbstoffe angefärbt werden.

Interphase 1

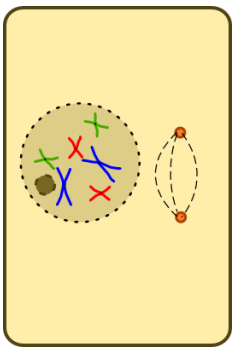


Von den – in bestimmten Phasen – beobachtbaren fädigen Strukturen leitet sich auch der Name Mitose ab (griech.: mitos = Faden).

Mit der Prophase beginnt die in die Cytokinese der Eucyten eingeschlossene Mitose (Karyokinese)**.**

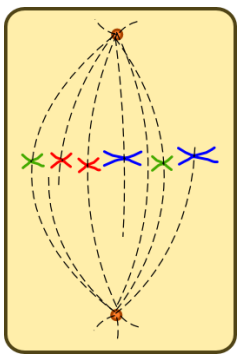
Die Kernmembran und der Nucleolus lösen sich in der Prophase auf. Die Chromatin-Fäden kondensieren dazu immer stärker, d.h. sie spiralisieren und falten sich (siehe dazu genauer → 🕮 **Genetik**). Nach und nach werden die einzelnen Chromosomen immer deutlicher sichtbar. Diese liegen dann in der uns vertrauten Zwei-Chromatiden-Form (X-Form) vor. Das Zentrosom (Centrosom) teilt sich und wandert zu den Zellpolen. Dort bilden sie als Pole (Centriol, Teilungskörperchen) die Ankerpunkte für den Spindel-Apparat. Zwischen den Centriolen werden die Spindel-Fasern aufgespannt (aufgebaut). Die Spindel-Fasern bestehen aus Mikrotubuli, die sich ständig durch Anlagerung ihrer Bauteile (α- und β-Tubulin) verlängern. Einige dieser Spindelfasern reichen von einem Centrosom zum anderen. Sie werden Zentral- oder Polfasern genannt. Für weiteren Halt im Zytoplasma sorgen die Asternfasern (Astral-Fasern), die Pol-wärts strahlenförmig vom Centrosom ausgehen.

Prophase



Andere kürze Fasern sind nur mit einem Pol verbunden. Sie verbinden sich mit den Zentromeren (Centromeren) der Chromosomen und richten diese während der Metaphase in der Äquatorial-Ebene der Zelle aus.

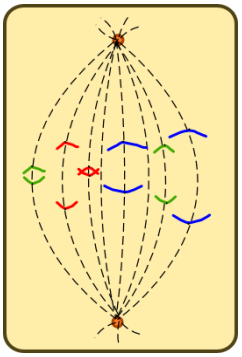
Metaphase



Die seitlichen Anlagerungsstellen der Spindelfasern am Centromer werden Kinetochoren genannt. Hier ansetzende Spindelfaser heißen deshalb auch Kinetochoren-Fasern.

In der folgenden Anaphase teilen sich die Centromere, so dass die einzelnen Chromatiden vorliegen. Die verschiedenen Spindelfasern gleiten aneinander vorbei. Dabei zerren sie die Chromosomen endgültig auseinander und von der Äquatorial-Platte weg.
(Die Wandergeschwindigkeit beträgt rund 1 µm/min. Das Transport-Protein heißt Dynein.)
Somit wird die Erbinformation gleichmäßig auf die Tochterzellen verteilt. Beide Zellhälften enthalten dann prinzipiell das gleiche genetische Material (vollständiger diploider Chromosomensatz in Form von Ein-Chromatiden-Chromosomen).

Anaphase



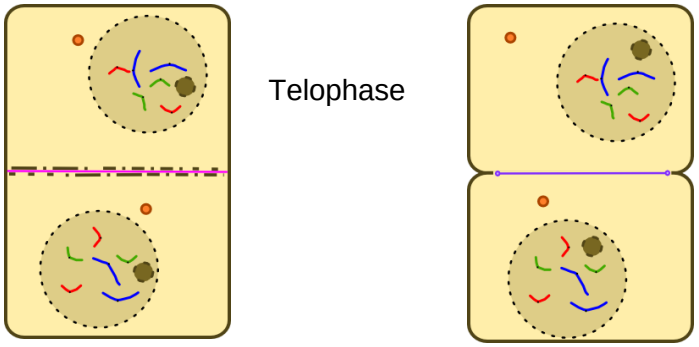
je nach Zelltyp

pflanzliche Zelle

tierische Zelle

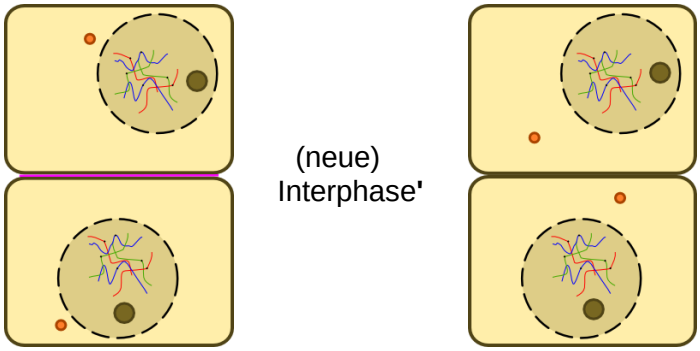
In der Telophase beobachtet man die Entspiralisierung der Chromatiden, die Bildung der neuen Kernmembranen und einer trennenden Zellmembran.
Pflanzenzellen bilden zuerst eine Primordialwand, die vorrangig aus Pektinen besteht. Auf die Primordialwand wird nun von beiden Zellseiten Zellmembran-Material aufgelagert. Dieses stammt aus dem Endoplasmatischen Retikulum und ev. auch aus dem GOLGI-Apparat.
Bei den Tieren bilden Actin-Filamente einen inneren Ring (FLEMMING- od. Mittel-Körper). Durch Verkürzung des Ringes schnüren sich die Zellhälften ab. Die Zellmembran-Abschnitte verschmelzen dann letztendlich.

Telophase



Durch die Mitose sind aus dem Mutter-Zellkern – unter Beibehaltung der Chromosomen-Anzahl (diploid) – zwei gleichartige Tochter-Kerne mit genau denselben Erbanlagen (diploid) entstanden (Cytokinese).
Nun beginnt die Lebenszeit der Tochter-Zellen. Sie befinden sich in der Wachstums- und Differenzierungs-Phase. Je nach Organismus behalten alle oder nur einzelne Zellen die Teilungs-Fähigkeit.

(neue) Interphase'



Solche Zellen befinden sich praktisch in einer neuen (nachfolgenden) Interphase (Interphase').
Die Cytokinese dient einfach der Vermehrung der Zellen, um z.B. abgestorbene zu ersetzen und ein Wachstum des Organismus als Ganzes zu ermöglichen.

Bei den Beobachtungen der Mitose hat man festgestellt, dass sich die Phasen-Anteile während einer Kernteilung ungefähr so verteilen:

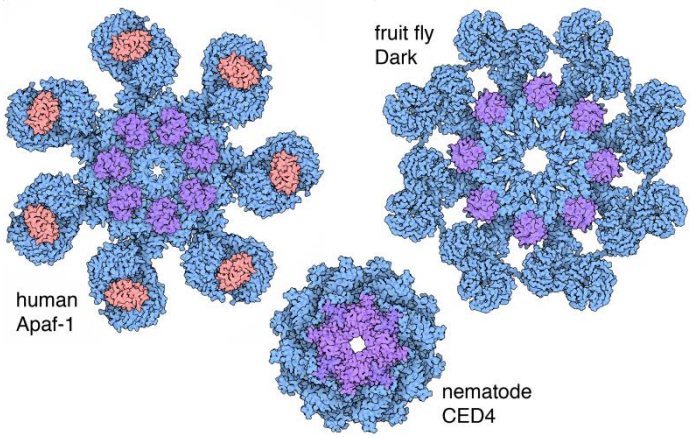
Prophase	Metaphase	Ana-phase	Telophase
40 %	20 %	10%	30 %

Die Gesamtzeitdauer differiert bei den einzelnen Arten von 3 min *(a) Drosophila melanogaster* (*(A) Fruchtfliege*) bis zu 200 min *(a) Tradescantia spec.* (*(A) Dreizackblume*)) oder auch der Heuschrecke *(a) Chortophaga viridfasciata*.
Die längste Phase der gesammten Zelteilung ist natürlich die Interphase. Auch hier ist die Fruchtfliege mit insgesamt 8 min für einen vollen Zellzyklus Spitzenreiter.

vorlaufender Zellzyklus	Zellzyklus			nachfolgender Zellzyklus
Mitose	Interphase		Mitose	Interphase
	G1-Abschnitt	G2-Abschnitt		G1-Abschnitt

Zellen, die sich nicht mehr weiter teilen, scheren aus dem Zell-Zyklus aus und befinden sich dann in der sogenannten G0-Phase. Sie wachsen und differenzieren sich weiter aus. Dabei übernehmen sie dann zumeist spezielle – Leistungs-fordernde – Aufgaben. Die Zellen wären mit den zusätzlichen Aufwendungen für eine Zellteilung überfordert. Grundsätzlich enthalten sie immer noch den vollständigen Chromosomensatz des Organismus und sind prinzipiell auch weiter teilungsfähig. Ausnahmen bilden nur Zellen, die im Laufe ihrer weiteren Differenzierung ihren Zellkern verlieren (z.B. rote Blutkörperchen beim Menschen). Die Lebensdauer ausdifferenzierter Zelle ist z.T. recht beachtlich (z.B. mehrere hundert Jahre bei Bäumen). Bei anderen Zellen wird zu einem bestimmten Zeitpunkt ein Selbstzerstörungsvorgang ausgelöst. Dieser programmierte Zelltod (Apoptose) ist für ein geordnetes Wachstum innerhalb eines Organismus notwendig.

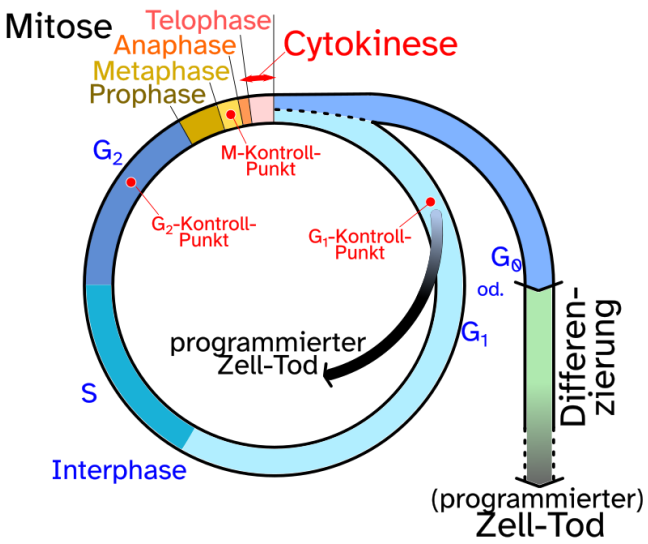
vorlaufender Zellzyklus	Zellentwicklung	
Mitose	Differenzierung und Wachstum	Zelltod



Apoptosome verschiedener Organismen-Arten (Molekül-Modelle)
Q: rcsb.org [Molecule of the Month]

Kontrolle des Zell-Zyklus

Der Zell-Zyklus, der sich aus einer sich immer wieder teilenden Zelle und einer ausscherenden – sich ausdifferenzierenden – Zelle besteht, muss kontrolliert werden. Ansonsten besteht die Gefahr, dass der Organismus von veränderten Zellen überhäuft würde.
An drei wichtigen "Kontroll-"Punkten passiert das im Zyklus.
Ausführlicher werden die Kontroll-Mechanismen im Skript 🕮 **Genetik Teil 1** vorgestellt.



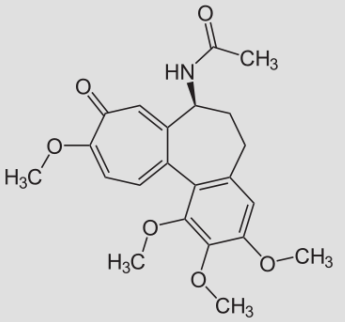
Exkurs: Colchicin – ein Zellteilungs-Gift

wird aus der (A) Herbstzeitlosen *(a) Colchicum autumnale* gewonnen

verhindert die Dimer-Bildung der beiden Tubulin-Monomere; damit ist kein weiterer Aufbau des Spindelapparates möglich

Tubulin und Mikrotubuli spielen in abgewandelter Form auch während der Cytokinese eine Rolle (Ausrichtung von Zelläquator und Primordialwand), Colchicin blockiert also mehrere Phasen der Zellteilung

Colchicin wird in der Labor-Praxis beim Mikroskopieren von mitotischen Zellen benutzt. Nach einer Behandlung mit dem Hemmstoff wird mittels FEULGEN-Färbung das fixierte genetische Material markiert.



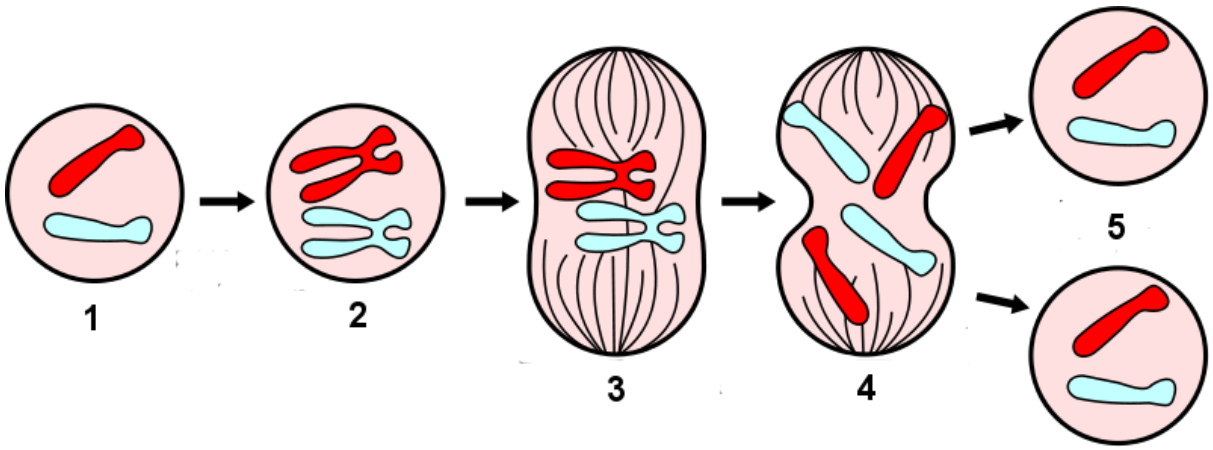
Strukturformel von Colchicin
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)



Herbstzeitlose
Q: www.flickr.com (fswerk)

Aufgaben:

1. *Unter optimalen Kultur-Bedingungen teilen sich Gewebe-Zellen ungefähr alle 110 min. Entartete Krebs-Zellen (dieses Gewebes) brauchen für eine Teilung nur die Hälfte der Zeit. Eine Zellkultur mit 100 Normal-Zellen wurde mit einer einzelnen Krebs-Zelle verunreinigt. Stellen Sie vor genauen Berechnungen Hypothesen zur weiteren Entwicklung der Zell-Populationen über einen Zeitraum von 24 Stunden auf! In welchem Verhältnis findet der Labor-Mitarbeiter die Zellen am nächsten Tag vor?*
2. *Bei einer differenzierten Untersuchung von Interphase-Zellen wurde mittels Computer-gestützter Bild-Analyse festgestellt, dass rund 15% mit einem bestimmten maximalen Flächen-Anteil (des mikroskopischen Bildes einer einzelnen Zelle) mit angefärbtem genetischen Material ausgefüllt sind. Bei ungefähr 55% der Zellen beobachtete man genau den halben Flächen-Anteil. Dieser stellte auch den minimalen Flächen-Anteil dar. In den restlichen Zellen wurden dazwischen liegende Flächen-Anteile ermittelt.*
   a) Interpretieren Sie die beobachteten Flächen-Anteile!
   b) Stellen Sie eine Hypothese auf, wie die Beobachtungen zu den bekannten Aussagen über die Zell-Teilung passen könnten!
3. *Eine typische (- sich ausdifferenzierende -) Zelle aus der Wurzel-Spitze einer Zwiebel enthält rund 10 ng genetisches Material. Erstellen Sie ein Übersicht, aus der die Veränderungen (wenn es sie den gibt?!) der Masse während der Herausbildung dieser Zelle sichtbar werden! Sollten Sie von keinen Veränderungen ausgehen, dann belegen Sie Ihre These!*
   Gehen Sie bei Ihren Betrachtungen von der ursprünglichen Mutter-Zelle im Normal-Stadium aus!
4. *Mikroskopieren Sie Dauer-Präparat der Mitose (meist von Wurzelspitzen der Zwiebel)! Finden Sie die verschiedenen Stadien der Zellteilung und fertigen Sie grobe Skizzen davon an! Lassen Sie sich vom Kurs-Leiter bei drei Phasen die Passung Ihrer Skizze bestätigen!*
5. *Erläutern Sie an Hand der nachfolgenden Abbildungen den Verlauf der Mitose!*



