

# Biologie I

## B) Zytologie (=Zellehre, Zellbiologie) bei Norbert Sauer

[www.biologie.uni-erlangen.de/mpp/index.shtml](http://www.biologie.uni-erlangen.de/mpp/index.shtml) oder [www.MPP-Erlangen.de](http://www.MPP-Erlangen.de)

Hier sind auch Lehrpläne zu allen Veranstaltungen zu finden, auch die Diplomprüfungsordnung ...  
Sprechstunde: Dienstag Nachmittag

Als begleitendes Buch wird der kleine Alberts empfohlen.

Es werden besprochen:

Makroskopischer und mikroskopischer Aufbau von eukaryontischen (Pflanzen, Pilze, Tiere) und prokaryontischen (Eubakterien, Archaeobakterien) Zellen, so wie die Funktionen der einzelnen Zellbestandteile.

Geschichtlicher Überblick über die Zytologie und ihre Technische Entwicklung:

... Transmissionselektronenmikroskopie durchdringt das Material, im Ggs. zum REM, dessen Strahlen die Materie nicht durchdringt; das neueste ist das Fluoreszenzmikroskop, bei dem die Grenzen zwischen Licht- und Elektronenmikroskop verwischen. Das Fluoreszenzmikroskop hat den Vorteil, dass keine Aufwendigen Präparate hergestellt werden müssen, ja sogar lebende Zellen betrachtet werden können, d.h., man hat die Möglichkeit, Vorgänge zu Filmen und Bewegung und Interaktion zu Beobachten. Man nutzt aus, dass mit spezifischen Wellenlängen bestimmte Valenzelektronen bestimmter Moleküle angeregt werden können und beim zurückspringen Lichtquanten in Form von Fluoreszenz abgeben, d.h. sie leuchten und sind gut zu erkennen. so kann man sogar chemische Verbindungen sichtbar machen!!

Das gleich gibt's dann neuerdings auch mit verschiedenen Laserarten; mit solch einem Mikroskop kann man dann dreidimensional durch eine Zelle scannen; stapelt der Computer die Einzelaufnahmen, so ergibt sich eine 3-D Darstellung. Ein solches Mikroskop kostet derzeit eine halbe Million Euro ...

Man sollte von folgenden Größen eine Vorstellung haben, wenn man sich mit Zellen, etc. beschäftigt:

1mm (10<sup>-3</sup>m)  
1µm (10<sup>-6</sup>m)  
1nm (10<sup>-9</sup>m)  
1Armstrong (10<sup>-10</sup>m)

### I. Zellwände bzw. extrazelluläre Matrix

Diese beiden Begriffe können eigentlich synonym verwendet werden, doch verwendet man im allgemeinen den Begriff Zellwand eher für Pflanzenzellen.

Die Zellwand oder die extrazelluläre Matrix bestimmt ganz klar die Eigenschaft eines Gewebes!

Die ist z.B. sehr einsichtig, betrachtet man einen Querschnitt durch unsere Nasenscheidewand, in der sich Knorpel, Drüsen und Epithel befinden. Die drei Gewebsarten unterscheiden sich in erster Linie durch ihre extrazelluläre Matrix.

#### **Tiergewebe:**

Nerven,  
Muskel,  
Blut, Lymphe,  
Bindegewebe (Knochen, Knorpel,  
Weichere)  
Epithel (ein-/zweischichtig, wenig  
extrazelluläre Matrix, Gewebe von  
Zelle selbst gebildet)

Zelle  
↓  
Gewebe  
↓  
Organ

#### **Pflanzengewebe:**

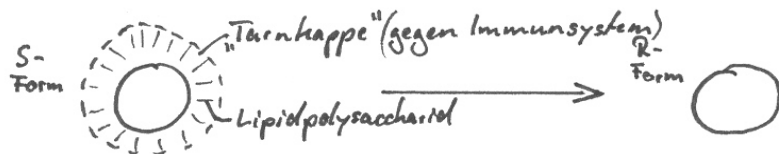
Photosynthetisches Gewebe,  
Epidermen (≡ Epithel),  
Phloem (Bast),  
Xylem (Holz),  
Kollenchym,  
Sklerenchym (tote, harte Zellen),  
Speichergewebe.

