

## Fragenkatalog

### Wundverbandssysteme:

- 1) Was ist die Definition einer chronischen Wunde? Was ist charakteristisch dafür?

Chronische Wunden sind sekundär heilende Wunden, welche trotz fachgerechter Wundbehandlung innerhalb von 4-12 Wochen keine Tendenz zur Heilung zeigen. Dabei können sie chronische Wunden jederzeit aus einer akuten Wunde heraus entwickeln. In den meisten Fällen sind chronische Wunden jedoch das letzte Stadium einer fortschreitenden Gewebszerstörung (insbesondere durch Erkrankungen der Beinvenen und Störungen der Blutversorgung). Charakteristisch für eine chronische Wunde ist eine übermäßige Entzündungsreaktion und eine erhöhte Konzentration von wundheilungshemmenden Matrixmetalloproteasen (MMPs).

- 2) Was sind die drei häufigsten chronischen Wunden?

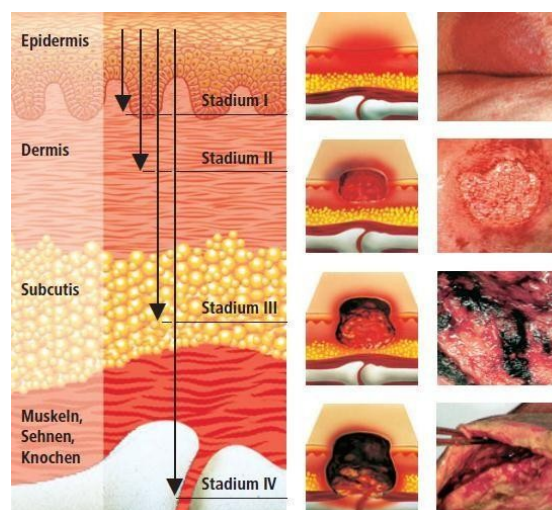
Dekubitus, Ulcus cruris und Diabetisches Fußsyndrom

- 3) Was ist ein Dekubitus? Wie entsteht er?

Ein Dekubitus ist ein Druckgeschwür oder auch Wundliegeneschwür. Er entsteht wenn ein Patient aufgrund von Immobilität auf den immer gleichen Körperstellen liegt, wodurch diese über einen langen Zeitraum einem Druck ausgesetzt sind. Die Kombination aus Druck und Zeit führt zu einer Komprimierung der versorgenden Blutgefäße, was wiederum zu einer Mangeldurchblutung des Gewebes führt. Diese führt zu einer Weitstellung der Gefäße, was Flüssigkeitsaustritt begünstigt. Schließlich führt dieser Flüssigkeitsaustritt zu einer Ödem-, Blasenbildung und Gefäßthrombose. Ursachen für einen Dekubitus sind reduzierte Mobilität, Reibung, Altersschwäche, Feuchtigkeit (z.B. durch Transpiration), Harn- bzw. Stuhlinkontinenz, Adipositas, Unterernährung, Stoffwechselerkrankungen (Diabetes mellitus)

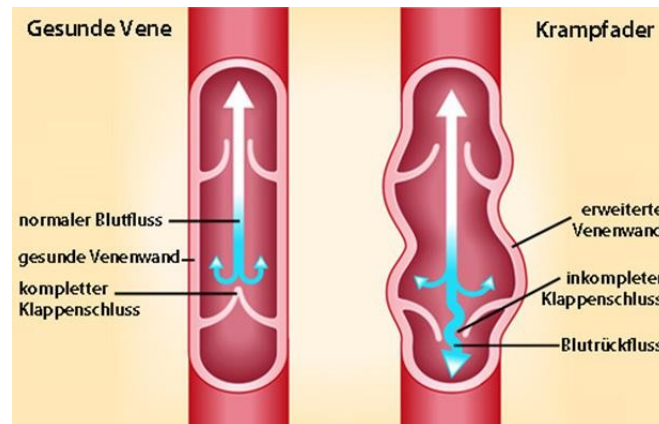
- 4) In welchen vier Stadien kann sich ein Dekubitus befinden?

- a) **Stadium I:** Hautrötung, Überwärmung der Haut, Verhärtung, Ödem, nur Epidermis betroffen
- b) **Stadium II:** oberflächliches Ulkus, mit Verletzung der Dermis
- c) **Stadium III:** Schädigung aller Hautschichten, tiefes, rotes, offenes Geschwür, Gefahr durch Infektionen!
- d) **Stadium IV:** Hautverlust mit Nekrosen, Schädigung der Muskeln, Sehnen und Knochen, Gefahr durch Infektionen!



## 5) Was ist ein Ulcus cruris venosum?

Ein Ulcus cruris venosum ist ein Beingeschwür am Unterschenkel („offenes Bein“). Die Ursache ist eine chronisch venöse Insuffizienz (CVI), also eine chronische Venenschwäche. Dabei ist die Venenwand mangels Steifigkeit erweitert, wodurch die Venenklappen nicht mehr richtig schließen und es zu einem Blutrückfluss/Blutstau kommt. Dieser Blutstau wiederum führt zu Ödemen, schädigt die Kapillaren, führt zu Entzündungen und schließlich zu einer Minderversorgung des Gewebes, was schließlich zu Nekrosen führt.

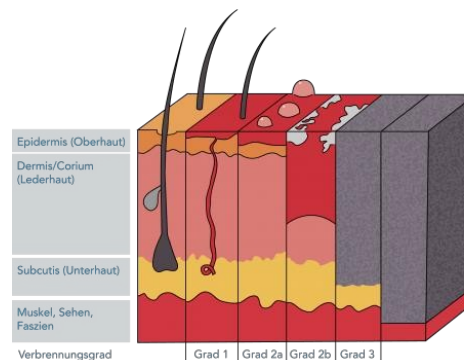


## 6) Was ist das diabetische Fußsyndrom? Was sind Ursachen und Folgen?

Das diabetische Fußsyndrom tritt bei 2-10% der an Diabetes mellitus Erkrankten auf und ist eine häufige Spätkomplikation bei Diabetes mellitus. Die Ursache ist eine Polyneuropathie, also ein fehlendes Schmerzempfinden. Dadurch werden „Fehler“ nicht durch Schmerzen erkannt und es kommt zu offenen Wunden und peripheren Durchblutungsstörungen. Eine mögliche Folge, je nach Schweregrad, ist eine Amputation von Zehen, Fuß oder gar den ganzen Unterschenkel. Weitere Risikofaktoren sind ein fortgeschrittenes Alter, ungeeignetes Schuhwerk, Rauchen, Alkoholmissbrauch, Adipositas und eingeschränkte Beweglichkeit.