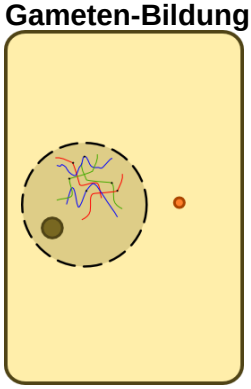
Q: de.wikipedia.org (Mysid) – geändert: dre

3.1.2. Meiose (Reife-Teilung, Reduktions-Teilung)

Wie wir schon festgestellt haben, muss die Erbinformation bei einem geschlechtlichen Fortpflanzungsakt an irgendeiner Stelle halbiert werden. Entständen im weiblichen Organismus diploide Eizellen und beim Männchen diploide Samenzellen, dann wäre die Zygote (befruchtete Eizelle) tetraploid. In der nächsten Generation müsste die befruchtete Eizelle (Zygote) dann octa-ploid sein, usw. usf. Irgendwann bestände die Zelle nur noch aus genetischem Material oder müsste ins unermessliche größer werden.
Wie erfolgt aber die Erhaltung der Chromosomenzahl während der geschlechtlichen Fortpflanzung? Heute wissen wir, dass die Teilung des Chromosomensatzes (bei höheren Organismen) vor bzw. mit der Bildung der Gameten (Eizelle bzw. Samenzelle) erfolgt. Gameten sind i.A. haploid. Zur Bildung solcher Zellen mit halbiertem Chromosomensatz sind nur wenige Zellen eines Organismus befähigt. Die Gameten-Mutterzellen (Eizellen-Mutterzelle (Oozyte) bzw. Samenzellen-Mutterzelle (Spermatozyte)) befinden sich in den Keimdrüsen (Eierstock (Ovarium) bzw. Hoden (Testes)). Hier sind sie soweit gereift (Präphase 0), dass sie auf ein hormonelles Signal hin mit der speziellen Teilung und Bildung von Geschlechts-Zellen (Gameten) beginnen. Den Kern-Teilungs-Vorgang der Bildung haploider Zellen aus diploiden (Mutter-)Zellen nennt man Meiose oder Reife- bzw. Reduktions-Teilung.

allgemein / männliche Gameten-Bildung

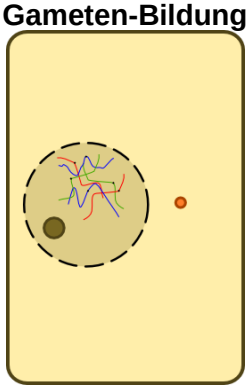
weibliche Gameten-Bildung

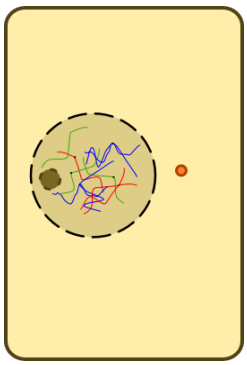


Präphase 0

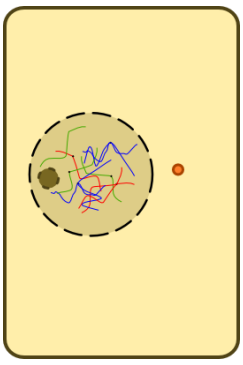
Der Ablauf der Meiose (Reduktions-Teilung):

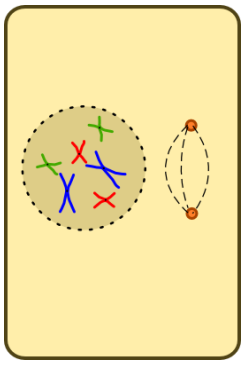
Die Meiose verläuft prinzipiell ähnlich der Mitose. Im weitesten Sinne sind es zwei aneinandergekoppelte Mitosen (I und II), die aber mit verschiedenen Chromosomen-Sätzen und -Formen arbeiten.
Die Mutterzellen sind diploide Keim-Zellen. In den nebenstehenden Abbildungen wird von einem Chromosomensatz mit drei verschieden Chromosomen (blau, rot, grün) ausgegangen. In dieser Phase finden wir nur Ein-Chromatiden-Chromosomen vor. Jeweils ein Chromatid stammte einmal von der Mutter und eins vom Vater.
Zum Ende der Vorphase (Präphase 1) wird das genetische Material (Chromatin) verdoppelt (→ 6.1. Replikation der DNA (Reduplikation)).
Somit liegen Zwei-Chromatiden-Chromosomen vor. Praktisch ist jetzt jedes mütterliche und väterliche Merkmal doppelt vorhanden.





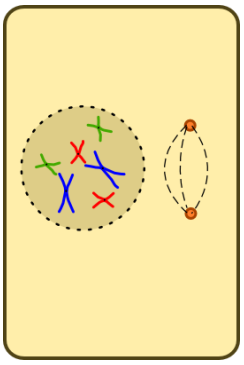
Präphase 1

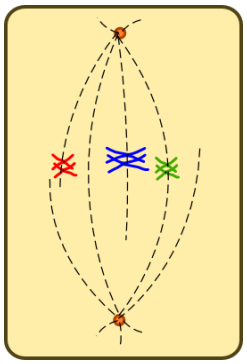




Prophase I

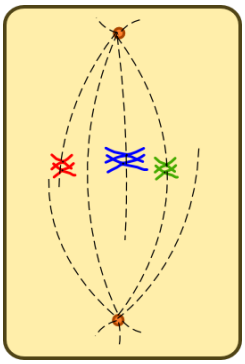
In der Prophase I kondensiert das Chromatin zu den verschiedenen Zwei-Chromatiden-Chromosomen. Diese sind nun auch lichtmikroskopisch sichtbar (bei passender Färbung).
Das Zentrosom teilt sich in seine zwei Centriolen. Wie in der Mitose bilden sie die Ankerpunkte für den Spindelapparat mit den verschiedenen Arten von Fasern.

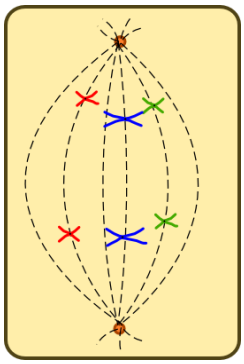




Metaphase I

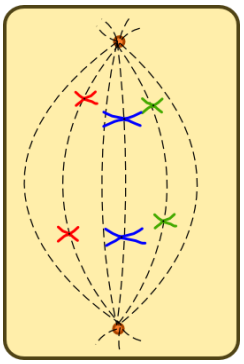
Nach der Auflösung der Kernmembran lagern sich die Chromosomen in der Äquatorial-Ebene an (Metaphase I). Die homologen (gleichartigen, zusammengehörenden) Chromosomen liegen dabei dicht aneinander. Die Packungen der homologen Chromosomen werden auch als **Bivalente** bezeichnet.
Zu diesem Zeitpunkt ist ein zusätzlicher Austausch von genetischen Materialien möglich. Dabei überkreuzen sich die Chromatiden der homologen Chromosomen (bilden ein sogenanntes Chiasma). An den Überschneidungen brechen die Arm-Reste gewissermaßen ab und wechseln ihre Zugehörigkeit zu den Chromatiden (Crossing over → 🕮 **Genetik**).

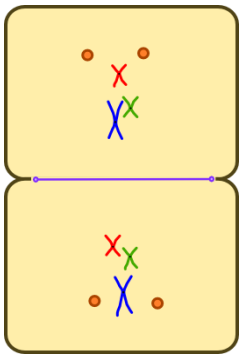




Anaphase I

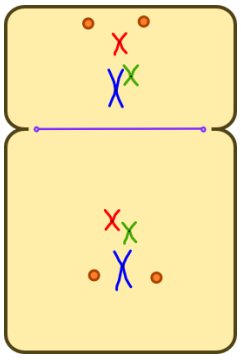
In der Anaphase I werden die homologen Chromosomen-Paare voneinander getrennt. Die Verteilung der ehemals mütterlichen und väterlichen Chromatiden – hier in der Zwei-Chromatiden-Form – erfolgt völlig zufällig.
Es bilden sich zwei "Tochterzellen" mit haploidem Chromosomensatz aus Zwei-Chromatiden-Chromosomen (Telophase I).
Die beiden Hälften werden durch eine neue Zellmembran voneinander getrennt.

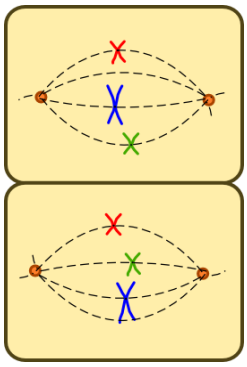




Telophase I
Prophase II

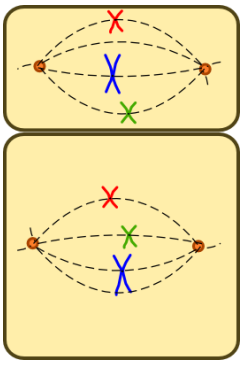
Nun folgt die zweite meiotische Teilung, die den bekannten mitotischen Phasen (Meta- bis Telophase) entspricht.
Die zweite Prophase verläuft quasi neben der Telophase I. Eine Abgrenzung der Prophase II ist schwierig und wird deshalb i.A. nicht vorgenommen.
Die Centriolen verdoppeln sich nun wieder und bilden die Basis für zwei neue Spindel-Apparate.



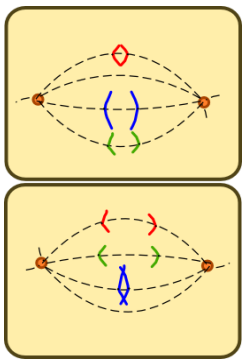


Metaphase II

In der Metaphase II werden die Zwei-Chromatiden-Chromosomen in zwei neuen Äquatorial-Ebenen angeordnet. Diese liegen senkrecht zur Äquatorebene der ersten meiotischen Teilung (Metaphase I usw.).



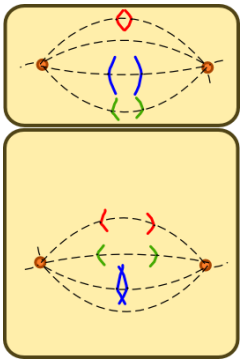
Bei der weiblichen Meiose fällt die ungleichmäßig Verteilung des Zellraums auf die neuen "Hälften" auf.



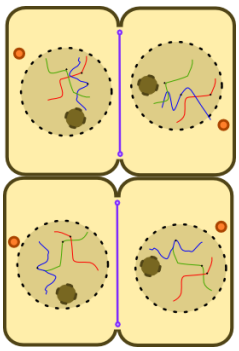
Anaphase II

Das genetische Material wird aber immer gleichmäßig verteilt.

Durch den 2. Spindelapparat werden nun die Chromatiden voneinander getrennt (Anaphase II).



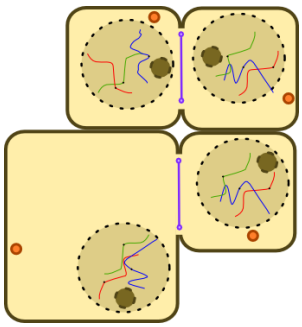
Die Chromosomen werden in der Telophase II entspiralisiert und die fehlenden Kern- und Zellmembranen ausgebildet. Zu dieser Phase gehört auch wieder die Bildung neuer trennenden Zellmembranen.



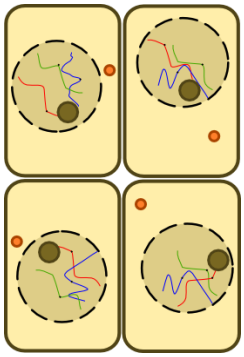
Telophase II

Bei der weiblichen Meiose erfolgt die Teilung der größen Teil-Zelle wiederum unsymmetrisch.

In den entstandenen vier haploiden Zellen findet man jetzt nur noch Ein-Chromatiden-Chromosomen.



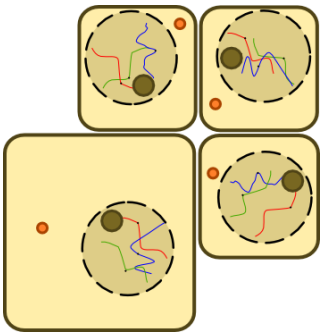
Jedes Chromatid ist nun noch 1x pro Tochter-Zelle vorhanden. Praktisch hat sich so der Chromosomen-Bestand halbiert, weshalb eben von einem haploiden Chromosomen-Satz gesprochen wird.



Gameten

Abschließend wird wieder eine Kernhülle aus Material des Endoplasmatischen Retikulums gebildet.

Aus einer Eizellen-Mutterzelle entsteht nur eine Eizelle (das größere "Viertel"). Die drei restlichen "Gameten" werden zu Hilfszellen (siehe Abb. rechts).



Die vier Tochterzellen einer Samenzellen-Mutterzelle werden in nachgeordneten Prozessen der Spermiogenese zu echten Spermien weiterentwickelt.

Die Meiose-Vorgänge laufen bei den einzelnen Organismen mit recht unterschiedlicher Dauer ab. So bildet der Weizen innerhalb eines Tages neuen Pollen (männlich). Bei anderen Pflanzen werden aber auch schon mal 1 bis 2 Wochen gebraucht (*(A) Weiße Lilie*).

Für den Menschen *(a) Homo sapiens sapiens* fand man für die Spermiogenese eine Dauer von 40 – 60 Tage. Die Eizellenbildung (Oogenese) wird dagegen mit 4.700 bis 18.500 Tagen (13 – 50 Jahre) dokumentiert. In der letzten Zeit mehren sich Meldungen, die sogar auf eine

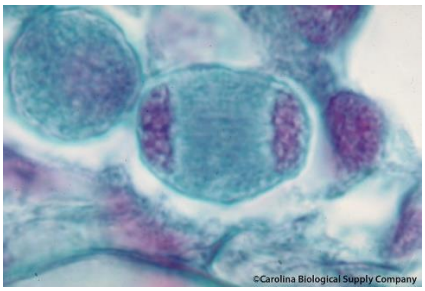
noch weiter auseinander gehende Spanne hindeuten (ev. 3.000 – 21.000 Tage). Hierbei handelt es sich um beschriebene Extreme.

Aufgaben:

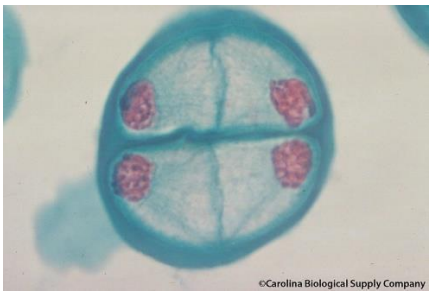
1. *Was bedeuten die Zeitangaben für die Oogenese praktisch? Wie ergeben sie sich?*
2. *Überlegen Sie sich, wieviele Kombinationen mütterlicher und väterlicher Merkmale bei dem oben besprochenen Beispiel der Meiose möglich sind! Erläutern Sie Ihr Ergebnis!*
3. *Leider sind ein paar tolle Bilder meiner Sammlung durcheinander gekommen. Handelt es sich hier um die Mitose oder um eine Meiose? In welcher Reihenfolge müssen die Bilder geordent werden? Erläutern Sie ausführlich!*



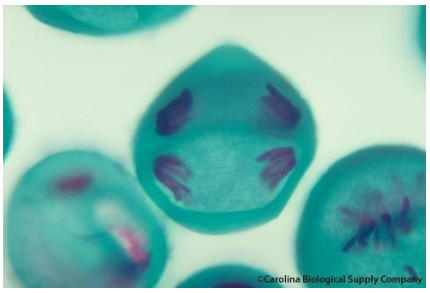
A



B



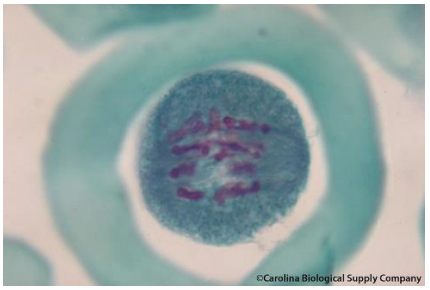
C



D



E



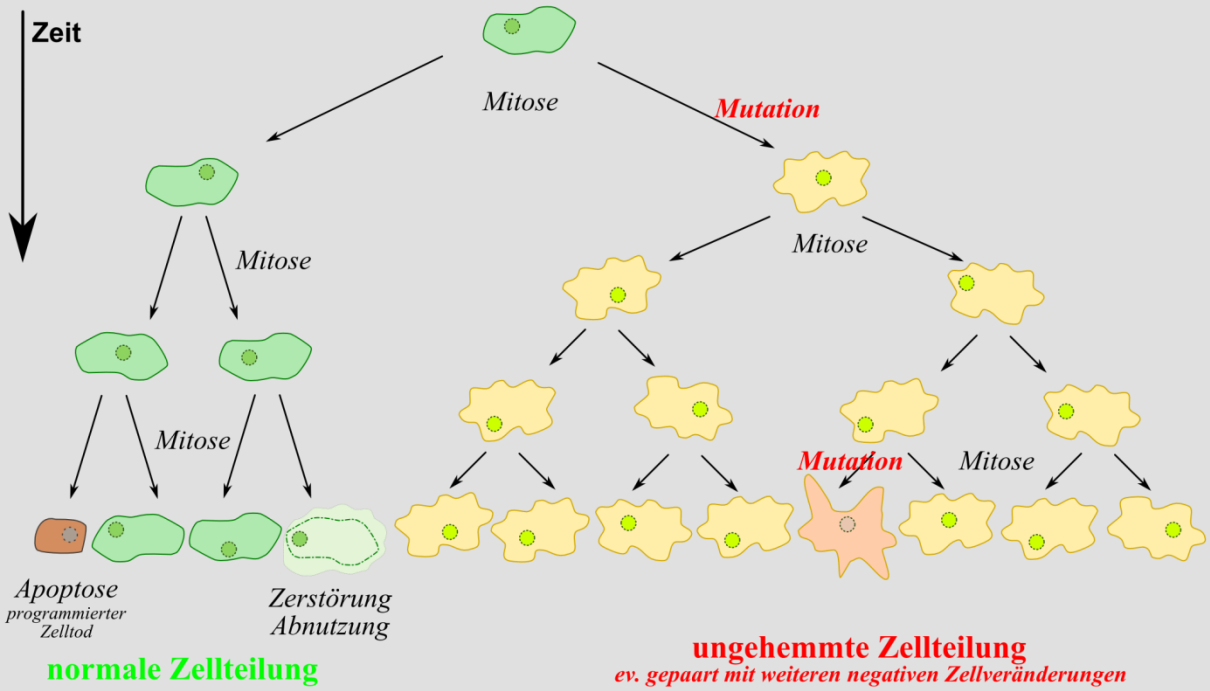
F



G

alle Bilder: Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)