In einem Organ kommen verschiedene Gewebsarten vor!

Um die Wichtigkeit der extrazellulären Matrix nochmal zu betonen, hier ein Beispiel, in dem es tatsächlich lebensentscheidend sein kann,

von welchem Bakterium (S-/R-Form) man in der Lunge besiedelt wird ...;

S-Form glänzt in der Petrischale => Smooth, die R-Form dagegen erscheint in der Petrischale als Rough.

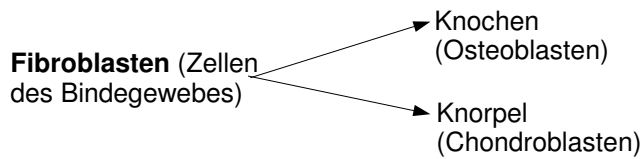


Mit einem Versuch mit diesen beiden Bakteriensorten hat Avery bewiesen, dass die DNA Träger der genetischen Information ist ... (s.z.B. auch Bio-Heft)

**1. Die extrazelluläre Matrix der Tierzelle**

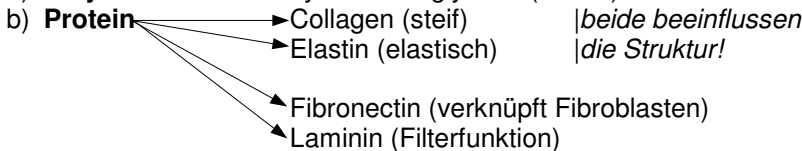
Ursprünglich ging man davon aus, dass die einzige Funktion der extrazellulären Matrix die Stabilisation der Zelle wäre; tatsächlich ist dies aber:

- Zellbewegung
- Entwicklung
- Zellform
- Funktion



Extrazelluläre Matrix besteht aus zwei Komponenten:

a) **Polysaccharide** -> Glykosaminoglykane (GAGs) **S.649 Alberts**

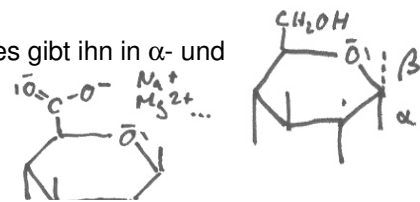


a) **Polysaccharide:** (sauer)

Glucose als der Grundbaustein aller Saccharide sollte bekannt sein, es gibt ihn in  $\alpha$ - und in  $\beta$ -Konformation (s. Abb. ganz rechts)

GAGs sind in aller Regel  $\beta$ -1-4 Polysaccharide

sauer: Glukuronsäure: (s. Abb. rechts, Glukose mit Säuregruppe) zu der Acidität kommt noch dazu, dass die ganzen OH-Gruppen der Zucker partiell geladen sind.



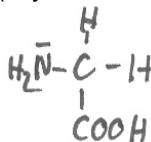
Beides zusammen führt dazu, dass diese Moleküle sehr stark hydratisiert werden (Wasser soll ja möglichst nicht aus dem Knorpel spritzen, wenn man ihn belastet ...). Das Wasser ist also gut gebunden!

Glycosaminoglycane:

- Dermatan
- Hyaluronan **s. S. 649-S.650 Abb.** das Grundprinzip wissen, wie's aufgebaut ist! dieses Molekül hat räumliche Ausdehnung, er hängen wiederum verzweigte Verzweigungen an der Hauptkette ...

b) **Protein** als Biologe sollte man alle 20 Aminosäuren samt Eigenschaften und Strukturformeln können, besser noch: beherrschen!

- **Collagen** (Gly - X<sub>1</sub> - X<sub>2</sub>)<sub>n</sub>



Collagen bildet keine  $\alpha$ -Helices, noch bildet es  $\beta$ -Faltblattstrukturen aus. Statt dessen bildet es eine sehr enge Aufwicklung aus, so dass sic dann wieder drei Moleküle zusammenlagern können **s.S.161 + S.165 Abb.5-21**

Unter den Basen X<sub>1</sub> und X<sub>2</sub> kommt besonders häufig

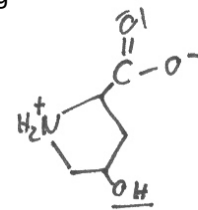
Hydroxyprolin (Prolin wird codiert vom Gen und

dann auch eingebaut, danach allerdings umgebaut) vor. Die OH-Gruppe ist zum einen polar und zum anderen ist sie eine reaktive Gruppe, an der z.B. Zucker angehängt werden können. Collagen ist von einer dicken Zuckerhülle umgeben! Dies macht das Molekül außerdem noch ziemlich starr!