## 7) Was bestimmt den Grad einer Verbrennungswunde? Was sind charakteristische Merkmale einer Verbrennungswunde?

Der Grad einer Verbrennungswunde wird durch die Höhe der Verbrennungstemperatur und der Dauer der Einwirkung bestimmt. Charakteristisch für eine Verbrennungswunde ist die Schädigung der Blutkapillare (→ Plasmaverlust → Verbrennungsödem → Schock), totes nekrotisches Gewebe (→ Nährboden für Keime) und eine i.d.R. großflächige Wunde (→ Infektionsgefahr).



### 8) Was ist eine trockene Wundbehandlung? Was ist deren Funktion und Anwendung?

Bis in die 1960er Jahre war die trockene Wundbehandlung das Mittel der Wahl zur Behandlung aller Wunden. Typisches Kennzeichen ist die Schorfbildung. Heutzutage wird sie nur noch in der Erste-Hilfe-Versorgung akuter Wunden, bei primär heilenden Wunden und ggf. bei Wunden in der abschließenden Epithelisierungsphase angewendet. Die Funktion ist der Schutz vor mechanischer Belastung (Polsterung), der Schutz vor Sekundärinfektionen und die (begrenzte) Aufnahme von Blut und Wundexsudat. Nachteile der trockenen Wundbehandlung sind der häufige Verbandwechsel und die Verklebungsgefahr bei schwach exsudierenden Wunden. Bei der Verklebung kann das neu gebildete Gewebe zerstört werden, was den Heilungsprozess verzögert.

### 9) Was ist eine feuchte Wundbehandlung? Wann wird sie empfohlen und was sind die Vorteile?

Bei der feuchten Wundbehandlung werden hydroaktive Wundauflagen verwendet, welche die Wunde beim Heilungsprozess feucht halten. Diese Methode wird bei chronischen Wunden, sekundär heilenden Wunden, infizierten Wunden, Wunden mit Nekrosen und fibrinbelegten Wunden dringen empfohlen. Vorteile der feuchten Wundbehandlung sind unter anderem die geringere Anhaftung des Verbandes an der Wunde. Dadurch hat der Patient weniger Schmerzen und ein geringeres Infektionsrisiko beim Verbandwechsel. Außerdem wird kein Schorf gebildet, was das Narbenrisiko verringert. Die feuchten Verbände können, da sie nicht anhaften, länger auf der Wunde verweilen, was die Anzahl der Verbandwechsel reduziert. Desweiteren begünstigt das feuchte Milieu das Einwandern von heilungsfördernden Zytokinen und Wachstumsfaktoren, was eine schnellere Wundheilung bewirkt. Insgesamt verkürzt sich dadurch die Behandlungsdauer und das autolytische Débridement wird unterstützt (Entfernung von Nekrose von fibrinöse Beläge)

### 10) Wieso muss eine Wunde gereinigt werden?

Bevor eine Wunde mit Wundverbänden versorgt wird muss die Wunde gereinigt werden. Dabei werden Schmutz, Fremdkörper, Keime und Eiter mechanisch mit sterilen, physiologischen Spüllösungen entfernt. Auch können Antiseptika, also Desinfektionsmittel für die Wunde, eingesetzt werden. Dadurch soll der Wundheilungsprozess unterstützt und eine Infektion verhindert werden.

### 11) Was ist Débridement?

Mit Débridement wird die Entfernung von abgestorbenem Gewebe (Nekrosen), infiziertem Gewebe, Fibrinbeläge, Biofilmen und Schorf bezeichnet. Dabei gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Mechanisches Débridement: Ablösen mittels angefeuchteten Kompressen, speziellen Reinigungspads
- Chirurgisches Débridement: Abtragen von nekrotischem Gewebe mittels Skalpell, Ringkürette, Wasserstrahl
- Autolytisches Débridement: Eigenschaft des Körpers, abgestorbenes Gewebe selbst aufzulösen. Voraussetzung ist ein physiologisches Milieu in der Wunde (feuchte Wundbehandlung!)
- Enzymatisches Débridement: Zugabe von Enzympräparaten, welche das autolytische Débridement unterstützen
- Ultraschall-Débridement: Ultraschallsonde 22,5-25 kHz mit Spüllösung
- Biochirurgisches Débridement: Larven-/Madentherapie

## 12) Wie funktioniert die Madentherapie?

Bei der Madentherapie werden Maden der Goldfliegenart in eine sekundäre Wunde gegeben. Diese ernähren sich ausschließlich von abgestorbenem Gewebe und entfernen mit ihrem Verdauungssekret Nekrosen und Fibrinbeläge. Desweiteren sondern sie antibakterielle Wirkstoffe ab und verschieben den pH-Wert der Wunde in den alkalischen Bereich, was ebenfalls das bakterielle Wachstum hemmt. Außerdem befinden sich in ihrem Verdauungssekret Wachstumsfaktoren, welche das Fibroblastenwachstum stimulieren.