Exkurs: Krebs – Zellwachstum außer Kontrolle



nicht jede Mutation führt zu Krebs
häufig stirbt die Zelle nach einem internen Auslöser-Signal
praktisch zerstört sich die Zelle von innen heraus nach einem festen Programm
Zellen haben Wächter-Gene, die Fehler korrigieren können, die Vermehrung verhindern können (Tumor-Supressor-Gene) oder den Zelltod (**Apoptose**) auslösen

Stoffe und andere Faktoren, die eine Tumor-Bildung auslösen können, werden **Cancerogene** genannt. Dazu gehören viele Chemikalien, einige Viren, hoch-energetische Strahlung (UV-Licht, radioaktive und RÖNTGEN-Strahlung).

mutierte Zellen, die außer Kontrolle geraten, bilden u.U. Tumore (Primär-Tumor)
Sind die Tumore lokal begrenzt und zerstören sie nicht die umgebenden Zellen, dann spricht man von einenm **benignen Tumor**. Dazu gehören z.B. Warzen. Die Tumor-Zellen verbleiben im Gewebe und verdrängen nur die anderen Zellen.
Maligne Tumore zerstören die Umgebungs-Zellen und wandern auch in andere Gewebe. Dort bilden sie u.U. neue Tumore – die sogenannten Metastasen (Sekundär-Tumore).
Krebs ist das Krankheitsbild, dass sich aus malignen Tumoren ergibt.

nur bestimmte Kombinationen von Mutationen und / oder Umgebungs-Bedingungen führen zur Entstehung von Krebs-Zellen

Krebszellen haben – die eigentlich seltene Fähigkeit – sich über die natürlichen Kontroll-Systeme hinwegzusetzen
z.B. durch:

- den Verlust der Reaktion auf Teilungs-Reize von Nachbarzellen
- die Fähigkeit zusätzliche Versorgungsbahnen (Blutgefäße usw.) auszubilden (Angiogenese)
- die Fähigkeit mit weniger oder ohne Sauerstoff zu leben (Hypoxie) oder dem Rest-Organismus verstärkt Sauerstoff zu entziehen (s.a. Angiogenese)
- die Fähigkeit, die Tumor-Supression auszuschalten

- die Fähigkeit spezielle Onkogene zu bilden
- die Fähigkeit, sich für das Körper-eigene Immunsystem unsichtbar oder unangreifbar zu machen (immune Escape)
- die Fähigkeit aus dem eigenen Zellverband auszuwandern und sich in anderen Verbänden anzusiedeln (Metastasierung)
- …
-

Faktoren, die Krebs auslösen können (sollen):

- genetische Veranlagung
- ionisierende Strahlung
- chemische (, giftige) Stoffe (Toxine, speziell: Cancerogene)
- Viren (Onkoviren)
- Stammzellen
- medizinische Therapien mit Immunsupressiva (z.B. nach Organ-Verpflanzungen)
- Übergewicht
- Kontakt mit Krebs-Geschwülsten anderer Tiere
- Stress
- …

Vielleicht fragt sich der Eine oder Andere, warum es bei so vielen Zufällen bei der Entstehung von Krebs doch immer wieder gleichartige Krebs-Arten gibt.
Hier muss man sich einfach die große Anzahl von Zellen vergegenwärtigen. Wenn unter bestimmten Bedingungen nur eine der Zellen eine oder mehrere passende Mutationen oder Stoffwechsel-Veränderungen durchmacht, die eine Massen-Entwicklung begünstigen, dann reicht das aus. Diese eine Zelle ist dann der Ursprung des großen Übels. Durch ihre erhöhte Vermehrungs-Rate übertrumpft sie schnell die anderen Zellen, die sich an die "Gebote" der Kolonie halten. Leider begünstigt die Evolution die schmarotzenden, egoistischen Zellen. Zumindestens für den Augenblick. Langfristig hätten solche Zellen nur eine evolutionäre Chance, wenn es sich um Zellen in der Keimbahn handelt. Und dann müssten sie sich als chaotisches System gegen die gut organisierten und spezialisierten Gewebe-Verbände - die wir Organismen nennen, durchsetzen. Da sind die Chancen scheinbar minimal, sonst gäbe es mehr Krebstragende Organismen auf der Welt.
Krebs-Zellen können sich eben nur in Organismen weiter vermehren, die ihnen die notwendigen Ressourcen dafür bereitstellen.

Die von Krebs-Erkrankungen betroffenen Organe sind bei Frauen und Männern unterschiedlich verteilt.

Organ(-system)	Anteil bei Frauen	Anteil bei Männern
Lunge, Luftröhre	3 %	28 %
Brustdrüse	12 %	
Magen	22 %	25 %
Leber	7 %	3 %
Blut-bildende Organe	4 %	5 %
Darm	2 %	9 %

Harnwege	2 %	5 %
Geschlechtsorgane	20 %	8 %
übrige	28 %	17 %

Die Häufigkeit von Krebs als Krankheit beim Menschen scheint in der letzten Zeit zu steigen. Zum Einen ist dies wahr. Die Ursache ist bei der Vielzahl von (neuen / zusätzlichen) Onkogenen in unserer Umwelt zu suchen. Auch die Synergie-Effekte nehmen zu. Früher waren die Menschen in ihrem kurzen Leben nur wenigen Onkogenen ausgesetzt. Mit einem längeren Leben werden es immer mehr und es können sich auch immer mehr Onkogen-Kombinationen bilden. Diese stehen im Verdacht um vieles gefährlicher zu sein, als die einfach Summation der Einzel-Risiken.
Ein anderer Effekt ergibt sich aus der Verlängerung unserer Lebenszeit. Je länger wir leben umso öfter haben sich die Körper-Zellen geteilt. Da bei jeder Teilung mit genetischen Veränderungen zu rechnen ist, häufen sich die Mutationen im Alter immer mehr.
Im hohen Alter haben einfach immer mehr Krebs-Arten eine statistische Chance, sich zu entwickeln.
Als evolutionärer Faktor müsste die Auslese doch eigentlich Krebs aus dem gen-Pool entfernen. Das ist aber nur begrenzt so. Die Auslese wirkt im Wesentlichen eben nur bis zum Ende der Fortpflanzungsfähigkeit. Danach haben auslesende Faktoren, wie geschwächte Organe usw. keine Auswirkung mehr auf die Fortpflanzung.

Behandlungs-Möglichkeiten

wichtigster therapeutischer Aspekt ist die Früh-Erkennung
regelmäßige Brust-Untersuchung (Mammographie), Darm-Spiegelung, Blut-Untersuchungen, Haut-Screening, Prostata-Untersuchungen,
im höheren Alter steigt das Erkrankungs-Risiko, so dass die Nutzung der kostenlosen Angebote der Krankenkassen unbedingt genutzt werden sollt
auch im jungen Alter können Krebs-Arten, wie Brust-Krebs, die Lebens-Planung heftig durcheinanderbringen.

Unklare Haut-Stellen können ambulant entfernt werden. Viele Tumore werden chirogisch entfernt.
extrem gezielte und speziell gebündelte Bestrahlung
Chemo-Therapie mit Medikamenten, die die Zellteilungs-Prozesse beeinflussen
wirken in den hoch-aktiven Krebs-Zellen stärker, als im sich langsamer teilenden Normal-Gewebe
Nebenwirkungen sind z.T. sehr stark (Übelkeit, Mattheit, Haar-Ausfall, …)

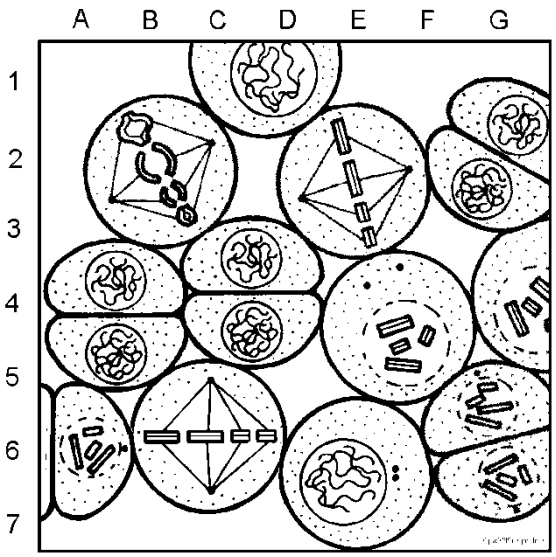
heute immer mehr personalisierte Behandlungen mit Medikamenten
basieren auf Antikörper-Antigen-Effekten (Immun-Reaktionen)
greifen fast nur die Krebs-Zellen an, sind aber nur mit größerem Aufwand herstellbar und deshalb sehr teuer

Aufgaben zum Exkurs:

1. *Vergleichen Sie die Vermehrung von Krebs- / Tumor-Zellen mit gesunden Zellen!*
2. *Warum kommt es bei Bakterien nicht zur Bildung von Krebs? Erklären Sie das ausführlich!*
3. *Stellen Sie begründete Vermutungen auf, wie Cancerogene bei Bakterien wirken!*
4. *Spezielle Kulturen aus Krebs-Zellen werden für biochemische Untersuchungen in Laboren vermehrt. Wofür könnte man solchen Kulturen nutzen? Welche Vorteile bieten solche Kulturen? Besteht nicht die Gefahr, dass sich Labor-Mitarbeiter infizieren oder die Krebs-Zellen gar in die Umwelt ausbrechen?*

Aufgaben:

1. *Erläutern Sie den Verlauf einer meiotischen Zellteilung!*
2. *Wie oft sind die Erbanlagen für ein bestimmtes Merkmal in der Prophase I vorhanden? Begründen Sie Ihre Aussage!*
3. *Beschreiben Sie den Vorgang, von dem eine "mikroskopische" Momentaufnahme (rechte Abb.) gemacht wurde! Kennzeichnen Sie die beobachtbaren Phasen durch Koordinaten!*
4. *Wie lässt sich die doch recht lange Meiose-Dauer beim Menschen sinnvoll erklären? Gibt es auch eine Erklärung für die doch sehr stark schwankende Dauer?*

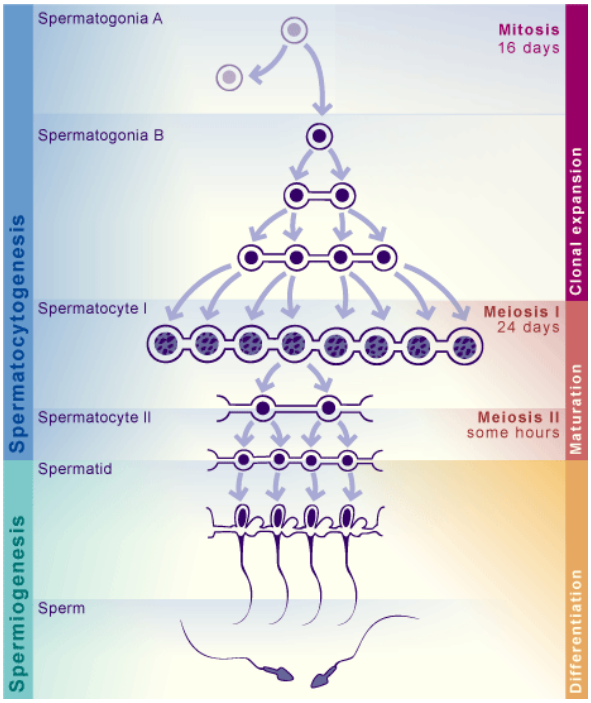


5. *Vergleichen Sie Mitose und Meiose in einer Tabelle!*

Internet-Links:
Animation der Meiose (engl.): http://de.youtube.com/watch?v=D1_-mQS_FZ0

3.1.2.1. Spermatogenese

Die oben beschriebene "männliche" Meiose ist nur ein Abschnitt in der Bildung von Spermien. Der gesamte Entwicklungs-Prozess wird Spermatogenese genannt. Sie dauert rund 65 Tage.
Ausgangspunkt der Spermatogenese sind im Hoden liegende Spermatogonien vom Typ A. Sie teilen sich mitotisch, wobei sich eine Zelle im Folgenden weiterentwickelt.
Die andere Zelle hat Stammzell-Charakter und kann sich bis ins hohe Alter des Besitzers weiter teilen.
Die Spermatogonie A teilt sich weiter mitotisch, wobei Spermatogonien vom Typ B entstehen. Nach mehreren Teilungen (Klonierung) entstehen Spermatocyten, die nun die typische "männliche" Meiose durchmachen. Während die erste Teilung rund 24 Tage dauert, ist die zweite nach wenigen Stunden erledigt.
Die gebildeten 4 Tochterzellen heißen exakt Spermatid und bilden sich jeweils zu einem Spermium um (Spermiogenese).



zeitlicher Verlauf der Spermiogenese
Q: embryology.ch

Die Spermien werden im Nebenhoden gesammelt und bei Bedarf in den Samenleiter abgegeben. Ejakulierte Spermien sind im weiblichen Geschlechts-Trakt bis zu 72 Stunden überlebensfähig.

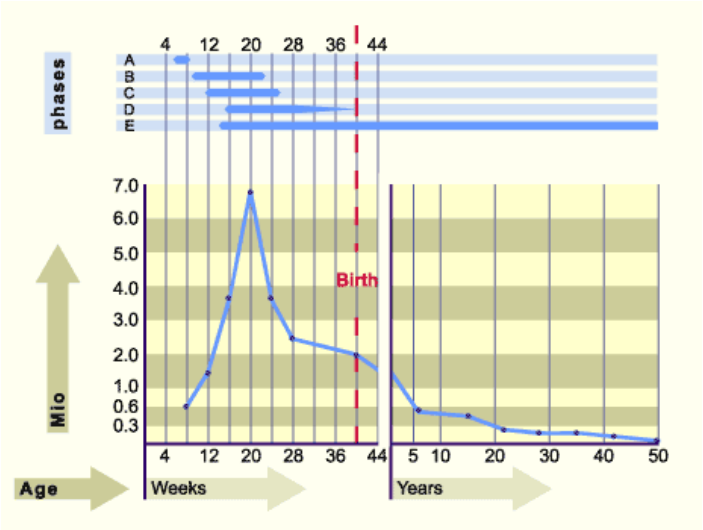
Aufgaben:

1. *Was unterscheidet eine Spermatogonie vom Typ A von denen des Typ's B? Vergleichen Sie!*
2. *Berechnen Sie die Anzahl Spermien, die lt. obigen Schema aus einer Spermatogonie A gebildet werden können!*
3. *Vergleichen Sie Spermatogenese und Spermiogenese!*

3.1.2.2. Oogenese

So "einfach", wie sich die Keimzellen-Bildung bei den Männchen darstellen, sind die Vorgänge bei den Weibchen nicht. Gerade bei den Säugetieren mit ihrer inneren Austragung der Embryonen sind die Prozesse weitaus komplexer und verschiedengestaltiger.
So manche Frau, die über Menstruations-Beschwerden klagt, fragt sich, ob die Natur das nicht besser hinkriegen konnte. Aber Evolution hat eben kein spezielles Ziel und nimmt auch nicht auf irgendetwas Rücksicht. Es muss einfach nur vorteilhaft gegenüber anderen Mit-Organismen sein, um eine höhere Überlebens-Chance bzw. Reproduktions-Rate zu haben.
Die Oogenese (Eizellen-Bildung) fängt weit vor der Ovulation (dem Ei-Sprung) an. Je nachdem, was man als Start-Punkt sieht liegt der Ursprung für die Fruchtbarkeit schon rund 12 Jahre zurück.