Es gibt viele verschiedene Collagene bzw. Collagentypen!

verlassen die Zelle -> Fibrillen mit „Abstandshalter-Collagen“ um Zelle herum! **s.**

**Abb. S.646** Die „Abstandshalter-Collagen-Sorte“ ist Typ IV Collagen, das ca. wie folgt aussieht: (Fibrillen-assoziiertes Collagen)



Collagentypen:

- fibrilläres Collagen
- Fibrillen-assoziiertes Collagen
- **Netzwerkbildendes Collagen** bildet ebene Netzwerke, die Enden ohne „Knubbel“ ragen aus der Ebene und ermöglichen Verbindungen mit anderen Ebenen!

ungewöhnliche Helix wird innerhalb der Zelle produziert, schließt sich zu Tripelhelix zusammen, verlässt die Zelle und schließt sich außerhalb mit weiteren Tripelhelices zusammen.

- **Elastin** (bildet keine langen Fibrillen aus)

- nicht glykosiliert
- relativ hydrophob (wenig Ladungen, nicht stark hydratisiert)

s.S.165, Abb. 5-21

- **Fibronectin** (verknüpft Fibroblasten)

s.S. 648, Abb. 19-14

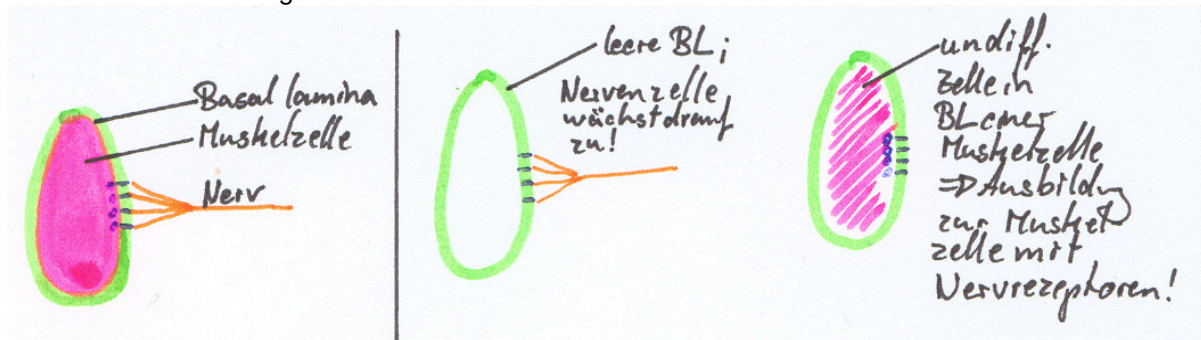
- dimeres Protein (2 Komponenten aus einem Gen! unterschiedliches Spleißen!)
- V-förmiges Protein
- unterschiedliche Bindungsstellen (collagen, cell, neparin bindings)
- in allen Zellwänden zu finden

- **Laminin**

- trimeres mit unterschiedlichen Bindungsstellen --> starke Interaktion!!
- nur in bestimmten Zellwänden, in der basal lamina (s.S.652 Abb. oben) (spezielle Art extrazellulärer Matrix mit Filterfunktion; bei der Bildung ist z.B. auch Netzbildendes Collagen dabei)