## 13) Was sind Anforderungen an ein ideales Wundverbandssystem? Welche werden von heutigen erfüllt?

- Trockene Wundbehandlung:
  - Schutz vor mechanischer Belastung
  - Aufnahme von Wundexsudat
  - Schutz vor Wärmeverlust
  - Biokompatibilität, Hautfreundlichkeit
  - Fremdkörperbarriere
  - kein Fusseln
  - ggf. Träger für Arzneimittel
- Moderne Wundversorgung mit hydroaktiven Wundauflagen:
  - Exsudatmanagement (nicht zu nass, nicht zu trocken=)
  - Förderung der feuchten Wundheilung
  - physiologisches Wundmilieu über einen längeren Zeitraum
  - Unterstützung des autolytischen Débridement
  - Keimbarriere, Vermeidung einer Sekundärinfektion
  - Gasdurchlässigkeit
  - Vermeidung von Wundanhaftung → atraumatischer Verbandswechsel
  - gute thermische Isolierung
- Aktive, therapeutische Wundauflagen:
  - wundphasengerechte Anwendung
  - mit Zusatzfunktionen, therapeutischen Effekten
  - aktiv wundheilungsfördernd

## 14) Was gibt es für Wundauflagen für die traditionelle trockene Wundbehandlung?

- Mullkompreßse=Gaze=Verbandmull:
  - Gewebe aus saugfähiger Baumwolle oder Viskose
  - mehrfach gelegt oder gefaltet
  - hohe Saugkraft, bis zu 20% Feuchtigkeitsaufnahme
- Vliesstoffkompressen:
  - aus Baumwolle, Viskose oder synthetischen Fasern (PA, PES, PP) oder Fasermischungen (meist 2/3 Viskose und 1/3 PES)
  - sehr saugfähig, weich und drapierfähig
  - für akute Wunden mit starker Sekretion
  - Saugkompressen: Vlieskompressen mit Superabsorber
  - preiswert
  - auch mit Fettsalbe gegen Wundanhaftung (Fettgaze)
- Verbandwatte:
  - übereinandergeschichtete Flore von Baumwoll- und/oder Viskosefasern
  - nicht für den direkten Wundkontakt geeignet
- Wundschnellverbände=Pflaster

- Kombination aus Wundauflage und Heftpflaster

#### 15) Wie wirken Calciumalginat? Wie werden sie eingesetzt?

Calciumalginat haben eine wundreinigende Wirkung indem sie Wundexsudat mit Zelltrümmern, Bakterien und Toxinen aufnehmen, wodurch sie effektiv die Keimzahl reduzieren. Bei Kontakt mit Wundexsudat kommt es zum Ionenaustausch. Dabei werden Kalziumionen des Alginats abgegeben und Natriumionen aus dem Wundexsudat aufgenommen. Dabei entsteht Natriumalginat, ein Gel. Calciumalginat haben eine hohe Saugleistung und wirken blutstillend, weshalb sie auch als Wundfüller eingesetzt werden. Später geben die Alginat unter Druck die aufgenommene Flüssigkeit fast vollständig wieder ab.

#### 16) Wie sind Hydropolymere bzw. Schaumverbände aufgebaut?

Wundauflagen aus Schaumverbänden sind meist aus Polyurethan und mehrschichtig aufgebaut. Durch ihren Aufbau sind sie atmungsaktiv aber undurchlässig für Flüssigkeiten. Mit einer superabsorbierenden Gelschicht nehmen sie Exsudat aus stark exsudierenden Wunden auf. Wundseitig kann eine Beschichtung mit Hydrogelen oder Hydrokolloiden angebracht werden, was ein Ankleben am Wundgrund verhindert.

#### 17) Wie können Hydrogele als Wundverbände eingesetzt werden?

Hydrogele besitzen einen hohen Wasseranteil und sorgen so für eine Befeuchtung trockener Wunden. Dadurch schützen sie das Granulationsgewebe und frisches Epithel. Allerdings besitzen sie keine ausgeprägte Saugfähigkeit und zur Aufnahme von Exsudat und mechanischem Schutz ist ein Sekundärverband notwendig. Hydrogele wirken autolytisch und unterstützen das Débridement.

#### 18) Wofür werden antibakterielle Wundverbandsysteme primär eingesetzt?

Antibakterielle Wundverbandsysteme werden primär zur Behandlung kritisch kontaminierter und infizierter Wunden eingesetzt. Seltener werden sie zur Prophylaxe bei infektionsgefährdeten Wunden wie Verbrennungswunden eingesetzt.

#### 19) Wie werden Silberionen als antibakterielles Agens eingesetzt?

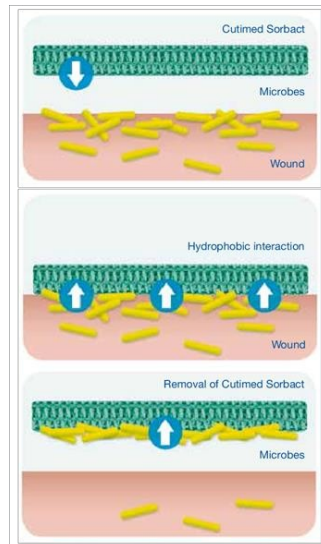
Die Wirkung von Silber als antibakterielles Mittel erfolgt durch Silberionen und wirken auch in kleinsten Konzentrationen (oligodynamischer Effekt). Silberionen starten einen multiplen Angriff auf Mikroorganismen, z.B. durch die Verhinderung der DNA-Replikation, durch die Zerstörung der Zellmembran oder durch die Inaktivierung zellulärer Enzyme. Sie besitzen eine geringe Toxizität (kontrovers diskutiert) und es sind bisher keine (klinisch relevanten) Resistenzen bekannt. Silberionen werden z.B. in Wundauflagen eingearbeitet. Allerdings werden Silberionen in Anwesenheit von Proteinen abgefangen, welche im Wundexsudat sehr zahlreich sind. Das macht die Methode auch teuer.

#### 20) Wie wirkt medizinischer Honig?

Medizinischer Honig ist der sogenannte Manukahonig, welcher ca. 200x so viel Methylglyoxal wie normaler Honig enthält. Dieses Methylglyoxal sorgt für eine hohe Enzymaktivität, bei der aus Sauerstoff und Glucose Glucolacton und Wasserstoffperoxid hergestellt wird.  $H_2O_2$  ist bakterizid und die hohe Osmolarität des Honigs sorgt für die Ausschwemmung von Bakterien, Zelltrümmern, usw. Außerdem wird der pH-Wert gesenkt, was Proteasen der Bakterien hemmt.

## 21) Wie funktionieren wirkstofffreie, antibakterielle Wundauflagen?

Das Wirkprinzip bei wirkstofffreien, antibakteriellen Wundauflagen ist die rein physikalische Wirkung durch hydrophobe Wechselwirkung. Dafür wird die Auflage mit dem Fettsäurederivat DACC beschichtet. Bei direktem Kontakt mit dem Wundexsudat finden die Bakterien aus dem Wundmilieu irreversibel an der Auflage und werden bei jedem Verbandswechsel entfernt. Dabei besteht keine Gefahr der Resistenzbildung.