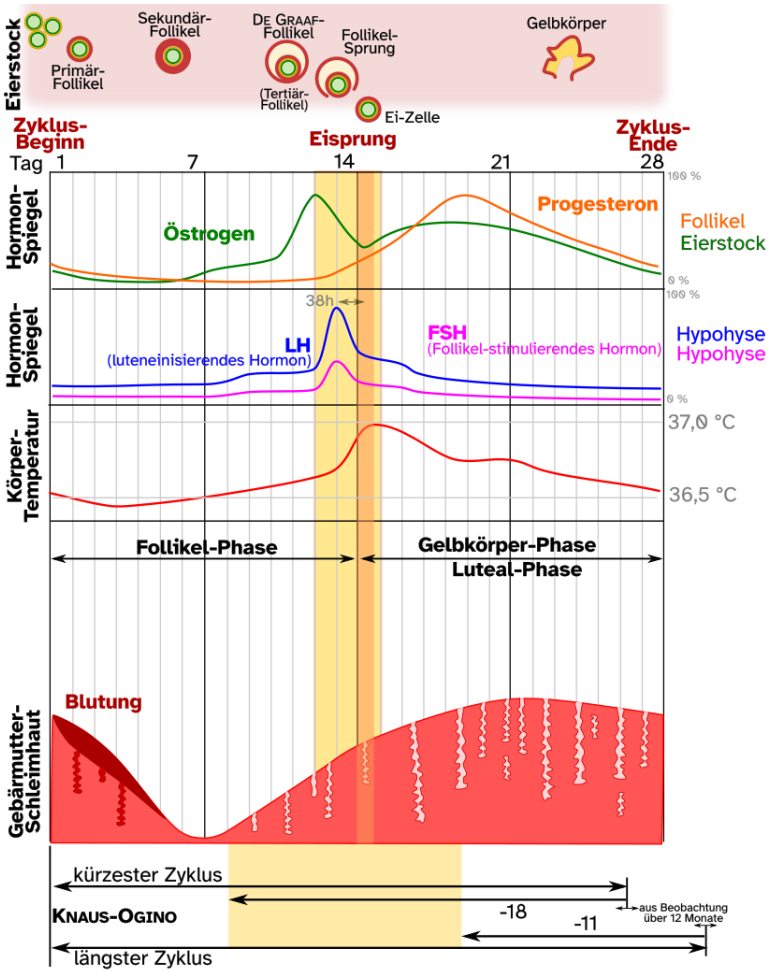
Hier haben sich im weiblichen Embryo als sogenannte Urkeim-Zellen auf der Keimbahn entwickelt. Nur diese Zellen können überhaupt neue Nachkommen werden. Sie entstehen ungefähr zwischen der 6. und 8. Woche ("Embryo"-Time). In der 9. bis 22. Woche bilden die Oogonien – wie diese Zellen heißen – dann viele Klone. Zu den besten Zeiten sind rund 7 Millionen Oogonien vorhanden. Im Zeitraum zwischen der 12. und 25. Woche beginnt in den primären Oozyten die Prophase der 1. meiotischen Teilung. Am Ende der Prophase wird die Meiose gestoppt und wir sprechen nun von einem Primordial-Follikel.



Anzahl der Keimzellen bei einer Frau
Q: embryology.ch

Bis zur Geburt reduziert sich die Zahl der Primordial-Follikel dann auf rund 2 Millionen.
In den beiden Eierstöcken stehen mit Beginn der Geschlechtsreife rund eine halbe Millionen Follikel zur Verfügung. Von diesen erreichen lediglich rund 500 den Follikel-Sprung und somit die Freisetzung der Befruchtungs-fähigen Ei-Zelle. Die Freisetzung der Ei-Zelle wird Ovulation genannt.

Schon ungefähr sechs Monate vor dem Eisprung beginnt die aktive Phase der Follikel. Darüber täuschen die Zyklus-Darstellungen immer ein bischen hinweg. Für jede Geschlechts-Zelle ist es eine Einbahnstraße. Die Einbahnstraßen sind aber immer jeweils um 28 Tage versetzt.
In der Follikel-Phase findet nun auch die restliche Meiose statt.
Die ersten 120 Tage entwickeln sich eine größere Anzahl von Follikeln zu Primär-Follikeln.
Es folgt eine 71 Tage lange Entwicklung des Sekundär-Follikel's.Am Ende der Follikel-Entwicklung bilden sich die Tertiär-Follikel heraus, aus denen dann einer zum DE GRAAF-Follikel (auch kurz: GRAAFscher Follikel; Eierstock-Follikel) reift und die Ei-Zelle freisetzt. Die Entwicklung des GRAAFschen Follikel's beginnt am 0. Zyklus-Tag. Das Leit-Hormon ist zu dieser Zeit das Östrogen (auch: Estrogen).



weiblicher Zyklus und Verhütung nach KNAUS-OGINO

Die Östrogene – es handelt sich um mehrere recht ähnliche Hormone – sorgen für das Wachstum und die Durchblutung der Gebärmutter-Schleimhaut.
Aus dem restlichen GRAAFschen Follikel entwickelt sich der Gelbkörper (Corpus luteum), der das Gelbkörper-Hormon (Progesteron) bildet. Auch die Gestagene sind eine Gruppe recht ähnlicher Hormone.
In der Luteal-Phase dominiert das Progesteron.
Kommt es in den 12 bis 18 Stunden nach dem Eisprung nicht zu Befruchtung, dann stirbt die Ei-Zelle. Da sich nun keine befruchtete Ei-Zelle in die Gebärmutter(-Schleimhaut) einnistet und die Progesteron-Bildung zurückgeht, kommt es zur menstrualen Blutung. Damit ist auch die Eliminierung der nicht mehr gebrauchten Schleimhaut (Mucosa) verbunden.
Die Menstruation ist aber ja eigentlich gar nicht die "Idee" der Evolution. Sie zielt eher in Richtung vieler Nachkommen. Damit wäre der rein biologische Zweck der Gebärmutter-Vorbereitung mit einer Befruchtung erfüllt. Nun ist die Einnistung der befruchteten Ei-Zelle möglich und die Schwangerschaft beginnt.
Nach der Einnistung nimmt auch die Menge der Gestagene (u.a. aus dem verbliebenen Gelbkörper) immer mehr zu und befördert die Erhaltung der Schwangerschaft.

Aufgaben:

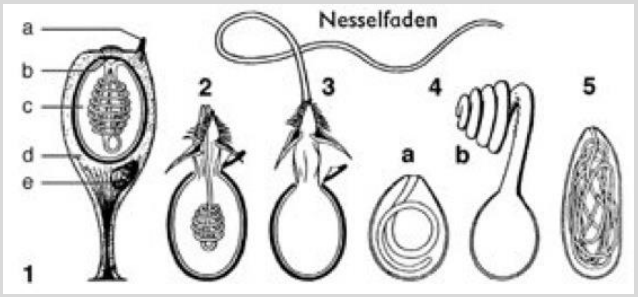
1. *Erläutern Sie den Monats-Zyklus bei Frauen mit besonderer Beachtung der Zellteilungs-Vorgänge!*
2. *Berechnen Sie die fruchtbaren Tage nach der Methode von KNAUS-OKINO für die folgenden Zyklus-Längen des letzten Jahres!*
   28, 30, 28, 28, 27, 28, 27, 29, 28, 31, 28, 26
3. *Auf einer Webseite steht der Satz "Die Ovulation stellt das Ausnahmeschicksal eines Follikels dar.". Setzen Sie sich mit dieser Aussage auseinander!*
4. *Warum sind in "Anti-Baby-Pillen" eigentlich Gestagene enthalten und nicht Östrogene – die Geschlechts-bestimmenden Hormone der Frauen? Erklären Sie!*
5. *Die fruchtbaren Tage einer (sehr regelmäßig menstruierenden) Frau werden mit 4 bis 5 um den Einsprung herum angegeben. Ist dies nicht ein Widerspruch zur kurzen Lebensdauer der Eizelle von 12 bis 18 Stunden? Erklären Sie ausführlich!*

interessante Links / Kapitel-Links:

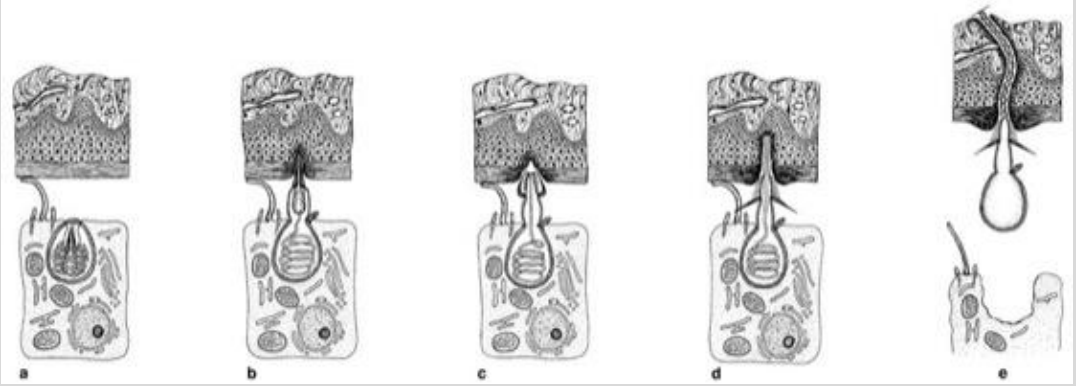
http://embryology.ch (fachlich tiefgreifende, aber verständliche Darstellung der menschlichen Embryo- und Organogenese)
http://physiologie.cc (sehr breite und tiefgreifende (z.T. schwer verständliche bzw. unübersichtliche) Webseite zur Tier- / menschlichen Physiologie)

3.2. Leistungen spezieller Zellen (Meister-Leistungen der Evolution)

Nematocysten (Nessel-Zellen, Nessel-Kapseln, Cniden)



Nematocysten: 1 Nematocyste mit Penetrante (c), vor der Entladung in der Nesselzelle (d) liegend; a Cnidocil, b Deckel; e Zellkern, **2** Penetrante während und **3** nach der Entladung; **4a** Volvente vor und **4b** nach der Entladung; **5** Glutinante



Nematocysten: Entladungsvorgang einer Nematocyste. **a** Durch Stimulation des Cnidocils (Sinneshärchen) steigt der Innendruck der Nesselkapsel an; **b** bereits nach ca 10 µs springt das Kapseldeckelchen auf, und der Schaft des Nesselschlauchs wird mit schnellen Drehbewegungen herausgeschleudert; **c** anschließend werden die Dornen zurückgebogen und gewährleisten zusammen mit den Schaftdornen die sichere Verankerung der Kapsel auf der Oberfläche; **d** der übrige Nesselschlauch dringt tiefer ein und gibt kontinuierlich Toxine ab; **e** schließlich wird die Kapsel gelöst und die Zelle degeneriert

Q: www.spektrum.de (Lexika, Kompaktlexikon der Biologie)
Q: http://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/nematocysten/8077

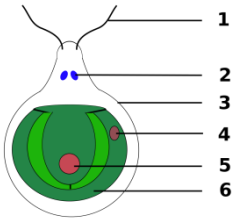
3.2. komplexere Strukturen aus Zellen

3.2.1. vom Einzeller zum Mehrzeller

Nach neuesten Forschungen ist die Mehrzelligkeit bei den Eucyten fünfmal unabhängig voneinander entwickelt worden.
Die gebildeten Gruppen sind die Pflanzen, Tiere, Pilze, die Rot- und die Braun-Algen.

3.2.1.1. Einzeller

Echte Einzeller – also Organismen, die immer nur aus einer einzelnen Zelle bestehen – müssen alle Funktionen erfüllen (können).
Genetisch sind sie eigenständig. Sie brauchen zur Vermehrung meist keine anderen Zellen. Trotzdem gibt es über spezielle Mechanismen die Möglichkeit zum Austausch von Genen.
Die Zell-Form und äußere Erscheinung (Morphologie) wird durch die Anpassung an die Umwelt-Bedingungen bestimmt.



Süßwasser-Grünalge
Chlamydomonas
1 .. Geißeln; 2 .. Vakuole; 3 .. Zellwand
4 .. Augenfleck; 5 .. Zellkern
6 .. Becherförmiger Chloroplast
Q: de.wikipedia.org (Sundance Raphael)

Mutationen (Veränderungen des Erb-Materilas wirken sich sofort aus. D.h. sie können sofort Vor- oder Nachteile in der aktuellen Lebenswelt (Biotop und Biozönose) bringen.
Die Vermehrung erfolgt durch Spaltung / Zell-Teilung entweder mitotisch oder vergleichbar.

besonders interessant ist die Bildung eines Licht-empfindlichen Fleck's
quasi Vor-Vor-Läufer eines Auges



Augen-Alge, *(a) Euglena oxyuris*
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)



Pantoffeltierchen, *(g) Parameceum*
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)

Vorteile des einzelligen Lebens

- gesamte Regelung und Steuerung der Funktionen kann direkt (z.B. durch den Zell-kern) erfolgen
- große Räuber können kaum wirksam werden (Einzeller ist nicht "sichtbar" oder stellt keine sinnvolle Nahrungs-Quelle dar)
-

Nachteile des einzelligen Lebens

- kaum Schutz gegen Freß-Feinde (kleinere Räuber)
- Ressouren müssen entweder aufgeteilt oder zeitlich versetzt genutzt werden
- Schäden im Erbgut wirken sich immer auf (Über-)Lebensfähigkeit aus
-

3.2.1.2. lockerer Zell-Zusammenschluß

Durch die Anpassung an die Umwelt-Bedingungen wird die Zell-Form und die äußere Erscheinung bestimmt.
Der Verband ist eher die vielfache flächige oder räumliche Mosaik-artige Fortsetzung der Einzelzelle.
Beispiele sind Faden-förmige Blaualgen. Brechen die Fäden auseinander, dann wachsen die Teile einzeln weiter. Die Zellen teilen sich durch Quer-Spaltung und verlängern so den Faden.

Vorteile des Lebens im Zell-Zusammenschluß

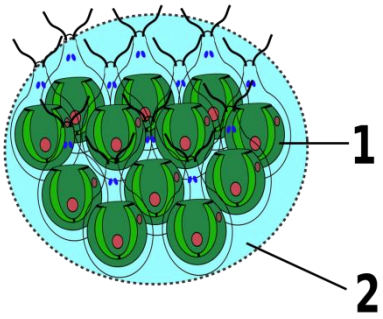
- durch vergrößerte Flächen oder Volumen können die alten (kleineren) Freß-Feinde schlechter zum Zug kommen (Schutz-Funktion) (die größeren Räuber stehen eher auf tierische Nahrung)
-

Nachteile des Lebens im Zell-Zusammenschluß

- von der Einzel-Zelle erbrachte Leistungen werden auch von ev. (genetisch) anderen Zellen genutzt
- besser sichtbar für größere Räuber (die sind aber statistisch / ökologisch seltener)
-

3.2.1.3. Zell-Kolonie

Eine Zell-Kolonie ist ein organisatorisch zusammengehörender Verband von Zellen, die als Einzelzellen deutlich schlechtere Überlebens-Chancen und ein geringeres Leistungs-Vermögen haben. Sie besitzen eine gemeinsame umgebende Schutz-Struktur. Das kann eine Gallert-Hülle oder eine Kalk-Struktur sein.
Bei einfachen Kolonien sind die Einzel-Zellen noch überlebensfähig.
Häufig gibt es nun eine eigene äußere Gestalt der Kolonie. Sie wird von äußeren Umwelt-Bedingungen und den Anpassungen an diese bestimmt. Ihre Form ist eine Anpassung an ihr Zusammenleben in der Kolonie. Es gibt nur wenige – meist nicht besonders herausragende – Spezialisierungen. Meist bestreffen diese die besondere Bildung von Geschlechts-Zellen.

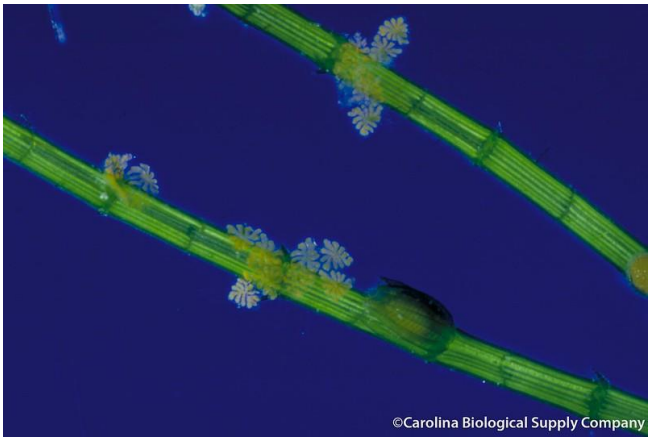


Süßwasser-Grünalge Gonium
1 .. Chlamydomonas-ähnliche Einzelzelle
2..Gallert-Hülle
Q: de.wikipedia.org (Sundance Raphael)

Die Zellen einer Kolonie sind genetisch gleich, da sie durch Mitose bzw. Mitose-ähnliche Vorgänge entstanden sind.
Typische Kolonie-Bildner sind Korallen. Diese Nesseltiere bilden z.B. Kalk-Außenskelette, über die sie mit anderen Kolonie-Mitglieder verbunden sind.
Neue Kolonie werden entweder durch Teilung der alten oder durch geschlechtliche Vorgänge gebildet. Aus dem Befruchtungs-Vorgang folgt eine rekombinierte – genetisch neue - Zelle, die nun wieder durch Teilung neue Mitglieder der Kolonie erzeugt.