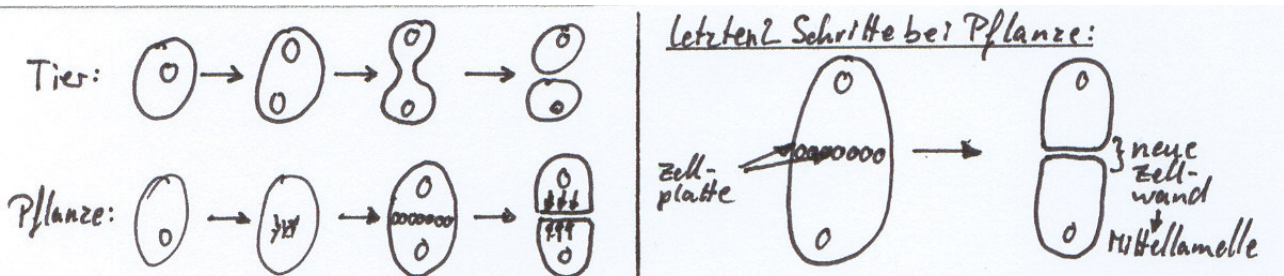
Abschließend kann man zu den obigen Proteinen äußern, dass die ersten beiden strukturgebende Proteine sind, die letzteren beiden dagegen sind für die Vernetzungen innerhalb der Zellwand zuständig.

Die basal lamina hat wichtige Funktionen!



**2. Die Zellwand der Pflanzen (& Pilze)**

Sie ist in Schichten aufgebaut! Dies kommt von dem anderen Teilungsmechanismus im Vergleich zur Tierzelle:

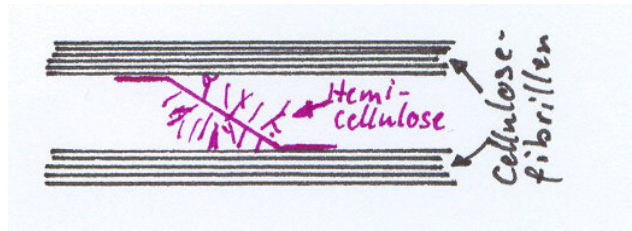


Bei der Pflanzenzelle muss nach der Teilung jede der entstandenen Tochterzellen etwas ausscheiden (s. Pfeilchen in den Abbildungen, die andeuten sollen, dass bestimmte Stoffe ausgeschieden werden, also die Plasmamembran verlassen), dass die Zellwand dicker und stabiler wird; so kommt es zu dem schichtigen Aufbau der pflanzlichen Zellwand.

**Bildung oder Aufbau der geschichteten Zellwand: s. auch Abb.19-5, S.640**

- Mittellamelle** enthält Pektine (saure Polysaccharide: Polyuronsäure => stark hydratisiert, Ionenreiche Umgebung, Pektin nämlich extrem negativ geladen; Pektine sind im Gelierzucker ...)
- Primärwand** enthält noch wenig Cellulose, Hemicellulose und Pektin.
  - **Cellulose**  $\beta$  1, 4 verknüpfte Glucose => lineares Molekül s. Voet S.220ff  
Cellulose wird in der Plasmamembran synthetisiert, und zwar wird es nach außen hin synthetisiert; außerhalb der Zelle lagern sich dann sofort mehrere Stränge zusammen und bilden wirklich dicke „Seile“ aus, mit denen die Zelle regelrecht verschnürt wird.
  - **Hemicellulose**  $\beta$  1, 4 verknüpfte Glucose, also auch linear, allerdings mit seitlichen Abzweigungen von anderen Zuckern; das Molekül ist sehr viel kürzer als die Cellulose.  
Vergleicht man die Abbildung rechts mit der Abbildung von Kollagen mit Fibrillen assoziiertem Kollagen (im Kopf), so stellt man das gleiche Grundprinzip, jedoch mit völlig unterschiedlichen Molekülen fest; im Fall der Pflanzenzelle handelt es sich um Zucker, im Fall der Tierischen Zelle handelt es sich um Proteinbausteine!!!

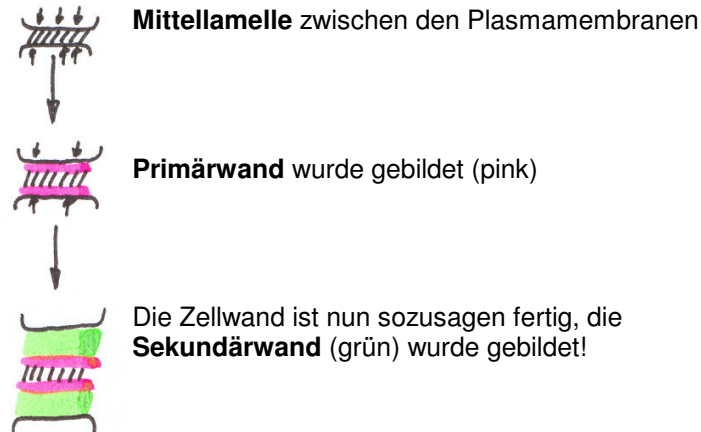
Die Cellulose liegt in der Primärwand und kreuz und quer, die Moleküle sind relativ kurz --> Streutextur, die Zelle ist noch formbar.