## 22) Wie werden Feinstfasern („Nanofasern“) in Wundauflagen eingesetzt?

Feinstfasern bilden hochporöse 3D-Vliese, wodurch sie eine große Ähnlichkeit zur EZM besitzen. Sie können einfach beladen werden mit Wirkstoffen, Wachstumsfaktoren und Nanopartikeln, um die Wundheilung zu fördern. Eingesetzte Polymermaterialien sind z.B. Polylaktide, Polyglykolate, Kollagen, Seidenfibroin, Chitosan, Alginat, Serumalbumin, Fibrinogen, ...

## 23) Was ist die Idee hinter Wundmonitoring? Was sind dabei relevante Wundmarker?

Beim Wundmonitoring soll eine (chronische) Wunde kontinuierlich überwacht werden ohne den Wundverband zu öffnen. Dabei sind relevante Wundmarker v.a. der pH-Wert, die Temperatur, die Feuchtigkeit, Laktat, NETs (neutrophil extracellular traps), reaktive Sauerstoffspezies (ROS). Daran wird gerade geforscht, z.B. durch Inkorporation des pH-Indikators in die Faser oder Mikroelektronik.

## 24) Wofür soll kaltes Plasma bald eingesetzt werden?

Kaltes Plasma ist ionisiertes Gas bei Raumtemperatur. Es hat eine antimikrobielle Wirkung, stimuliert die Zellproliferation, die Zellmigration, die Kollagensynthese und die Reepithelisierung. Außerdem regt es zur Mikrozirkulation an. Die Idee ist kaltes Plasma direkt in der Wunde wirken zu lassen um den Wundheilungsprozess zu unterstützen.

### **Smart Textiles:**

## 25) Was ist die Definition von Smart Textiles?

Smart textiles sind „intelligente“ Textilien. Darunter versteht man die Integration von (Mikro-)Elektronik und Mikrosystemtechnik (MST) in textile Materialien. Smart textiles können

auf bestimmte Umwelteinflüsse mit einer angemessenen und sinnvollen Eigenschaftsänderung reagieren bzw. interagieren.

#### 26) Was sind Key-Markt Treiber für Smart Textiles?

Key-Markt Treiber für Smart Textiles sind v.a. Schutzkleidung&Militär, Sport und Fitness, Bau und Architektur, Mobilität und Verkehr, Gesundheit und Medizin und Bekleidung. Die signifikantesten Wachstumsraten kommen bei Sport&Fitness, Medical&Healthcare und Industrial, Commercial and Military.

#### 27) Was sind wichtige Einflussfaktoren für Trends bei E-Textiles?

Wichtige Einflussfaktoren für Trends bei E-Textiles sind wissenschaftlicher Fortschritt in Medizin, Pharmazie und Biotechnologie, alternde Gesellschaft, personalisierte Medizin, fitness tracking, self-monitoring, Gesundheit, Mobilität, Sicherheit, Umweltbewusstsein und Umweltschutz.

#### 28) Was sind wichtige technologische Voraussetzung für Smart Textiles?

Wichtige technologische Voraussetzung für Smart Textiles sind Mikroelektronik, einen niedrigen Energieverbrauch der Geräte, eine verbesserte Energiespeicherung, neue Sensoren und Aktoren und neue Formfaktoren (stretch/flex).

#### 29) Was sind Voraussetzungen an die textilen Materialien?

Die textilen Materialien sollten leitfähige Garne besitzen, ebenso textile Flächen mit elektrischer Leitfähigkeit und elektrisch/physikalisch funktionelle Fasern und Beschichtungen, sogenannte E-Textiles. Desweiteren sollten sie beständig (Tragen, Umwelt, Wäsche), körperverträglich und umweltverträglich sein.

#### 30) Wie können leitfähige Garne hergestellt werden?

Textilien und Garne aus den meisten Naturfasern und Polymeren sind Isolatoren. Um die Textilien leitfähig zu machen müssen Garne aus anderen Materialien beigefügt werden. Das können zum Beispiel Garne aus metallischen Fasern oder aus Kohlefasern sein. Es kann auch die Struktur von Polymeren modifiziert werden oder leitfähige Materialien hinzugefügt werden.

#### 31) Was sind typische Eigenschaften von Garnen mit metallischen Leitern?

Typische Eigenschaften sind z.B. ein spezifischer Widerstand von 5 Ohm/m bis zu mehreren kOhm/m. Das Garn ist bei 30°C bis zu 40 mal waschbar. Die Drähte haben eine Bruchbeständigkeit von bis zu 300%, und einer Dauerbruchbeständigkeit von 10% (60 000 mal). Die elektrische Belastbarkeit liegt kurzzeitig bis über 800mA, langfristig bei 550 mA. Außerdem sind die Drähte knickbeständig, abriebbeständig und korrosionsbeständig.

#### 32) Welche Metalle leiten besser, welche schlechter, die für Smart Textiles verwendet werden?

Die beste elektrische Leitfähigkeit besitzt Silber, dicht gefolgt von Kupfer. Schon deutlich weniger aber immer noch gut leiten Aluminium, Eisen und Stahl. Carbon und PES besitzen eine sehr niedrige Leitfähigkeit, bzw. PES ist in der Regel ein Isolator.

#### 33) Wie können Polymere leitfähig gemacht werden?

In der Regel sind Polymere Isolatoren und nicht leitfähig. Allerdings können sie mit konjugierten Doppelbindungen, die eine freie Beweglichkeit von Ladungsträgern im dotierten Zustand ermöglichen, zu intrinsisch leitfähigen Polymeren werden, deren Leitfähigkeit mit der von Metallen vergleichbar ist.

Eine andere Möglichkeit ist Ruß- oder Metallpartikel in die Kunststoffe zu füllen, wobei die Ruß- oder Metallpartikel als Leiter fungieren. Diese Verbünde werden als Heizsysteme (Folien, Bänder) als leitfähige Kleber, als Antistatika oder EM-Abschirmungen (Verpackungen, Gehäuse, Fußböden) verwendet. Einziges Problem ist der Einfluss der Partikel auf die mechanischen Eigenschaften und die Verarbeitbarkeit.