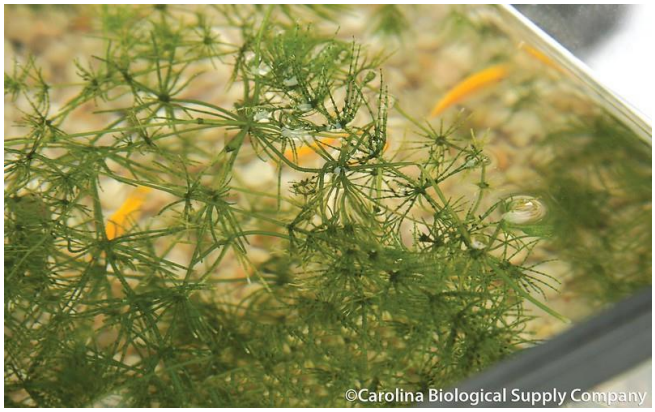


Vorticella-Kolonie
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)



Faden-Alge, *(s) Chara spec.*
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)

gebildete Strukturen erzeugen den Eindruck einer größeren Pflanze – eines echten Mehr-Zeller's
praktisch aber jede Zelle gleichberechtigt



Faden-Alge, *(s) Chara spec.*
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)

Vorteile des Lebens in Zell-Kolonien

- Schutz vor Freß-Feinden
- Bildung von größeren Strukturen, die sich an Steinen usw. ansetzen können und z.B. einen Wasser-Kanal bilden, aus dem viele Zelle sich ernähren können (Oberflächen-Vergrößerung)
-

Nachteile des Lebens in Zell-Kolonien

- Aufgabe der vollständigen Eigenständigkeit

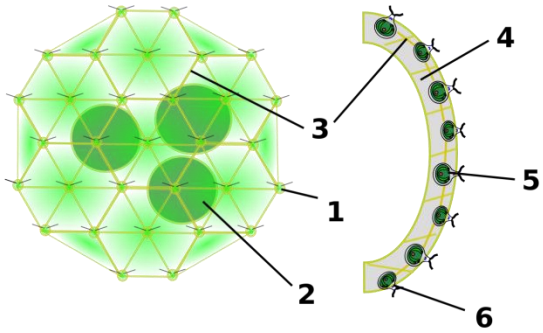
3.2.1.4. (echter) Mehrzeller

In einem echten Mehrzeller bilden die Zellen einen solchen Verband, dass sie nur noch als Gemeinschaft überleben und sich fortpfanzen können.
Praktisch alle Zellen sind spezialisert. Sie erfüllen nur noch bestimmte Funktionen, diese aber deutlich effektiver als bei einem vergleichbaren Einzeller. Wenn die Zelle sich noch vermehrt, dann erfolgt diese Vermehrung über Zell-Teilung (Mitose). Die gebildeten Zellen verbleiben im Organismus und differenzieren sich aus.
Die Form und der Bau der Einzell-Zelle werden ausschließlich durch die Anpassung an die Funktion bestimmt.
Alle Zellen sind genetisch identisch, d.h. sie haben die gleichen Erb-Anlagen.



Kugel-Alge, *(s) Volvox globator*
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)

Es ist also kein Problem, die Fortpflanzung-Funktionen durch speziealisierte Zellen des Organismus übernehmen zu lassen. Für die einzelne Zelle ist es genetisch egal, ob sie sich selbst oder sich eine andere Zelle des Organismus fortpflanzt. Nur noch wenige Zellen sind bei sich geschlechtlich fortpflanzenden Organismen zur Meiose fähig. In deren Folge entstehen Geschlechtszellen. Meist müssen sich zwei unterschiedliche Geschlechts-Zellen vereinen (Befruchtung), damit ein neuer Organismus entstehen kann. Dieser ist i.A. ein genetisches Misch-Produkt aus den beiden Eltern-Erbanlagen. Die Körper-Zellen des Mehrzellers und somit der (Körper des) Mehrzeller's sind sterblich. Eine potentielle Unsterblichkeit ist nur für die Zellen der Keimbahn – also den Geschlechtszellen gegeben.



Süßwasser-Grünalge Volvox
1 .. Chlamydomonas-ähnliche Zelle
2..Tochter-Kugel; 3 .. Plasma-Brücken
4 .. Gallerte; 5 .. Fortpflanzungs-Zelle
6 .. Körper-Zelle
Q: de.wikipedia.org (Sundance Raphael)

Mit der Mehrzelligkeit ist der Fluch des Körper-Tod's (Körperzell-Tod) zwangsläufig verbunden.

Vorteile des Lebens in Mehrzellern

- sehr hohe Leistungs-Fähigkeit der einzelnen Zelle im Organismus durch eine starke Spezialisierung
- Resourcen der Zelle werden effektiv für nur eine oder wenige Funktionen eingesetzt
- im Verband mit anderen Zellen können völlig neuartige Funktionen realisiert werden
- Leistungs-Fähigkeit des Gesamt-Organismus ist deutlich höher als die skalierte Leistungs-Fähigkeit von Einzellern
- Chance auf Rekombination von (leicht unterschiedlichen) Erb-Anlagen der eigenen Art, um sich z.B. schnell wechselnden Umwelt-Bedingungen rasch anzupassen
- größere Chancen gegenüber Freß-Feinden (da diese nun ebenfalls größer und Leistungs-fähiger sein müssen (Co-Evolution))
-

Nachteile des Lebens in Mehrzellern

- Aufgabe des eigenen Dranges nach Fortpflanzung / Evolution zugunsten des Gesamt-Organismus
- erhöhter Aufwand für Wachstum, Entwicklung und Fortpflanzung
- größere Lebens-Räume notwendig
- Tod der Masse der Zellen (/ des mehrzelligen Organismus)
-

Interessant ist, dass sich das Kugel-System in der Pflanzenwelt nicht weiter durchgesetzt hat. Vielmehr kam die zwei-dimensionale Ausdehung zu immer größeren Blättern oder Blatt-Flächen zu Zug. Eine Erklärung dafür ergibt sich aus der ungünstigen Licht-Situation im Inneren eine Kugel. Die äußeren Zellen filtern viel zu viel Licht heraus. Die inneren Zellen könnten nur wenig oder gar keine Photosynthese betreiben. Sie müssen von den äußeren Zellen versorgt werden. Da mit steigender Größe das Verhältnis von Oberfläche zum Volumen immer ungünstiger wird, wären größere Kugeln auf noch mehr Leistung der äußeren Schicht angewiesen.

Aufgaben:

1. *Erläutern Sie, warum die Erklärungs-Versuche von Entwicklungen bzw. Entwicklungs-Reihen auf der Basis von Euglen, Gonium, Chlamydomonas und Volvox nur Modell-Charakter haben!*



Wasserpest; *(s) Eleodea canadensis*
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)



Gras-Blatt, quer
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)

3.2.2. Zellen in Organismen

Alle Zellen eines Organismus besitzen den gleichen ursprünglichen Bestand an erb-Informationen. Durch Mutationen können aber Veränderungen hinzukommen, die sich auch ohne weiteres dramatisch auswirken können (z.B. Geschwüre, Krebs).

3.2.2.1. einzelne Zelle

Zellen sind entweder noch omnipotent, d.h. sie können sich in verschiedene Richtungen weiterentwickeln oder sie sind schon ausdifferenziert / spezialisiert.

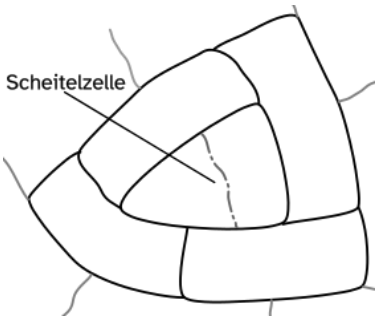
ausdifferenzierte Zellen sind z.B. Leber-Zelle, Nerven-Zelle, Muskel-Zelle

Jede Zelle beinhaltet den gesamten Bestand an Erb-Informationen. Welche davon zum Tragen kommen, hängt vom Zustand der Mutter-Zelle und auch von den umgebenden Zellen ab.
Neuerdings häufen sich auch die Erkenntnisse (→ 🕮 **Genetik** → Epigenetik), dass auch Umwelt-Bedingungen die Entwicklung der Zelle entscheidend beeinflussen und diese u.U. auch an tochter-Zellen weitergegeben werden kann.

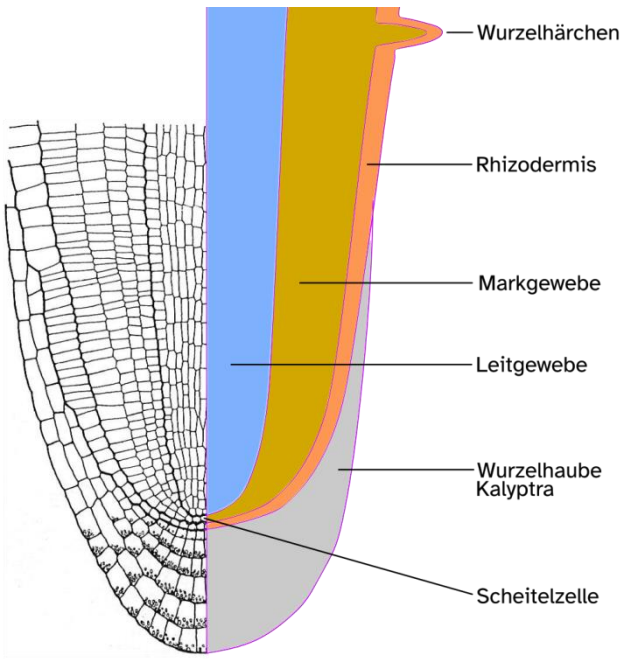
3.2.2.1.1. Entwicklung und Differenzierung von Zellen in Pflanzen

meist zwei Haupt-Teilungs-Zentren (Scheitel-Zellen)
eines an der Sproß-Spitze und das andere an der Wurzel-Spitze
einzelne Zellen bleiben absolut omnipotent und bilden die Spitzen von Zweigen, Nebenwurzeln und Knospen

Scheitel-Zellen teilen sich immer reihum in alle Richtungen



Scheitelzelle in Teilung (Ansicht von der Spitze aus)

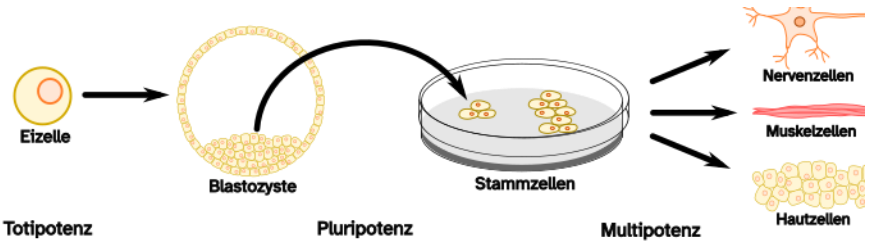




Gras-Blatt, quer
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)

3.2.2.1.2. Entwicklung und Differenzierung von Zellen in Tieren

die **Totipotenz** bestimmter Zellen ermöglicht die vollständige Bildung eines Organismus aus diesen Zellen
das betrifft vorrangig die befruchtete Ei-Zelle
die **Omnipotenz / Pluripotenz** bezeichnet die Möglichkeit noch zu allen Zellen / Zell-Typen eines Organismus auszudifferenzieren; die Entwicklungs-Möglichkeiten bestimmter embryonaler bzw. von Stamm-Zellen wird eingeschränkt bzw. ganz der Spezialisierung geopfert (aus Sicht der einzelnen Zelle problematisch → Wiedererlangung der Omnipotenz als cancerogene Zelle → Erfüllung des "evolutionären" Ziels der maximalen Verbreitung des eigenen Erbgutes (Theorie: "Das egoistische Gen")
Multi-Potenz
multipotente (Stamm-) Zellen können sich noch in verschiedene Zellen / Zell-Typen einer Linie entwickeln (Begrifflichkeit aufgrund moderner Forschungsergebnisse immer mehr umstritten)



Modell-Organismus kann hier der Süßwasser-Polyp *(g) Hydra* sein

besitzt vollständige Regenerations-Fähigkeit
aus abgetrennten Teilen (bis hin zu Einzelzellen) entwickeln sich wieder vollständige Polypen mit allen dazugehörenden Zell-Typen

- Haut- und Nähr-Muskel-Zellen
- Nerven-Zellen
- Sinnes-Zellen
- Drüsen-Zellen
- Freß-Zellen (mit Geißeln)
- Nessel-Zellen

und

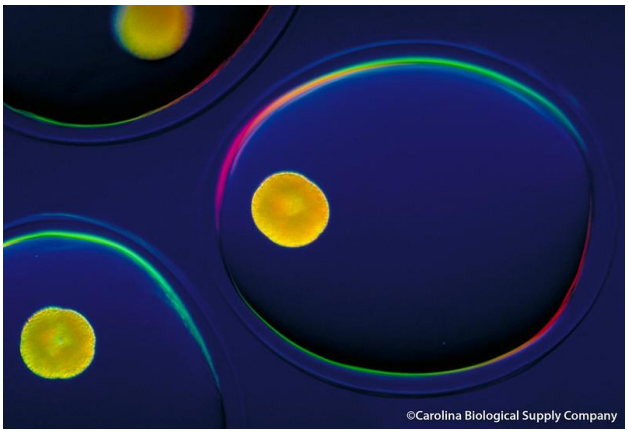
- Ersatz-Zellen

Steuerung der Zellen nach Teilung über Signal-Stoffe, die unterschiedliche Differenzierungen veranlassen

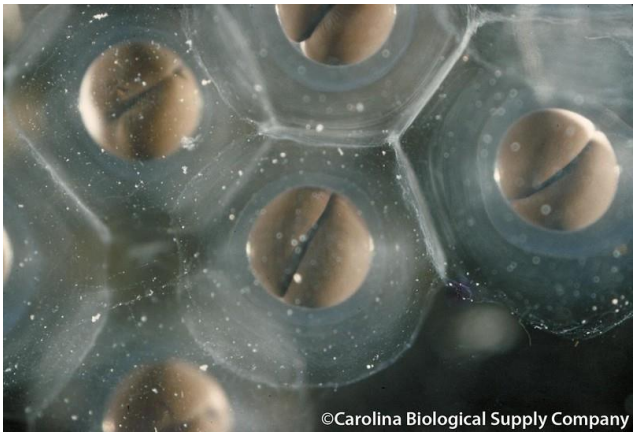
3.2.2.1.2.1. Ontogenese von tierischen Mehrzellern

Verteilung noch Teilungs-fähiger Zellen in den Geweben

Entwicklung aus der Zygote (befruchtete Eizelle) über mitotische Teilungen



Ei-Zellen einer Süßwasser-Schnecke
(im polarisierten Licht)
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)



2-Zell-Stadium (nach der 1. mitotischen Teilung)
Frosch
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)



16-Zell-Stadium
(Afrikanischer Krallenfrosch)
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)



Hühner-Embryo, 24 Stunden alt
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)