### c) **Sekundärwand**

Es kommen vor: hauptsächlich Cellulose und weniger Hemicellulose

Sie besteht aus langer Cellulose-Paralleltextur, die die Zelle völlig verschnürt! Die Zelle ist in ihrer Form nun fest! Durch Ablagerung der Cellulosefibrillen --> Formgebung **s. Abb. 19-6, S.641**



Überall sind Proteine zu finden!

### **Proteine**

Hydroxyprolinreiche Glykoproteine (HRGPs)

- Extensine, da sie erst am Ende des Dehnungswachstums in der *Sekundärwand* auftauchen und die Zelle zusätzlich versteifen.

Von der Grundstruktur ähnlich wie das Collagen [Collagen: (Gly-X-X)<sub>n</sub>] – *repetitive Units, so kann man in der Regel sagen sind ein Hinweis auf strukturegebende Proteine* –, nämlich:

Ser-Pro-Pro-Pro-Pro (alles mit OH-Gruppe: Ser sowieso, Pro ist Hydroxyprolin) => dicke Zuckerhülle => vor Proteasen geschützt!

- Lignin kommt in der Sekundärwand bestimmter Zellen vor.

Polyphenol, also extrem lipophil!!!

Pflanzen bauen Röhren bzw. Leitgefäße nicht mit Zellen, die einen Hohlraum umwachsen, sondern indem lange Zellen abgetötet werden, die dann von den anderen Zellen isoliert werden, so dass nichts mehr durch die Zellwand gelangt, was durch Lignin-Einlagerung geschieht! (Einlagerung = Selbstmord)

Grundbausteine sind: Phenylalanin/Thyrosin **alle 20 AS, die Du eh kennen solltest: s.S.66** Ähnlichkeit von den beiden erwähnten beachten!

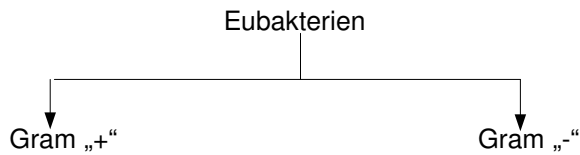
Die Synthese der meisten Komponenten erfolgt im Golgi-Apparat **s.S.15, Abb. 1-16**. Die in der Zelle gefertigten Moleküle werden in die Zellwand ausgeschieden (Bläschen wandern zur Membran ...).

Cellulose dagegen wird in der Pflanzenmembran synthetisiert! **s.S.642, Abb.!**

Rosettenkomplex (aus sechs Einheiten) in der Plasmamembran. Diese Rosettenkomplexe sind in der Membran nicht frei beweglich, sondern sind über Mikrotubuli an der Membran fixiert.

=> Die „Bewegung“ der Mikrotubuli bestimmt die Art und Weise, wie die Cellulosebündel dann liegen! -> In der Primärwand liegen die Mikrotubuli kreuz und quer unter der Plasmamembran, bei der Sekundärwand dagegen liegen die Mikrotubuli völlig parallel unterhalb der Plasmamembran.

### **3. Die Zellwand von Bakterien (prokaryontische Zellen)**



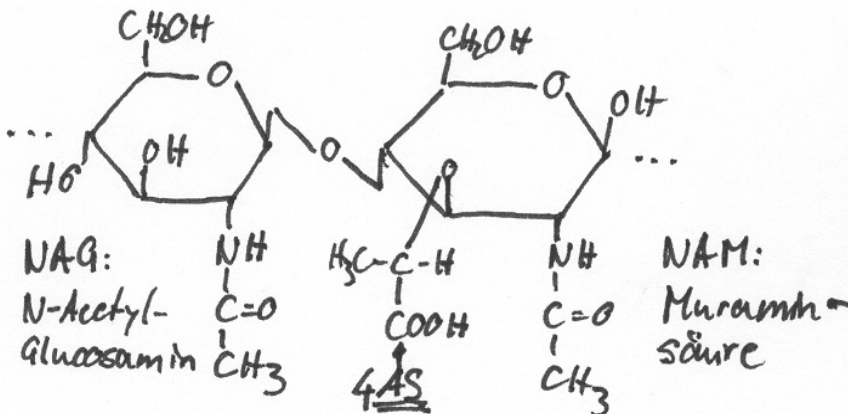
- Archebakterien  
 -> halophil (salzliebend)  
 -> thermophil (Opt. bis 110°C)  
 -> hohem Druck  
 -> acidophil