#### 34) Warum sollten Leiterplatten flexibel gestaltet werden?

Damit die Mikroelektronik den Tragekomfort nicht behindert und gut mit den Textilien verbunden werden kann, sollten die Leiterplatten flexibel gestaltet werden. So können sie sich der Form des Kleidungsstücks anpassen und behalten ihre Funktion. Das kann z.B. mit dehnfähigen Substraten mit dehnfähigen Leiterbahnen oder der Einbettung von Elektronik Bauteilen in dehnfähige Folien realisiert werden.

#### 35) Wie können Steckverbinder für die Elektronik in die Textilien eingearbeitet werden?

Eine Möglichkeit einen Steckverbinder elegant einzubauen ist Druckknöpfe zu verwenden. Diese metallischen Schnappverbindungen sind ursprünglich für Textilien entwickelt worden und sind stabil und leitfähig.

#### 36) Was ist ein häufiges Problem bei der Integration der Mikroelektronik?

Mikroelektronische Bauteile haben eine sehr niedrige Toleranz in der Herstellung, während die Toleranz bei Textilien Produkten wesentlich größer ist. Es ist nun eine ziemlich Herausforderung z.B. einen Prozessor in eine exakte Position zu bringen und mit den entsprechenden Leitern im Textil zu verbinden.

#### 37) Was für Probleme treten auf, wenn gedruckte Schaltungen aus silberhaltigen Tinten mit den Bauteilen per Lötverbindung oder Silberleitleber verbunden werden sollen?

Löten ist kritisch, da nur niedrig schmelzende Lote in Frage kommen, die jedoch nicht bleifrei sind und hohe Strombelastung bzw. Wärmestrahlung nicht überstehen. Leitleber wiederum sind schwierig zu dosieren und brauchen Zeit und Ruhe zum Aushärten. Desweiteren ist deren Festigkeit begrenzt und sie sind spröde und können deshalb nicht geknickt und nur begrenzt gebogen werden.

#### 38) Wie kann ein Smart shirt mit optischen Fasern den Vitalzustand eines Patienten/Soldaten erkennen?

Durch die optischen Fasern werden Signale durchgeschickt und kontrolliert, wie viel am Ende ankommt. Werden nur optische Fasern zerstört oder übermäßig gedehnt, ist das an der Zeitverzögerung des Lichtsignals zu erkennen.

#### 39) Welche Parameter werden beim ITV Sensor-Baby-Body gemessen? Was ist deren Zweck?

Der ITV Sensor-Baby-Body misst die Temperatur, das EKG, die Feuchtigkeit und die Atmung des Babys. Dadurch sollen die Vitalfunktionen überwacht und mit der Alarmfunktion ein plötzlicher Kindstod verhindert werden.

#### 40) Was sind häufig Benutzeranforderung an Smart Textiles?

Smart Textiles sollen unauffällig, modisch und tragbar sein, um eine Stigmatisierung zu verhindern. Sie sollen eine einfache Handhabung besitzen was die Akzeptanz erhöht. Außerdem sollen sie anpassbar an abnehmende Fähigkeiten sein. Des weiteren benötigen sie zuverlässige Energiekonzepten und sollten waschbar sein.

#### 41) Was sind Anforderungen an EKG-Messung in der Bekleidung? Wo treten Probleme auf?

Im besten Fall sollte für eine EKG-Messung in der Bekleidung keine Vorbehandlung der Haut und auch keine aufwendige Positionierung der Elektroden erforderlich sein. Ein guter elektrischer Kontakt mit der Haut und eine geringe Anfälligkeit für Bewegungsartefakte sind ebenfalls wünschenswert. Des weiteren sollten keine Unannehmlichkeiten oder Hautirritationen entstehen. Ebenso sollten die Kleidungsstück wiederverwendbar und somit Maschinenwaschbar sein. Allerdings treten in der realen Anwendung Probleme auf, z.B. Bewegungsartefakte, weil die Elektroden nicht perfekt an einer Stelle bleiben. Einige Elektroden benötigen Hydrogele oder Hydromembranen, um den Widerstand zu erniedrigen, was mit erheblichen Mehraufwand verbunden ist und die Akzeptanz senkt. Wird der Widerstand nicht erniedrigt, müssen die Elektroden größer sein um eine höhere Signalamplitude zu erhalten. Das wiederum führt zu einem „unschärferem“ Signal. Außerdem ist für eine gute Signalabnahme eine eng anliegende, körperbetonte Unterwäsche erforderlich. Dies senkt zusätzlich die Akzeptanz bei den Patienten.

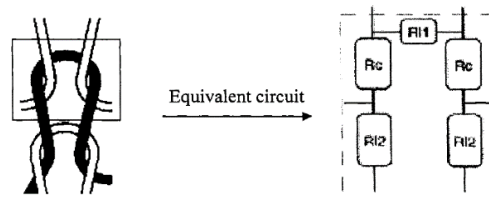
#### 42) Wie kann die Atmung mit Sensoren überwacht werden?

Für die Überwachung der Atmung stehen 4 Konzepte zur Verfügung:

- Induktive Plethysmographie: Dabei wird ein sinusförmiger Draht verwendet, der den Körper umschließt. Die Induktivität der Spule ändert sich mit der Atmung, welche den Draht dehnt
- Kapazitive Sensoren: Der Sensor besitzt einen Kondensator, dessen Kapazität sich bei Dehnung ändert.
- Piezoresistive Sensoren: Bestehen aus leitfähigen Beschichtungen oder leitfähigen Gesticken, die ihren ohmschen Widerstand mit der Dehnung verändern.
- Piezoelektrische Sensoren: Der Sensor erzeugt eine Spannung bei der Dehnung durch die Brust- und Bauchumfangänderung. Dadurch ist diese Art von Sensor gut für extrem stromsparende Anwendungen über längere Zeit, z.B. für Home-Monitoring, geeignet.