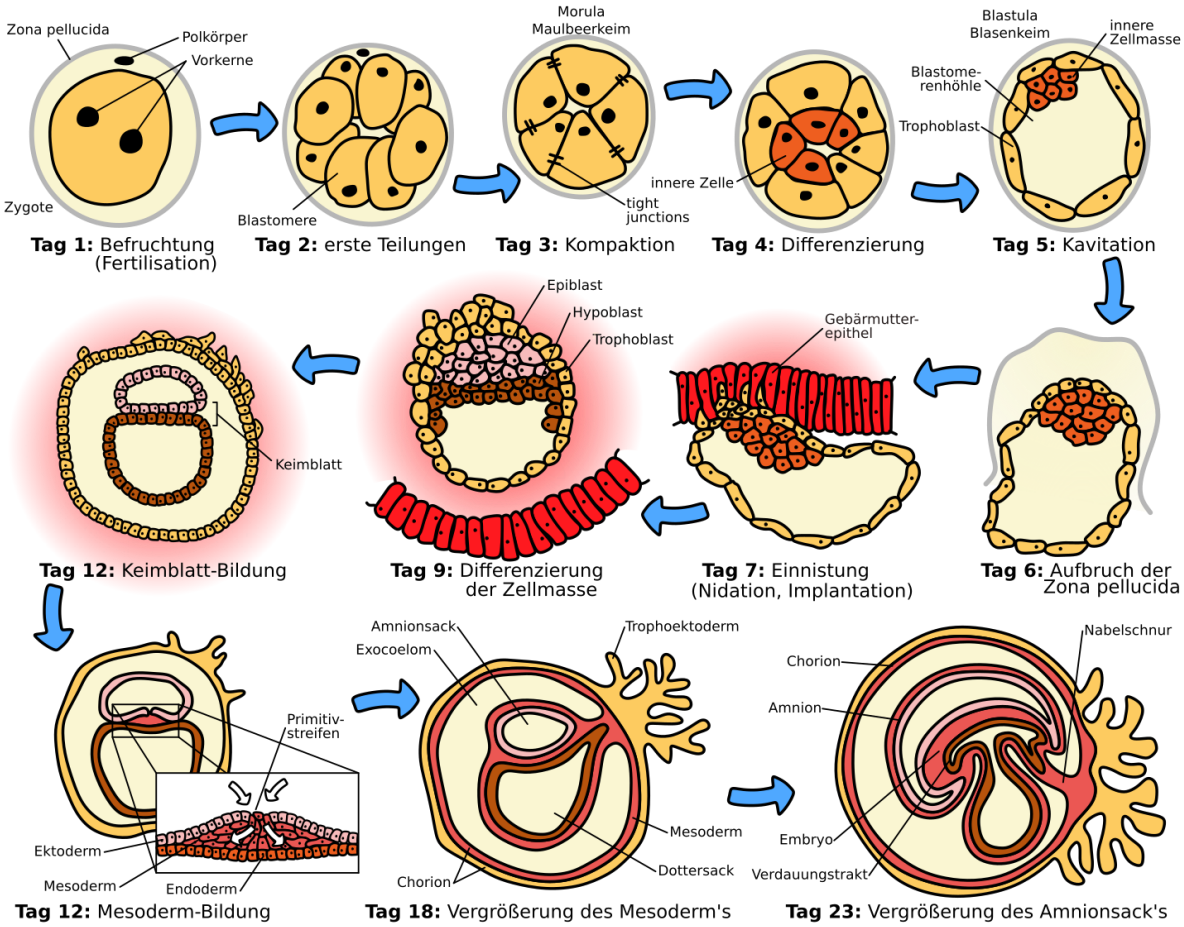


Hühner-Embryo, 6 Tage alt
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)



Hühner-Embryo, 14 Tage alt
Q: www.flickr.com (→ www.carolina.com)

3.2.2.1.2.2. Ontogenese des Menschen



Beginn der Ontogenese beim Menschen
Q: en.wikipedia.org (Zephyris); dt.: dre

interessante Links:
http://embryology.ch (fachlich tiefgreifende, aber verständliche Darstellung der menschlichen Embryo- und Organogenese)

3.2.2.2. Gewebe

Gewebe bestehen aus Zellen des gleichen Typ's.
z.B. Muskel-Gewebe, Leber-Gewebe

Oft sind einzelne Zellen noch Mitose-fähig. Ein der Tochter-Zellen behält meist ihre Teilungs-Fähigkeit. Die andere differenziert sich aus.
Im Gewebe bestimmen die Nachbarzellen ganz entscheidend die Entwicklung / Differenzierung der Zelle. In einem Leber-Gewebe wird sich nie eine Nieren-Zelle entwickeln.

3.2.2.3. Organ

Organe bestehen i.A. aus mehreren Gewebe-Typen, die eine räumlich und funktionell abgegrenzte Einheit bilden.

z.B. Muskel, Leber, Gehirn
Die Ausbildung / Differenzierung von Organen wird durch spezielle Schalter-Gene gesteuert. Sie initialisieren die quasi gleichzeitige Bildung mehrerer Gewebe und dem Zusammenschließen zu einem größeren - wesentlich Leistungs-fähigeren - System's.

3.2.2.4. Organsystem

Mehrere Organe können ein Organsystem bilden. Dabei werden i.A. bestimmte Funktionen in den Vordergrund geschoben.

z.B. Stütz- und Bewegungs-System, Verdauungs-System, Nerven-System
Die koordinierte Entwicklung und Differenzierung mehrerer Organe wird ebenfalls genetisch gesteuert. Mutationen können das Fehlen einzelner Organe bewirken. Solche Organismen sind selten so Leistungs-fähig, dass sie mit den gesunden Artgenossen konkurrieren können. Sie sind selten lange Lebens- bzw. dann auch Fortpflanzungs-fähig und quasi aus ökologischer und evolutionärer Sicht das Futter für die Fressfeinde.

3.2.2.5. Organismus

Echte mehrzellige Organismen ab einer bestimmten Größe bestehen aus mehreren Organen bzw. Organsystemen. Im Zusammenspiel aller Organe entsteht ein sehr Leistungs-fähiger Zell-Verband zum Zweck der effektiveren Fortplanzung / Evolution. Da alle Zellen genetisch gleichartig sind, bringt der Zusammenschluß und die Aufgabe der eigenen Fortpflanzungs-Ambitionen eine deutlich verbesserte Reproduktions-Chance.

Mensch (Mann) mit einem Gewicht von 70 kg besteht aus 36 Billionen (36'000'000'000'000) Zellen
Frau mit 60 kg aus 38 Billionen (36'000'000'000'000)

3.2.2.1.3. Entwicklung und Differenzierung von Zellen bei Pilzen

Schleimpilz *(s) Dictyostelium discoideum*
lebt normalerweise als Einzelzelle im Boden und bewegt sich Amöben-artig fort
bei Nahrungs-Mangel sammeln sich bis zu 50'000 Einzelzellen und bilden einen vielzelligen Organismus
zuerst ist es nur ein Zellhaufen aus Kolonie-artig verbundenen Zellen und differenziert sich dann zu einem echte Mehrzeller mit charakteristischer Form
einem Fuß, einem Ständer und einem Kopf
der Kopf ist eine Sporen-Kapsel, sie kann Sporen (eingetrocknete Einzelzellen) abgeben
die Sporen entwickeln sich bei einen Ausreichenden nahrungs-Angebot und genögend Wasser zu den Amöben-artigen Einzelzellen

4. kurze Geschichte der Zell-Lehre / Cytologie

Jahr Zeitraum	Name d. Gelehrten / Wissenschaftlers	Leistungen / Aussagen
1665	HOOKE	entwickelt das erste Mikroskop und beschreibt Zellen als Bausteine von Lebewesen
1674/80	VAN LEEUWENHOEK	beobachtet in seinem Mikroskop verschiedenste Einzeller
1831/33	BROWN	beschreibt als erster einen Zellkern in pflanzlichen Zellen
1838 1839 1858	SCHLEIDEN SCHWANN VIRCHOW	stellen die (allgemeine) Zell-Theorie auf (alle Lebewesen bestehen aus Zellen)
1857	KÖLLIKER	beschreibt Mitochondrien in Muskelzellen
1875	HERTWIG	beobachtet die Verschmelzung der Zellkerne bei der Befruchtung von *Seeigel*-Eiern
1879/82	FLEMMING	beobachtet "Kernfäden" bei der Spaltung von Zellen in *Salamander*-Larven
1881	CAJAL	entwickelt Färbe-Methoden für Nerven-Zellen und -Strukturen
1883	ROUX WEISMANN	Begriff Chromosom
1884	VAN BENEDEN	stellt bei Spulwurm-Keimzellen nur einfache Chromosomensätze fest
1890	HERTWIG	beschreibt Meiose-Vorgang
1898	GOLGI	färbt Zellen mit Silbernitrat findet die nach ihm benannten Strukturen (GOLGI-Apparat; Dictyosomen)
1902	*FISCHER* *HOFMEISTER*	*Proteine sind Polypeptide und somit Ketten von Aminosäuren*
1931	*KNOLL + RUSRA*	*bauen das erste Elektronen-Mikroskop*
1931	MCCLINTOCK CREIGHTON STERN	zytologische Aufkläruung des Crossing over
1938		Nachweis von crossing over beim Menschen
1952	PALADE PORTER SJÖSTRAND	entwickeln das Elektronen-Mikroskop und zugehörige Methoden sehen viele (makro-)molekulare Strukturen zum ersten Mal
1960	KENDREW	beschreibt von mehreren Proteinen die molekulare Strukturen
1965	DE DUVE	entwickelt Techniken zur Separation von Peroxisomen, Mitochondrien und Lysosomen
1968	PETRAN	entwickelt das erste Konfokal-Mikroskop
1974	LAZARIDES WEBER	benutzen fluoreszierende Antikörper zum Anfärben des Cytoskeletts
1977		Intron-Exon-Struktur eukaryotischer Gene
1994	CHALFIE	nutzen floureszierende Proteien zum Markieren und Verfolgen von Protein-basierten Vorgängen in lebenden Zellen

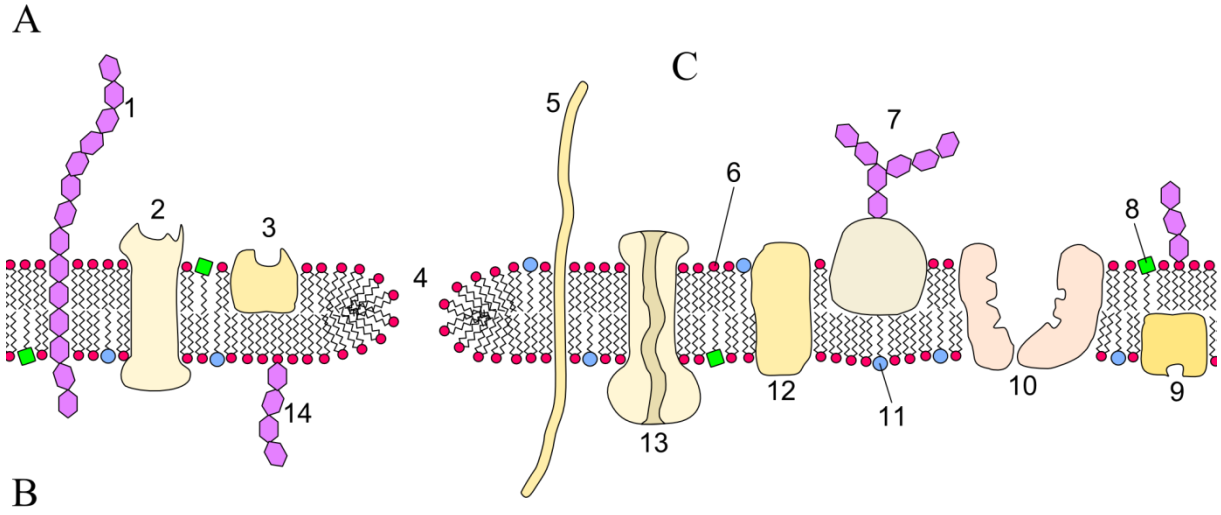
5. Schlusswort

Vielleicht erinnern Sie sich noch, dass Sie sich ganz vorne mit dem Thema "Leben" auseinandergesetzt haben. Eventuell gehörten Sie zu den Lesern, die den Abschnitt 0.2. Grenzfälle des Lebens übersprungen haben. Dann ist es jetzt Zeit nochmal dahin zurückzukehren und sich der Grenz-Diskussion zu stellen. Alle diejenigen, die den Abschnitt zwar gelesen, aber wenig verstanden haben, sollten Gleiches tun. Nun haben Sie die nötigen Vorstellungen und Fachkenntnisse, um die Diskussion selbst zu führen und sich einen eigenen Standpunkt zu entwickeln.

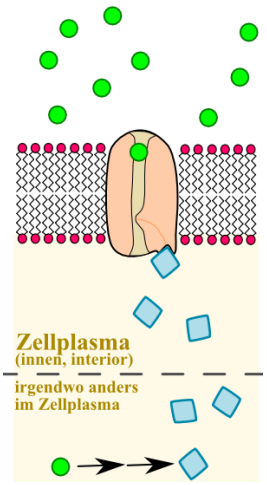
(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

komplexe Aufgaben (z.B. auch zur Vorbereitung auf eine Klausur)

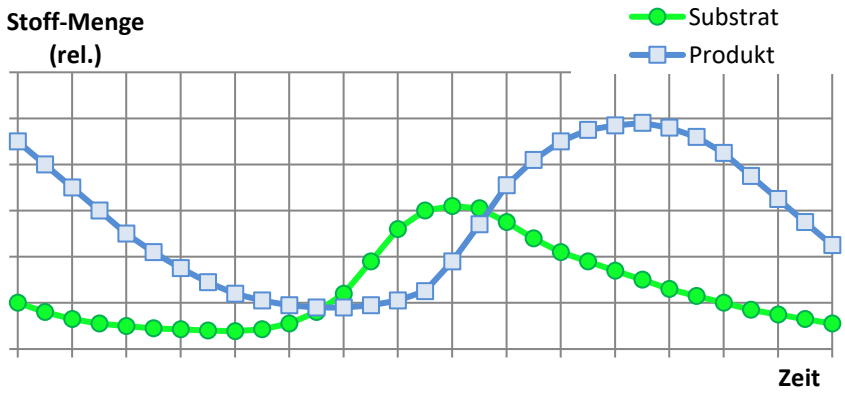
1. Füllen Sie umseitige Tabelle zurerst einmal nur aus dem Gedächtnis heraus aus!
2. Ergänzen Sie nun die Tabelle mit dem Wissen anderer Kurs-Teilnehmer oder verschiedener Literatur-Quellen (verzichten Sie möglichst auf dieses Skript!)!
3. Benennen Sie die mit Nummern und Buchstaben gekennzeichneten Teile eines Zell-Membran-Abschnittes (nachfolgende Abb.)!



4. Geben Sie für die folgenden Bestandteile die wichtigsten / zentralen Funktionen an!: 2, 6, 7, 8, 10, 13
   Erläutern Sie kurz (!) wie dieser Funktionen jeweils realisiert werden!
5. In einer Versuchs-Reihe hat man einen neu entdeckten Kanal beobachtet. Dieser lässt einen Stoff (grüne Kreise) passieren. Ein anderer Stoff (blaue Vierecke) blockiert den Kanal. Aus anderen Untersuchungen weiss man, dass der transportierte Stoff in einigen Reaktionsschritten in den zweiten umgewandelt wird. Dieser wird in weiteren Reaktionsschritten (langsam) in eine inaktive Substanz abgebaut und langsam von der Zelle abgegeben.

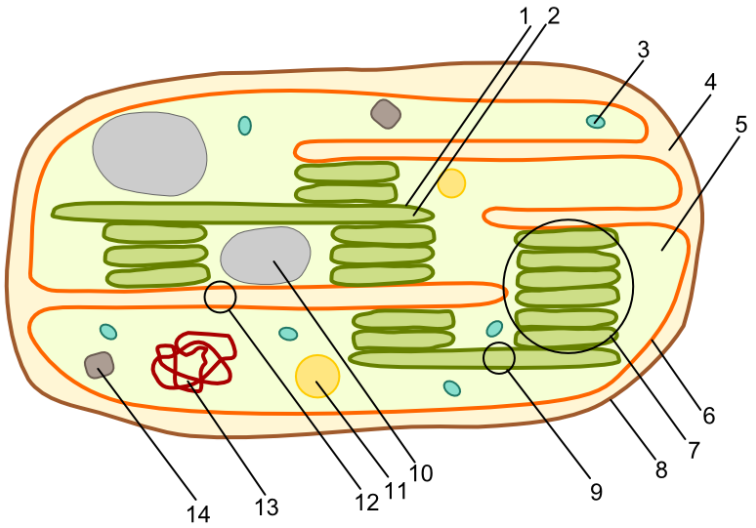


   a) Erläutern Sie das Regulations-Prinzip dieses Kanals!
   b) Interpretieren Sie das Diagramm! (Alle Stoff-Mengen wurden innerhalb der Zelle gemessen!)

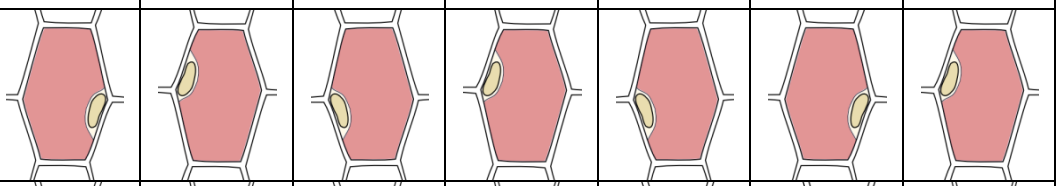
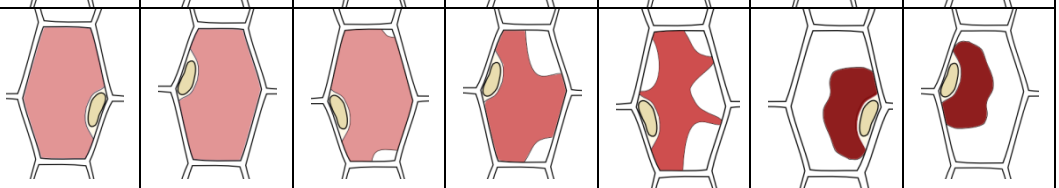
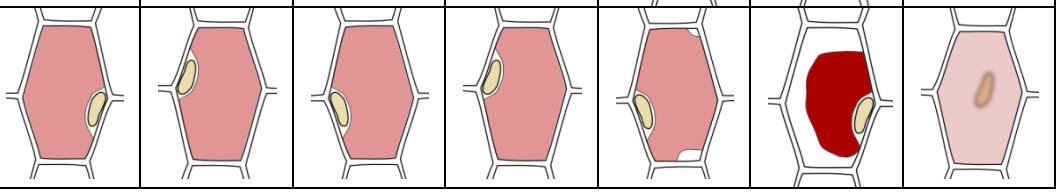


Objekt Kriterium	Bakterien	Chlamydien	Mykoplasmien	Pflanzen pflanzl. EZ	Pilze pilzliche EZ	Prionen	Rickettien	Tiere tierische EZ	Viren
Grund-Einheit ? zellulär									
? mehrzellig									
? Zellkern									
Zellwand ja / nein enth. Stoffe									
Zell-Organellen									
Selbstst. d. Energie-Gewinnung									
Selbstst. d. Protein-Synth.									
Ribosomen									
Vermehrung									
? Lebewesen (lt. Def.)									