Letztlich gibt es im Groben drei verschiedene Sorten von Bakterienzellwänden:

von	gram +	gram -	Archaebakterien
Plasmamembran ----->	PM	PM	PM
nach	(Farbe bleibt drin -> +)	(Farbe auswaschbar -> -)	(extremophile)
↓	Murein (enorm dick) teilweise Teichonsäuren eingewoben	Murein (dünn)	Pseudomurein
aussen!	teils Schleime	äußere Membran aus ganz ungewöhnlichen Komponenten!	S-Layer (Surface) -> Proteine

**Murein** = Proteoglycan, sauer

- $\beta$  1,4 Polysaccharid
- Seitenketten von Peptiden (4 AS lang)  
wobei hier seltsamerweise auch d-AS vorkommen!!



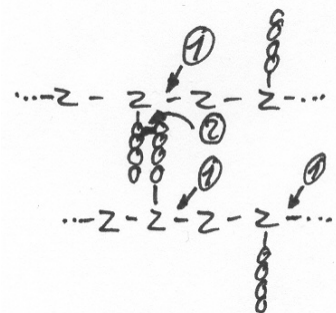
Die links dargestellte Einheit ist die biosynthetische Einheit, d.h. in dieser Form wird das Molekül synthetisiert. Diese biosynthetische Einheit verlässt dann das Zellinnere und polymerisiert außerhalb!

Gram + und Gram - unterscheiden sich in den 4 Aminosäuren!

Die einzelnen Polymeren Stränge können dann über die Aminosäuren nochmals miteinander interagieren, sie

vernetzen. So ist letzten Endes das gesamte Murein eines solchen Bakteriums ein einziges Molekül!

Hier setzen auch viele Antibiotika an, indem sie, wie z.B. Penicillin die Transpeptidase hemmen so dass die Bindungen zwischen den Aminosäuren (in der Abb. Bindung Nr. 2) nicht geknüpft werden können. Dies ist für das Bakterium nicht so toll, weil bei dem Bakterium durch das Zellwachstum ein Innendruck entsteht, der normalerweise durch das Murein kompensiert wird, ist das Murein nicht tüchtig, platzt das Bakterium ... (†)



In unserer Tränenflüssigkeit so wie in Schleimhäuten, etc. haben wir Lysozym. Lysozym spaltet  $\beta$  1,4 Bindungen (in der Abb. Bindung Nr. 1). Lysozym kann also richtig Bakterien killen (Todesursache ist dieselbe wie oben), wohingegen Antibiotikum nur verhindern kann, dass neue Bakterien entstehen (Mureinsynthese wird durch Penicillin verhindert)!

Das Lysozym (1922) und das Penicillin (1928) wurden beide von Sir Alexander Fleming entdeckt und beschrieben.

### **Pseudomurein**

- keine Muransäure, sondern andere Zuckersäure
- nicht  $\beta$ 1,4 sondern  $\beta$ 1,3 verknüpft --> gekrümmtes Molekül
- hier werden (so wie wir es von uns gewohnt sind) nur L-AS verwendet

## Die äußere Membran von gram – Bakterien

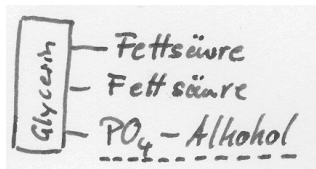
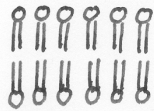
Es handelt sich hier um das einzige Beispiel, in dem eine Membran außerhalb der Zelle vorkommt!

im Prinzip ist diese Membran so aufgebaut, wie die Biomembran, also doppelschichtig; wird sie im Labor entfernt, wird sie wiedergebildet!