#### 43) Wie funktioniert ein textiler Dehnungssensor

Bei einem textilen Dehnungssensor wird die Dehnung von leitfähigen Gestriken zur Messung verwendet. Dabei besitzen sie eine höhere Empfindlichkeit bei Dehnung in Stäbchenrichtung und eine geringere Empfindlichkeit bei Dehnung in Maschenrichtung.



e 2.26 Circuit representing a unit loop of the conductive knitted fabric  
(Zhang, Tao, Wang and Yu, 2005)

#### 44) Was für Vorteile bringen Smart textiles den Anwendern im Alltag?

Smart Textiles werden zur Unterstützung, Beobachtung und Notfallerkennung eingesetzt. Sie verhelfen Patienten so zu mehr Selbstständigkeit, Sicherheit, Überwachung und Schutz. Dabei sollten sie benutzerfreundlich und einfach zu handhaben sein. Durch unauffälliges Design wird eine Stigmatisierung vermieden und die Textilien können in unterschiedlichen Lebensphasen verwendet werden. Die Informations- und Datenübertragung zwischen dem Benutzer und externen Partnern wird angepasst.

45) Wie können Artefakte eines Sensors erkannt werden, um einen Fehllarm zu verhindern

Um Artefakte eines Sensors zu erkennen werden die Signale multiparametrisch ausgewertet, also die Ergebnisse der verschiedenen Sensoren zusammengebracht und zusammen ausgewertet.. Z.B. werden EKG-Elektroden, Atemsensoren und Beschleunigungssensoren zusammen ausgewertet, um auf die Aktivität des Patienten zu schließen. Auch können so Rehamassnahmen überwacht und Notfallereignisse erkannt werden. Ebenso werden Bewegungsartefakte des EKGs erkannt.

46) Warum soll der Blutdruckverlauf abgeleitet werden? Wie wird das gemacht?

Bisher kann immer nur punktuell der Blutdruck gemessen werden. Außerdem wird durch eine Manschette der Arm zusammengedrückt, was Nachts auch als störend empfunden wird. Die Idee ist deshalb aus den gemessenen Vitalparametern (EKG, Atmung, Bewegung/Aktivität, Sauerstoffsättigung) den Blutdruck über die Pulswellenlaufzeit zu bestimmen. Die Messung des Blutdrucks ist somit viel unaufdringlicher und nimmt weniger Einfluss auf das Messergebnis.

47) Was ist der Vorteil, wenn Elektroden direkt in Textilien integriert werden? Wozu wird das verwendet?

Bei direkter Integration von Elektroden in Textilien ist kein Positionieren oder Verkleben notwendig, da die Elektroden durch das Kompressionstextil gehalten wird. Außerdem wird das Signal direkt an der Elektrode verstärkt und per Bluetooth anstatt mit Kabeln weitergeleitet, was die Handhabung wesentlich erleichtert. Die Elektroden sind dabei ohne Hautvorbereitung, trocken und ohne Elektrolytgel verwendbar. Eine mögliche Anwendung ist die Ermüdung der Muskulatur zu erkennen.

48) Welche maximalen Spannungen dürfen ohne Schutzvorkehrungen in Smart Textiles verwendet werden?

Ohne Schutzvorkehrungen ist eine Wechselspannung von 25V und eine Gleichspannung von 60V zulässig. Allerdings kann bei feuchter Haut, welche den elektrischen Widerstand senkt, schon diese Spannungen sehr unangenehm werden!

Allerdings gilt für Medizinprodukte ein höchstens erlaubter Berührungsstrom. Dieser beträgt im Normalfall 100µA und beim ersten Fehler 500µA.

49) Was ist die Definition eines Biomaterials?

Ein Biomaterial ist jedes Material, das für eine Wechselwirkung mit biologischen Systemen vorgesehen ist, um ein Gewebe, ein Organ oder eine Funktion im Körper zu bewerten, zu behandeln zu unterstützen oder zu ersetzen. Beispiele sind Metalle, Keramiken, Polymere und Naturstoffe.

50) Was sind Beispiele für natürliche Polymere?

Natürliche Polymere können unterteilt werden in Proteine und in Kohlenhydrate. Proteine bestehen aus Aminosäureketten, besitzen eine 3-dimensionale Faltung und sind nicht formbar. Kohlenhydrate

bestehen aus Monosacchariden, welche über glycosidische Bindungen lineare, verzweigte oder vernetzte Polymere bilden.

51) Was sind Vorteile von Polymeren?

- Mechanisch: Flexibilität, Dehnbarkeit, Dämpfungsverhalten, gewichtsspezifische Festigkeit, Gleitverhalten
- Optisch: Transparenz, röntgendurchsichtig
- Chemisch/physikalisch: Bio-/Hämokompatibilität, keine elektrische Polwirkung, keine Korrosion, niedriges Gewicht, Wasseraufnahme, Degradierbarkeit, Resorbierbarkeit
- Strukturell: Permeabilität
- Sonstige positive Eigenschaften: Preis, hygienische Gründe (sterilisierbar), Verarbeitbarkeit, Kombinationsfähigkeit

52) Was sind Nachteile von Polymeren?

- Mechanisch: Volumenspezifische Festigkeit
- Optisch: In vielen bildgebenden Verfahren nicht sichtbar (Röntgen, Ultraschall)
- Chemisch/physikalisch: Begrenzt degradationsstabil, u.U. problematisch zu sterilisieren
- Sonstige ungünstige Eigenschaften: Nur begrenzt wiederverwendbar/resterilisierbar, Abfallproblematik!

53) Was bedeuten Biofunktionalität und Biokompatibilität?

Die Biofunktionalität ist die Fähigkeit eines Materials eine spezifische Funktion zu erfüllen. Die Biokompatibilität ist die Fähigkeit eines Materials, in einer spezifischen Anwendung eine angemessene Wirtsantwort hervorzurufen.

54) Welche Reaktionen zwischen Biomaterial und Wirt sind beeinflussbar, welche zu vermeiden?