6. Benennen Sie den abgebildeten Zell-Bestandteil! Bezeichnen Sie alle nummerierten Bauteile!



7. Eine Zelle enthält Chlorophyll und Stärke-Körner, aber keinen Zellkern. Um was für eine Zelle / einen Zelltyp handelt es sich bei der Zelle? begründen Sie Ihre Wahl!
8. In eucytischen Zellen lösen Mitochondrien in Mangel-Situationen (z.B. Sauerstoff) den programmierten Zelltod (Apoptose) aus. Welchen biologischen Sinn könnte das machen?
9. Warum lösen Mitochondrien niemals den programmierten Zelltod in einer Procyte aus?
10. Prüfen Sie, ob ein Chloroplast als lebendes Objekt in Frage kommt!
11. In einer Versuchreihe wurden farbige Pflanzenzellen unterschiedlich konzentrierten Glycerol-Wasser-Gemischen ausgesetzt. Dabei wurden die folgenden Beobachtungen aufgenommen:

Versuch	1	2	3	4	5	6	7
Glycerol-Anteil	0	10	20	40	60	80	100
Wasser-Anteil	100	90	80	60	40	20	0
Zelle vor Austausch des Mediums							
Zelle nach Austausch des Mediums							
Zelle nach Rücktausch des Mediums							

Interpretieren Sie die Beobachtungen! Welchem Zweck könnte die Versuchsreihe gedient haben?

12.

Literatur und Quellen:

/1/ CZIHAK, ... (Hrsg.):
Biologie-Springer-Lehrbuch.-Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verl.,1992.-5.korr.Aufl.
ISBN 3-540-55528-5

/2/ DE DUVE, Christian:
Die Zelle-Expedition in die Grundstruktur des Lebens.-Heidelberg: Spektrum d. Wiss.,1989
ISBN 3-992508-96-0

/3/ STRYER, Lubert:
Biochemie.-Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akad. Verl.1996, 4. Aufl. (1. korr. Nachdruck)
ISBN 3-86025-346-8

/4/ KLEINIG, Hans; SITTE, Peter:
Zellbiologie.-Jena: Gustav Fischer Verl., 1986.-2. neubearb. Aufl.
ISBN 3-334-00316-7

/5/ DI TROCCHIO, Federico:
Der große Schwindel – Betrug und Fälschung in der Wissenschaft.-Reinbeck bei Hamburg: Rowolt Taschenbuch Verl.; rororo; 2003.-2. Aufl.
ISBN 3-499-60809-X

/6/ STÖCKER,... (Hrsg.):
Brockhaus ABC Biologie 1+2.-Leipzig: Brockhaus Verl.,1986.-6.überarb. u. erw. Aufl.

/7/ LIBBERT, Eike:
Kompendium der Allgemeinen Biologie.-Jena: G. Fischer Verl., 1976, 1. Aufl.
(Anmerk. des Autors: sehr kompakte und breite Darstellung der verscheidenen Bereiche der Biologie, kein klassisches Lehrbuch, in allen Auflagen als Basismaterial aber sehr geeignet!)

/9/ LINDER,... (Begr.):
Biologie-Lehrbuch für die Oberstufe.-Stuttgart: Metzlersche Verlagsbuchh.,1991.-20.Aufl.
dazu: 21. neubearb. Aufl. 1998; ISBN 3-507-10580-2

/10/ JUNKER, Reinhard; SCHERER, Siegfried:
Evolution – Ein kritisches Lehrbuch.-Gießen: Weyel Lehrmittelverl.; 2006-6. akt. u. erw. Aufl.-
ISBN 3-921046-10-6
(Anmerk. des Autors: interessantes, lesenswertes Lehrbuch, vorbildliche Gestaltung und Bebilderung, aber nichts für Anfänger oder nicht vorgebildete Schüler, kein Lehrbuch für den Biologie-Unterricht!)

/14/ MÜNTZ, Klaus:
Stoffwechsel der Pflanzen – Ausgewählte Gebiete der Physiologie.-Köln: Aulis Verl. Deubner & Co KG; 1976
ISBN 3-7614-0267-8

/15/ WITKOWSKI, Regine; HERRMANN, Falko H.:
Einführung in die klinische Genetik.-Berlin: Akademie-Verl.,1982.-Wissenschaftliche Taschenbücher Band 171.-3.bearb. Aufl.

/16/ HAGEMANN, Rudolf, et al.:
Allgemeine Genetik.-Jena: G. Fischer Verl.,1984.-Studienreihe Biowissenschaften.-1.Aufl.

/17/ SCHEEL, Helmut; WERSUHN, Günter:
Genetik.-Potsdam:Wiss.-Tech. Zentrum der Päd. Hochsch.,1986.-Lehrmaterial zur Ausbildung von Diplomlehrern BIOLOGIE

/18/ MIRAM, Wolfgang; SCHARF, Karl-Heinz:
Biologie heute S II.-Hannover: Schroedel Schulbuchverl.; 1988.-Neubearb.
ISBN 3-507-10540-3

/19/ BERGAU,...:
umwelt biologie 7.-10. Schuljahr.-Stuttgart: Klett Schulbuchverl.,1990.-1.Aufl.

/20/ CLAUS, ...:
Natura-Biologie für Gymnasien Band 2-7.-10.Klasse.-Stuttgart, Düsseldorf, Berlin, Leipzig: Klett Schulbuchverl.,1993.-1.Aufl.
ISBN

/21/ BOSS, Norbert (Ltg.):
Lexikon Medizin – Körper & Gesundheit.-München, Wien, Baltimore: Urban & Schwarzenberg; Weyarn: Seehamer Verl.
ISBN 3-929626-45-4

/22/ PIECHOCKI, Reinhard:
Die Zähmung des Zufalls-Stabilität und Variabilität des Erbgutes.-Leipzig, Jena, Berlin: Urania.Verl.,1987.-Reihe: Wir und die Natur.-1.Aufl.

/23/ FALKENHAN (Hrsg.):
Handbuch der praktischen und experimentellen Schulbiologie-Biologische Quellen, Anhang zum Gesamtwerk.-Köln: Aulis Verl. Deubner,1976.-Band 5

/24/ GEISSLER,... (Hrsg.):
Kleine Enzyklopädie Leben.-Leipzig: Bibliogr.Inst.,1978.-2.durchges.Aufl.

/25/ HAFNER, Lutz; HOFF, Peter:
Genetik-Materialien für den Sekundarbereich II-Biologie.-Hannover: Schroedel Schulbuchverl.,1992

/26/ KINDL, Helmut:
Biochemie der Pflanzen.- Berlin, …: Springer Verl., 1991.- 3. Aufl.
ISBN 3-540-54484-4

/28/ BERRY, Stephan:
Was treibt das Leben an? – Eine Reise in den Mikrokosmos der Zelle.-Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verl., 2007 (rororo science)
ISBN 978-3-499-62257-1
(Anmerk. des Autors: sehr gute – locker und populär geschriebene – Einführung in die Physiologie der Zelle → sehr empfehlenswert!!!)

/29/ SYKES, Bryan:
Keine Zukunft für Adam – Die revolutionären Folgen der Gen-Forschung.-Bergisch Gladbach: G. Lübbe Verl., 2003
ISBN 3-7857-2119-6

/30/ STREMPELL, Walter; KOCH, Albert:
Elemente der Tierphysiologie – Ein Hilfsbuch für Vorlesungen und praktische Übungen an Universitäten und höheren Schulen sowie zum Selbststudium – für Zoologen und Mediziner.-Jena: Verl. v. G. Fischer, 1923.-2., neubearb. u. erw. Aufl.

/31/ RUCHELLA, Elke:
Biologie für Jederman.- Augsburg: Weltbild Verl.-Sonderausgabe
ISBN 978-3-8289-4245-5

/32/ WOLPERT, Lewis:
Wie wir leben und warum wir sterben - Das geheime Leben der Zellen.- München: Verl. C. H. Beck, 2009
ISBN 978-3-406-59165-5

/33/ SCHARF, Karl-Heinz; WEBER, Wilhelm:
Cytologie – Materialien für den Sekundarbereich II - Biologie.- Hannover: Schroedel Diesterweg Bildungsmedien, 1997
ISBN 3-507-10524-1

/34/ RAUCHFUß, Horst:
Chemische Evolution und der Ursprung des Lebens.- Berlin, Heidelberg: Springer Verl., 2013 (2005)
ISBN 978-3-642-12403-1

/35/ MARKL, Jürgen (Hrsg.); SADAVA, David; HILLIS, David; HELLER, H. Craig; HACKER, Sally:
Purves Biologie.- Berlin: Springer Spektrum Verl., 2019.- 10. Aufl.
ISBN 978-3-662-58171-1

/A/ Wikipedia
http://de.wikipedia.org

Die originalen sowie detailliertere bibliographische Angaben zu den meisten Literaturquellen sind im Internet unter http://dnb.ddb.de zu finden.

Abbildungen und Skizzen entstammen den folgende ClipArt-Sammlungen:

/I/ 29.000 Mega ClipArts; NBG EDV Handels- und Verlags AG; 1997

andere Quellen sind direkt angegeben.

Alle anderen Abbildungen sind geistiges Eigentum:

/II/ lern-soft-projekt: drews (c,p) 2006 - 2025 lsp: dre
für die Verwendung außerhalb dieses Skriptes gilt für sie die Lizenz:



CC-BY-NC-SA



Lizenz-Erklärungen und –Bedingungen: http://de.creativecommons.org/was-ist-cc/
andere Verwendungen nur mit schriftlicher Vereinbarung!!!

verwendete freie Software:

- **Inkscape** von: inkscape.org (www.inkscape.org)
- **CmapTools** von: Institute for Human and Maschine Cognition (www.ihmc.us)

Sachwort-/Stichwort-Verzeichnis / Register

1

10-nm-Filamente ... 263, 282

3

30 S-Einheit ... 320

5

50 S-Einheit ... 320
55 S-Ribosomen ... 320
55-S-Ribosom ... 286

6

60 S-Einheit ... 320

7

70 S-Ribosom ... 320
70 S-Ribosomen ... 320
70-S-Ribosom ... 286, 299

8

80 S-Ribosomen ... 139, 320
80-S-Ribosom ... 286

A

AcCh ... 179, 180, 229
AcCoA ... 260
Acetylcholin ... 179, 180, 229
Acetyl-CoA ... 260, 295
Acetyl-Coenzym A ... 260
ACh ... 229
Actin ... 216, 262, 265, 278, 279, 280, 281, 282, 327
Actin-Filamante ... 278
Actin-Filamente ... 262, 265, 278, 279, 327
Actin-Myosin-Filamente ... 216, 263, 280
Adhäsions-Protein ... 227
Adhäsions-Verbindungen ... 226
Adhering junctions ... 226
aerobe Dissimilation ... 294
Aktin-Filamente ... 262, 278, 279, 280
Aktivator ... 176, 209
aktive Transportproteine ... 183
Alkaloid ... 307
Alkoholdehydrogenase ... 61
Aminosäure ... 58, 307
Amylose ... 57, 302, 316
Anaphase ... 269, 270, 327, 332, 333
ANDERSON ... 273
Animalia ... 104, 105, 107
Anpassung ... 23, 29
Antibiotika ... 100, 101, 102, 118, 135
Antigen ... 118
Antikörper ... 59
Antiport ... 205, 216
Apoptose ... 296, 328, 335
Äquatorial-Ebene ... 326, 332
Archaea ... 104
Archaebacteria ... 104
Archaeobakterien ... 104, 118, 174
Arsen ... 80
Art ... 105
Arterioskerose ... 103
Assimilation ... 29, 302
Assimilationsstärke ... 316
Asternfasern ... 326
ätherische Öle ... 243
Atmungskette ... 217, 295, 296
ATPase ... 217, 294, 296
ATP-ase ... 216
ATP-Produktion ... 102
ATP-Spiegel ... 297
ATP-Synthase ... 61, 216, 294
ATP-Synthese ... 296
ATP-Synthetase ... 296
A-Tubulus ... 267, 271
Auflichtmikroskop ... 114
Ausgangstoff-Aktivierung ... 209
Autonomie ... 29
Autopoietische Systeme ... 39
AXELROD ... 94

B

Bakteriophage ... 91
Barten ... 282
Bastfaser ... 251
Baustoff ... 59
BERG ... 273
Bilayer ... 165
Bi-Layer ... 165
Bio-Katalysatoren ... 58
Biologie ... 14
Biomembran ... 167
Bivalente ... 332
Bläschen ... 122, 135, 165, 228, 231, 232, 235, 250, 259
Blattfarbstoff ... 298
Blutzucker-Regulation ... 177
Bombardierkäfer ... 261
Botenstoff ... 177, 229
BOVERI ... 325
Brenztraubensäure ... 295
BROWNsche Molekular-Bewegung ... 184, 217
Brutpflege ... 97
BTS ... 295
B-Tubulus ... 267, 271

C

Cadherin ... 226, 279, 282, 283
Calciumcarbonat ... 80, 322
Calcium-Ionen-Pumpe ... 216
Calciumoxalat ... 322
Carotin ... 303
Carotinoid ... 303

(c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Catenin 279
CAVALIER-SMITH 105
cccDNA 89
Cellulose 57
Centriol 133, 139, 269, 272
Centrosom 267, 269, 326
chemische Synapse 229
Chitin 122, 139, 144, 145, 242
Chlamydien 99, 102, 324, 361
Chlorophyll 145, 298, 299
Chloroplast 142, 298, 316
Cholesterol 164, 316
Chromatin 59, 250, 325, 326, 331, 332
Chromationfäden 251
Chromista 105
Chromoplast 303
Chromosom 59, 135, 138, 250
Chromosomen-Theorie 325
Cilie 269, 271
Citrat-Zyklus 295
Clathrin 232, 235
Colchicin 266, 268, 329
Connexin 228
Connexon 228
CORRENS 325
Cristae-Typ 294
C-Tubulus 268
Cystein 282
Cytokinese 147, 325, 327, 329
Cytologie 109
Cytoplasma ..122, 135, 138, 140, 150, 163, 188, 189, 226, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 259, 265, 272, 295, 298, 307, 310, 314, 321, 322
Cytosol 176

D

DARNIELLI 166
DARWIN 276
DARWINs Theorie 276
DAVSON 166
DAWKINS 96, 97
Dephosphorilierung 218
Deplasmolyse 188, 308, 314
Derivate 58
Desmin 282
Desmocollin 226
Desmoglein 226
Dictyosom 9, 133, 140, 257
Diessigsäure 322
differenziellen Zentrifugation 156
Differenzierung 9, 23, 29, 325, 328
Diffusion 184, 185, 186, 188, 195, 204, 205, 217
Dilayer 165
Di-Layer 165
Disaccharide 57
Dissimilation 29, 302
dissipative Systeme 25
DNA 59
DNS 59
Domäne 104, 105, 107, 118, 174, 176, 177, 179, 280, 281
Dominanz 96
Doppelhelix 278
Doppel-Lipid-Schicht 202, 232, 315, 316
Doppeltubuli 267
Dreifachzucker 57
Dublette 267, 271
Dunkelreaktionen 300
Duplette 267
dynamisches Gleichgewicht 200, 202, 207
Dynein 147, 266, 269, 271, 327
Dyneïn 262, 267

E

Echte Bakterien 104
Egoismus 96, 97
Eidotter 247
Ein-Chromatiden-Chromosom 326, 331
Einfachzucker 57
Eiweiße 56, 58
Eiweiß-Synthese 321
Eizelle 96, 250, 325, 331, 333
Eizellen-Mutterzelle 331, 333
Eklipse 87
elektrische Synapse 228
Elektronenmikroskop 167, 256, 284, 294
Elektronen-Mikroskop 91, 118, 132
Elementar-Körperchen 102
EM 132
Endköpfchen 229
Endocytose 183, 231, 232, 235
Endoplasmatisches Retikulum ... 133, 150, 167, 186, 200, 216, 235, 242, 251, 254, 256
Endosymbionten-Theorie 101, 286, 287, 288, 289, 293
Endosymbiose 286, 287, 288
Endprodukt-Hemmung 209
Endprodukt-Regulation 209
Endsymbionten-Theorie 288
Enzym .. 58, 61, 87, 89, 102, 178, 179, 216, 218, 219, 232, 259, 261, 295, 296, 300
Enzymsystem 287
ER 133, 256, 257
Erbanlage 325
ergastisch 315
ERLENMEYER 8
Eubacteria 104
Eubakterien 102, 105
Eucyta 104, 107
Eucyte .. 101, 121, 139, 140, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 287
Eukaryonta 104, 107
Eukaryot 287
Eukaryota 104, 107, 121
Exocytose 101, 183, 235, 257, 258