- Funktion:
  - \* Schutz gegen Verdauungsenzyme
  - \* Schutz gegen Gallensäuren
  - \* Schutz gegen Detergentien
  - \* Regulation der Außenbedingungen an der Plasmamembran

### - Komponenten:

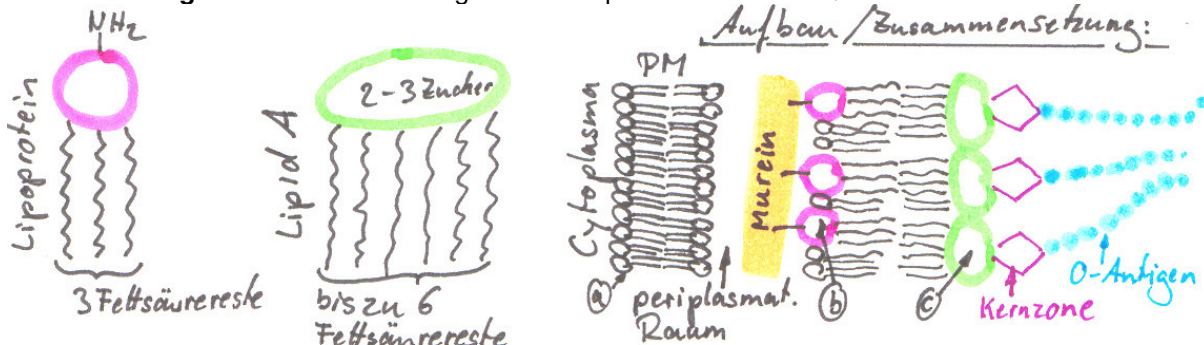
#### a) Phospholipid



Die gestrichelt unterstrichene Gruppe ist hydrophil, der Rest lipophil!

Die Fettsäurereste geben den Link zur Innenseite, der Phosphat+X-Rest gibt den Link nach aussen!  
**s.Voet, S.241ff**

**Abbildung** mit verschiedenen folgenden Komponenten und mit Querschnitt!



Erläuterungen zu dem rechten Teil der Abbildungen, dem Querschnitt:

PM = Plasmamembran; a, b, c sind die vorher bzw. im Folgenden aufgeführten Komponenten; das Murein ist hier recht dünn;

Kernzone (Core-Oligosaccharide) --> besteht nur aus Zuckern, ca. 10-20!

O-Antigen: Eine blaue Kugel: bestimmte Zahl, auf bestimmte Art verknüpfte Zucker. Der („Kugel-“) Schwanz ist dann extrem lang!

#### b) Lipoprotein s. **Abbildung oben**

#### c) Lipid A s. **Abbildung oben**

An den Lipid A – Molekülen: Kernoligosaccharid

Gram – Bakterien unterlaufen häufig unser Immunsystem, da die Ketten außen alle paar Generationen (eine Generation dauert ca. 20s) wechseln und variieren und dieser Wechsel schneller geht, als sich unser Immunsystem darauf einstellen kann!

S-Form: mit Zuckerschwänzen

R-Form: ohne Zuckerschwänze

#### d) Poren-bildende Proteine in der OM (outer membrane)

Sie werden als Porine bezeichnet, sie sind OMPs (outer membrane protein).

Es seien 2 Beispiele aufgeführt: OmpC (kleine Pore) und OmpF (größere Pore)

Porine sind meistens  $\beta$ -Faltblatt ( $\beta$ -Barrel), der Durchlass funktioniert durch freie Diffusion.

Die  $\beta$ -Barrel liegen immer als „3er-Pack“, als Trimeres vor. **s.S.161, S.383 unten**

Ob große oder kleine, also OmpC oder OmpF Poren vorhanden sind, ist steuerbar, es ist abhängig von der Stoffkonzentration außen ...

Der Durchmesser ist ca. 1nm, so dass Moleküle mit 600-700 Dalton noch hindurchpassen (H<sub>2</sub>O hat z.B. 18Da)

### ***Proteine in der Bakterienzellwand***

- periplasmatische Proteine
- S-Layer-Proteine (bei bestimmten ...)

## **II. Die Plasmamembran**

Sie stellt bei allen Zellen die Grenze zwischen Zellinnerem und Umgebung dar, sie ist extrem flexibel!

## **III. Text**