- Beeinflussbare Reaktionen:
  - Veränderung des Materials (Degradation, Resorption)
  - Lokale Gewebereaktionen
- Zu vermeidende Reaktionen:
  - Allergische Reaktionen
  - Beeinflussung von Infektionsprozessen
  - Thrombusbildung bei Blutkontakt
  - Systemische toxikologische Reaktion
  - Teratogene Reaktion
  - Mutagene/kanzerogene Reaktion

55) Welche Norm spielt eine wichtige Rolle bei der biologischen Evaluation von Medizinprodukten?

ISO 10993. Diese enthält auch nach verschiedenen Aspekten geordnete Verfahren zur Evaluation von Medizinprodukten.

56) Was bedeutet die Degradation, die Resorption, der Verschleiß und die Leckage eines Materials?

- Degradation: Materialabbau durch Hydrolyse und Oxidation, dadurch Reduktion des Molekulargewichts und Verlust der mechanischen Stabilität
- Resorption: Abbau bzw. Ausscheidung des Materials durch den Organismus. Dadurch wird das Material (vollständig) entfernt
- Verschleiß: Materialabtragung durch Reibung oder mechanischer Beanspruchung. Die entstehenden Partikel können zu Entzündungen und zur Lockerung des Implantats führen
- Leckage: Austreten von im schlimmsten Fall toxischen Substanzen aus dem Materialinneren

57) Welche Größen haben Einfluss auf die Degradation?

- Molekulargewicht
- chemische Zusammensetzung
- Prozesstemperaturen + Zeit
- Prozessfeuchtigkeit
- Kristallinität
- geometrische Struktur
- Sterilisationsprozess
- Additive
- Verunreinigungen
- Molekulargewichtverteilung

58) Welche lokale Gewebereaktionen sind bei Reizen zu erwarten?

Immunologische Reaktionen, zelluläre Reaktionen und humorale Reaktionen

59) Wie läuft eine typische immunologische Reaktion ab?

Zu Beginn steht ein Reiz (chem./mech./biol.), welcher zu einer Schädigung von Gewebe oder einzelnen Zellen führt. Daraufhin werden Mediatoren ausgeschüttet, welche Immunzellen (Makrophagen) aktivieren. Diese Immunzellen können nun etwaige Fremdkörper entweder Eliminieren (Phagozytose) oder Isolierung (Verkapselung in Bindegewebe), wodurch beim Letzteren Narbengewebe entsteht.

60) Wovon ist die genaue Wechselwirkung zwischen Material und Gewebe abhängig?

Die genaue Wechselwirkung zwischen Material und Gewebe ist abhängig vom Zelltyp und der intrazellulären Matrix, vom lokalen Stress (Mikrobewegung), von der Grenzflächenphysik des Materials, von der Oberflächenstruktur und der Biegesteifigkeit. Dies muss auch für die Regenerationsmedizin beachtet werden.

61) Wann ist eine Zelladhäsion erwünscht? Wann nicht?

Die Zelladhäsion an ein Implantat ist z.B. für die Fixation im Gewebe, die Vaskularisierung im Implantat und für die Anhaftung von Endothel erwünscht. Unerwünscht ist eine Zelladhäsion bei Gefäßprothesen (Thrombengefahr) und teilweise bei Nahtmaterial (wenn es wieder entfernt wird).

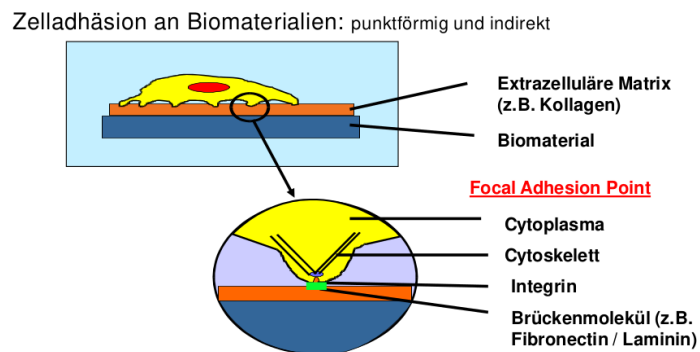
62) Was sind Einflussfaktoren für die Zelladhäsion?

- Bindung von Proteinen
- Oberflächenrauigkeit
- Kontaktwinkel
- Kristallinität

- Ladung (zeta-Potential)
- Zelluläre Wechselwirkungen
- Wachstumsfaktoren
- Porosität

### 63) Wie funktioniert die Zelladhäsion an Biomaterialien?

Die Zelladhäsion an Biomaterialien ist punktförmig und indirekt. Die Zelle bildet mehrere Focal Adhesion Points aus, welche das Material nur indirekt über Brückenmoleküle berühren. Das Brückenmolekül (z.B. Fibronectin/Laminin) bindet an der Zelle an das Integrin, welches mit dem Cytoskelett verbunden ist und an die EZM. Die EZM wiederum binden direkt an das Biomaterial.



### 64) Was sind allergische Reaktionen? Wie werden sie nachgewiesen?

Allergische Reaktionen sind krankhafte Reaktionen auf wiederholten Kontakt mit einem Allergen. Allergene können sein z.B. Inhalations-Allergene (Staub, Pollen), Hautallergene (Pflanzen, Lösungsmittel), Nahrungsmittel (Eiweiß, Milch), Arzneimittel (Antibiotika), Metalle (Nickel, Wolfram, Nitinol?), Invasionsallergene (Implantate) oder Bakterien. In vivo können Allergene an Meerschweinchen oder mit dem Lymphknoten-Assay bestimmt werden, in vitro mit der Mediatorenbestimmung.

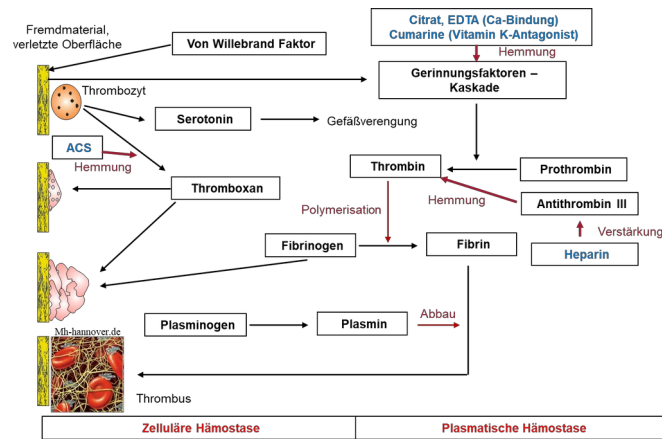
### 65) Wie können Infektionsprozesse mit Materialien verhindert werden? Wo können Probleme auftreten?