F

F-Aktin 278
Familie 94, 105, 107
Farb-, Duft- und Geschmacksstoffe 56
Farbstoff 307
Fette 56
Fettsäure 57, 58, 147, 164, 295
Fett-Tröpfchen 135, 322
FEULGEN-Färbung 250, 329
Filament-Filz 279
Fimbrin 279
FISCHER 23
Flagellen-Motor 272
Flagellin 272, 275
Fleckfieber 101

Flimmer-Epithel ... 271
fluid mosaic model ... 167
Fluoressenz-Mikroskopie ... 265
Fluß-Diagramm ... 212
Flüssig-Mosaic-Modell ... 200
Flüssig-Mosaik-Modell ... 167, 199
fraktionierte Zentrifugation ... 155
Freß-Bakterie ... 287
Fungi ... 104, 105

G

GABA ... 229
G-Actin ... 278, 279
G-Aktin ... 278
Gameten-Mutterzelle ... 331
Gammaproteo-Bakterie ... 80
gap junctions ... 228
Gattung ... 104, 105, 107, 174
Geißel ... 135, 262, 269, 271, 272, 273
Gel ... 247, 248, 249, 254, 284
Gelantine ... 284
Gen-Expression ... 87, 89
Geologie ... 104
Gerbstoff ... 243
gesteuerte Tunnelproteine ... 183
GFAJ-1 ... 80
Glia-Zelle ... 229
Globuli ... 299
Gluconeogenese ... 260
Glucose ... 57, 61, 139, 178, 188, 189, 195, 244, 280, 295, 300, 302, 307, 316
Glutamat ... 229
Glycerol ... 57, 58, 163, 164, 174, 189, 190, 195, 244, 307
Glycin ... 229, 260
Glycocalyx ... 231, 232
Glycogen ... 316
Glycogen-Körperchen ... 316
Glycolyse ... 295
Glycolyx ... 167
Glycoside ... 163
Glykolipide ... 163
Glykoproteine ... 163
Glykosid ... 307
Glyoxisom ... 260
Glyoxylat-Zyklus ... 260
GOLGI-Apparat ... 133, 139, 140, 150, 167, 232, 235, 242, 254, 257, 258, 259, 318, 327
GOLGI-Körper ... 257
GOLGI-Vesikel ... 257
GORTER ... 165
G-Protein ... 177, 178
Gradient ... 206
GRAM ... 100, 101, 118, 120, 123
GRAM-Färbung ... 100, 118, 120, 123
GRAM-negativ ... 101, 118
GRAM-positiv ... 118
Grana ... 299
GRENDEL ... 165
GTP ... 269, 295

H

HAECKEL ... 104
Hämoglobin ... 61
Hand-over-Hand ... 267
Harz ... 243
HECHTsche Fäden ... 248, 307
Helikalisierung ... 278
Helix ... 266, 278, 282, 283
Hemicellulose-Fibrillen ... 242
Hemmstoff ... 176, 208, 329
Hemm-Stoff ... 208
Hetero-Dimer ... 217, 266, 267
Histon ... 320
HIV ... 89, 297
hochreaktive Peroxide ... 296
Hof-Tüpfel ... 244
Holzstoff ... 242
Homogenisat ... 155, 156
HOOKE ... 109, 114
Hormon ... 59, 178
Horn ... 282
Hornhaut ... 102, 282
Hufe ... 282
Hydrochinon ... 261
Hydrolyse ... 174, 284, 300
Hydroxylysin ... 283
Hydroxyprolin ... 283
Hyphe ... 144
Hyphen ... 251

I

Immunität ... 23
Immunzelle ... 297
Infektions-Zyklus ... 86
Informations-Stoff ... 59
Inhibitor ... 176
Initialisierung ... 87
Initialstoffreserve ... 302
Injektion ... 87, 89
Injektions-Apparat ... 91
Insekten-Staat ... 97
Insulin ... 59
integrales Protein ... 179
Integration ... 87, 89
intermediär ... 263, 282
Intermediär-Filament ... 282
Intermediär-Filamente ... 263, 282
Intermediärraum ... 294
Intermembranzone ... 299
Interphase ... 269, 326, 327, 328
Intron ... 138
Ionen-Kanäle ... 179, 229
Isopren ... 174

K

Kalium-Kanal ... 204
Kalmar ... 318
Kanal-Protein ... 180, 206, 209
Kapsid ... 91
Karbol-Gentianaviolett ... 120
Katalase ... 259, 260, 261
Keratin ... 282, 283
Kernäquivalent 86, 89, 117, 135, 136, 138, 139, 145, 250, 251
Kern-Äquivalent ... 117, 135, 138
Kernkörperchen ... 251, 326
Kernteilung ... 251, 256, 262, 328
Kernteilungs-Vorgang ... 325

Kinesin 262, 266, 267, 268
Kinetochor 326
Kinetochore 269
Klasse 105, 107, 155, 364
KOCH 8, 365
Kohlenhydrat 307
Kohlenhydrate 56, 57
Kokken 101, 118, 120
Kollagen 61, 283, 284
Kommunikation 23, 225, 318
Kompartiment 247
Kompartimente 247, 254
Kompartimentierung 121, 147, 254
Kompartimentierungssystem 256
Kompartmentierung 121, 139
Komplexität 25
kontraktile Vakuole 310
Konvektion 186
konvex 307
Konzentrationsausgleich 180, 184, 185, 186, 188
Konzentrations-Ausgleich 200, 208
Kooperation 90, 96, 97
Kopf-Domaine 281
Kopf-Domäne 280
Korkstoff 243
Kraftwerke der Zellen 139
Kreatin 59
Kreationismus 276
Krebs 297, 335, 336
Kuckuck-Kinder 97

L

Laubfarben 298
Leben 23
Leitbündel 316
Leitenzym 259
Leit-Enzym 259
Leukoplast 302, 316
Lichtatmung 260
Licht-Mikroskop 114
Lichtreaktionen 300
Lignin 242, 243
LINNAEUS 106
LINNÉ 106
Lipid-Tröpchen 316
Lipid-Tröpfchen 316
Lipoide 163, 164, 174
Lipophore 318
Lumen 248, 299, 307, 308, 314
Luxus-Stoffwechsel 243, 322
Lyse 88, 89, 101
lysogener Zyklus 87, 89
Lysosom 133, 232, 259
Lysozym 87

M

MacKINNON 204
Makrofilament 266
Makrophage 287
MARGULIS 286
Matrix 294, 295, 299
MATURANA 39
Mehrfachzucker 57
Meiose 86, 147, 324, 325, 331, 333, 338
Melanin 318
Melanophore 318
Membran-assoziiertes Protein 168
Membranfluss 147, 167, 174, 205
Membranmodell 166
MENDEL 325
Messenger 176, 177, 178, 179
messenger RNA 252
Metaphase I 332, 333
Metaphase II 333
Micelle 165, 322
Microbodie 259
Microbody 142
Microtubuli 262
Mikrofilament 278
Mikropartikel 316
Mikrotubuli . 133, 147, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 282, 326, 329
Milch 235
Milch-Drüsen 235
Milchröhre 251
Mineralstoffe 56
Minus-Ende 266, 267, 269, 279
Mitose ... 86, 147, 251, 266, 269, 270, 324, 325, 326, 327, 328, 330, 331, 332, 338
molekulare Fossilien 92
molekulare Handlanger 101
Monolayer 174
Mono-Layer 164
Monomer 179
Monosaccharide 57
Monosom 321
mRNA 147, 252, 321
MTOC 266, 269
Mureïn 102, 135, 136, 174
Muskel- oder Leber-Stärke 316
Mutation 208
Mycel 122, 144
Mycoplasmen 99
Myosin 216, 262, 278, 280, 281
Myosin-Filamente 280
Myzel 122

N

Nägel 282
Nähr-Lösungen oder –Platte 118
Na-K-Pumpe 217
Namen von Wissenschaftlern oder Autoren 8
Natrium-Kalium-Pumpe 61, 217, 218, 221
negative Rückkopplung 209
Neurotransmitter 229, 230
Nexin 271
nichtproteingebundene Transportvorgänge 189
NICOLSON 167
Noradrenalin 229
Nucleinbase 59
Nucleïnsäuren 56
Nucleoli 251
Nucleolus 251, 326

O

Oligosaccharide 57
Oogenese 333
Oozyte 331

Ordnung 25, 29, 105, 107
organische Säure 307
Ornithose 103
Osmose 183, 188, 195, 205
Ovarium 331
Oxalsäure 23, 322

P

Paläonthologie 104
panachiert 299
Pantoffeltierchen 114, 310, 312
Papageien-Krankheit 103
Paralleltextur 242
Paramecium 310
paraplasmatisch 315
Parasit 91
passive Transportproteine 183
PCR 100, 102
Pectinsäure 242
Pektin 242
Penetranz 96
Penetration 87
Penicillin 100
Peptidoglykan 102, 120
Perlschnur 321
Permeation 183, 184, 186, 188, 195, 205
Peroxidase 261
Peroxisom 133, 142, 260
Peroxysom 260
Pest 275
Phage 91
Phagocytose 231, 287
Phosphatase 259
Phospholipide 58, 163, 164, 165, 166, 232
Photo-Respiration 260
Photosynthese 57, 142, 243, 260, 285, 287, 300, 301, 316
Pigmentgranula 318
Pili 135
Pilus 135
Pinocytose 231
Plantae 104
Plaque 123, 226
Plasma-Brücke 135
Plasmalemma 138, 150, 163, 167, 168, 199, 307, 308, 314, 318
Plasmamembran 167
Plasmid 89
Plasmolyse 188, 244, 248, 308, 314
Plus-Ende 279
Polyglucaronsäure 242
Polymerase Chain Reaction 102
Polymerase-Ketten-Reaktion 100, 138
Polypeptidkette 321
Polysaccharide 57, 163
Polysom 321
Postsynapse 229
Präsynapse 229
Primärwand 242
Primodialwand 242
Primordialwand 242, 327, 329
Prion 93
Procyta 104
Procyte 117, 118, 135, 138, 145, 147, 148
procytische Zelle 91
Prokaryont 118, 147, 148, 320
Prokaryonta 104
Prokaryot 104, 118
Prokaryota 104
Prophase 326, 328, 332, 338
Proplastid 285
Protein-Biosynthese 86, 320, 321
Protein-gebundene Transportvorgänge 183, 199
Protein-Molekül-Komplex 205
Protista 104
Protofibrille 282
Protozoa 104, 105
pulsierende Vakuole 310
Pyrovat 295

Q

Quartär-Struktur 93
Quer-Teilung 101

R

Raster-Elektronen-Mikroskop 132
Reduktions-Teilung 325, 331
Regulations-Typ 208
Reife-Teilung 325, 331
Reizbarkeit 23, 163
Reizstoff 176
Replikation 86, 87, 331
Replikationsphase 326
Retrovirales Erbmaterial 89
Rezeptor 59, 61, 86, 176, 177, 178, 179, 180, 229
Rezeptor-Domäne 176
Ribonucleinsäure 135, 320
Ribosom 61, 133, 320, 321
ribosomale Ribonucleinsäure 320
Ribozym 92
RICKETTS 101
Rickettsien 99, 101, 324
RNA 59, 61, 96, 135, 147, 320
RNA-Polymerase 61
RNS 58, 59, 84, 87, 92, 135, 320, 321
RÖNTGEN 8, 91
ROS 296
rote Blutkörperchen 165, 328
roter Blutfarbstoff 61
rRNS 320

S

Saccharose 57
Sacculi-Typ 294
Salmonellen 80, 275
Salz 307
Samenzelle 96, 325, 331
Samenzellen-Mutterzelle 331, 333
Sandwich-Modell 166
SCHEELE 23
Schlüssel-Schloß-Prinzip 86, 176, 178, 206, 231
Schluß-Leisten 227
Schwanz-Domäne 280, 281
schwerlösliche Salze 322
se/erCaATPase 216
Sediment 155
Sekret 318
Sekrete 235, 257, 318

 (c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Sekundär-Struktur 93
Sekundärwand 242
Selbstorganisation 23, 29
selbst-reproduzierendes System 25
SERCA 216
Serotonin 229
Serovare 102
Signalstoff 176
Siliciumdioxid 322
SINGER 167
Singulette 269
SKOU 216
Sol247, 248, 249, 254, 284
Speicherorgan 302
Speicherstärke 316
Spermatozyte 331
Spermiogenese 333
Spindelapparat 139, 266, 269, 270, 332, 333
Spindel-Apparat 262, 266, 268
Spindelfaser 270, 326
Spore 101
Stäbchen 101, 117, 118, 120
Stamm 105, 107
Stärkekörner 299, 316
Stoff- und Energiewechsel 23, 295, 296, 300, 320
Streuungstextur 242, 243
Stroma 299, 300
Stromathyllakoid 299
Suberin 243
Subfaser A 267
Subfaser B 267
Subfaser C 268
Substrat 144, 176, 177, 178, 202, 208, 209, 211
subzelluläre Partikel 83
Super-Helix 282
SUTTON 325
SVEDBERG 156
Symbiose 79, 287, 291
symbiotisch 91
Symport 205
Syncytien 251
Synzytium 122, 144

T

TATA-Box 87
Taxon 106
Telophase 327, 328, 332, 333
Tertiär-Stoffe 243
Tertiär-Stoffwechsel 243
Tertiärwand 243
Testes 331
Thylakoid 299
Tight junctions 227
Träger der Erbinformation 325
Transkription 87
Trans-Membran-Transport 183
Transmissions-Elektronen-Mikroskop 132
Transmitter 180, 228, 229, 230, 257
Transport-Protein 202, 206, 327
Traubenzucker 57
Triebkraft der Evolution 97
Trimere 283
Trisaccharide 57
Tubulin 265, 266, 267, 269, 272, 282, 326, 329
Tugor 150, 163, 189, 307
Tumor-Supressor-Gen 335
Tunnel-Elektronen-Mikroskop 132
Tunnelprotein 204
Tüpfel 142

U

Umdrehungen pro Sekunde 156
Umgebungsmedium 308
Undulipodien 271
Uniport 205

V

Vakuole 122, 142, 145, 150, 167, 188, 244, 248, 307, 308, 310, 312, 313
VAN-DER-WAALS-Kräfte 58, 163, 164
VARELA 39
Vererbung 23, 325
Verhalten 23, 102, 165, 180
Vermehrung und Fortpflanzung 23
Vesikel 122, 231, 232
Vielfachzucker 57
Villin 279
Vimentin 282
Vinculin 278
Vincullin 279
Viren-DNS 61
Viriod 92
Virus 84, 86, 87, 88, 89, 102, 297
Vital-Farbstoff 231
Vitamine 56

W

Wachstum und Entwicklung 23
Wächter-Gen 335
Wärmebewegung 184, 185, 188, 217
Wasser 56
Wassereinstrom 308
Wasserstoffperoxid 259, 261
Wimpern 271
WOESE 104
WÖHLER 23

X

Xanthophyll 298, 303
X-Form 326

Z

Zellbiologie 109, 363
Zellenlehre 109
Zellkern 59, 86, 89, 101, 104, 117, 121, 122, 138, 139, 145, 250, 251, 252, 282, 287, 288, 291, 298, 314, 321, 328, 361
Zellmembran 86, 87, 88, 101, 121, 135, 138, 145, 150, 163, 166, 167, 174, 176, 186, 188, 189, 199, 204, 225, 228, 231, 232, 235, 242, 247, 248, 256, 257, 265, 272, 278, 282, 327, 332, 333
Zellorganelle 285
Zellplasma-Brücken 248
Zellsaftraum 307
Zellskelett 122, 150

 (c,p) 2008 - 2025 lsp: dre

Zell-Skelett 140, 226, 227, 265, 268
Zelltod 251, 296, 297, 328, 335
Zellulose 122, 144, 145, 242, 243
Zellwand 87, 88, 91, 100, 101, 102, 120, 122, 135, 136, 138, 139, 142, 144, 145, 174, 188, 189, 227, 242, 243, 244, 265, 273, 307, 308, 322, 361
Zell-Zell-Abdichtung 227
Zellzyklus 147, 250, 328
Zentrifuge 156, 157
Zentrosom 332
Zitronensäure-Zyklus 260, 295
Zitronensäure-Zyklus-Äquivalent 260
Zonula adherens 279
Zuckeralkohol 307
Zwei-Chromatiden-Form 326, 332
Zweifachzucker 57
Zwei-Phasen-System 164
Zytologie 109
zytopathischen Effekte 88
Zytoplasma 122, 150, 226, 326

□

□-Actinin 279
□-Helice 282

□

□□Aminobuttersäure 229

⊞- (c,p)1998 - 2025 lern-soft-projekt: drews -⊟
⊞- drews@lern-soft-projekt.de -⊟
⊞- http://www.lern-soft-projekt.de -⊟
⊞- 18069 Rostock; Luise-Otto-Peters-Ring 25 -⊟
⊞- Tel/AB (0381) 760 12 18 FAX 760 12 11 -⊟