Materialien an inneren und äußeren Körperoberflächen müssen für Keime undurchlässig sein. Beispiele hierfür sind Hautersatz, Wundabdeckung oder Trachea- und Oesophagusprothesen. Schwierig wird das bei Materialien, die durch die Körperoberfläche dringen, z.B. Nahtmaterial (monofil, multifil), Kanülen, Schläuche. Bei diesen Situationen sollte ein zu starker Biofilm und eine Dochtwirkung verhindert werden, sonst können Keime durch diese Öffnungen einwandern.

### 66) In welche Bereiche kann die Hämostase unterteilt werden?

Die zelluläre Hämostase wird durch Thrombozyten durchgeführt, während bei der Plasmatischen Hämostase ein Fibrinnetzwerk die Blutung stillt.

### 67) Welche Prozesse sind in die Hämostase involviert?



68) Was bedeutet Hämkompatibilität? Für welche Implantate ist sie wichtig?

Bei der Hämkompatibilität ist es wichtig die Bildung eines Thrombus und die Kalzifizierung bei Kontakten Biomaterialien-Blut zu vermeiden. Wichtig ist das z.B. bei Gefäßprothesen, bei Sensoren, bei Kathetern, bei Stents und bei Herzklappen. Jedoch ist eine Kalzifizierung im Knochenbereich teilweise erwünscht, um einen optimalen Schutz durch eine natürliche Endothelzellschicht zu gewährleisten.

69) Wie wird die Hämkompatibilität getestet?

- In vitro: spezielle Perfusionskammern (Chandler-Loop); Parameter: Blutzellen, Komplement, Plättchen, Gerinnung (TAT)
- In vivo: z.B. AV-Shunt beim Hund, extrakorporal; Parameter: Explantat, makroskopische/histologische Beurteilung

70) Was ist die systemische Toxizität?

Unter der systemischen Toxizität versteht man im allgemeinen die Giftigkeit oder Schädlichkeit eines bestimmten Stoffes, welche mit standardisierten Tests nachgewiesen wird. Ursachen für eine Toxizität von Medizinprodukten können Lösungsmittel, Additive, Reste des Sterilisationsprozess, bakterielle Toxine und Degradationsprodukte sein.

71) Welche Tests gibt es, um eine Toxizität nachzuweisen?

- In vivo:
  - Akuter systemischer Test
  - Subakuter systemischer Test
  - Intradermaler Irritationstest
  - Sensibilisierungstest
  - Augen-Irritationstest
  - Pyrogenitätstest
- In vitro:
  - LAL-Test/Bioburden
  - Zellkulturen: Proliferation/Vitalität, Wachstumskurve
  - Klonkultur
  - Agar-Overlay
  - Vitalität (MTT, Trypanblau)
  - Release-Assay (LDH, Chrom)
  - Cytokin-ELISA (IL1, TNF-)

- Applikationsarten
  - Direktkontakt
  - Indirekter Kontakte
  - Extrakt

#### 72) Was sind Teratogene Reaktionen?

Teratogene sind Einflussfaktoren von außen, die eine schädigende Wirkung auf den Embryo haben. Dabei bezieht man sich auf den 1. bis 3. Schwangerschaftsmonat, der Organentwicklungsphase. Teratogene werden mit Tierversuchen (schwangere Nagetiere) und mit Nabelschnur-Tests (Substanzdurchtritt) untersucht und nachgewiesen.

#### 73) Was sind Mutagene/Kanzerogene Reaktionen

Mutagene oder Kanzerogene sind Stoffe, welche Veränderungen an der Erbsubstanz (DNA), sogenannte Mutationen, auslösen. Langfristig können sie die DNA so nachhaltig schaden, dass es zu Vererbungsschäden und somit auch zu Tumoren kommen kann.

#### 74) Welche Mutationsarten gibt es?

Eine Genommutation ist eine Veränderung in der Zahl der Chromosomen, wie sie z.B. bei Trisomien auftreten kann. Eine Chromosomenmutation ist eine strukturelle Veränderung des Chromosoms. Bei einer Punktmutation ist lediglich eine Nukleinsäure verändert.

#### 75) Mit welchen Tests können Mutagene/Kanzerogene untersucht werden?

Mutagene/Kanzerogene können mit dem Ames-Test oder mit Zellkulturen untersucht werden.

#### 76) Welche Wege nutzt der menschliche Körper für die Kommunikation?

Der menschliche Körper nutzt chemische Stoffe (Hormone, Cytokine, Transmittersubstanzen), das Nervensystem (Nervenzellen, Reizleitung, Reizübertragung) und Sensoren (Ohr, Auge, Nase, Tastsinn) um mit sich selbst und mit der Außenwelt zu kommunizieren.

#### 77) Wie wirken lokale chemische Mediatoren, Hormone und Neurotransmitter?

Lokale chemische Mediatoren werden von Drüsenzellen hergestellt und parakrin freigesetzt, d.h. sie wirken nur im umliegenden Gewebe oder Zelle zu Zelle. Hormone wiederum werden von den Drüsenzellen endokrin sekretiert, also in ein Lumen abgegeben, von wo aus sie sich dann verteilen. Über das Blut-/Lymphsystem können sie im ganzen Körper wirken. Neurotransmitter wiederum werden in Synapsen von einer Zelle zu einer definierten Zielzelle übertragen.

#### 78) Nenne Beispiele für lokale, chemische Mediatoren, für Hormone/systemisch wirkende Cytokine und für Neurotransmitter!

- Lokale, chemische Mediatoren: NGF, GGF, TNF, Histamin, Interleukine
- Hormone: Insulin, EGF, Adrenalin, Testosteron, Östradiol, Cortisol, Interleukine
- Neurotransmitter: Acetylcholin, Endorphine, Noradrenalin

#### 79) Wie wirken chemische Mediatoren? Wirken sie immer gleich?

Chemische Mediatoren können eine unterschiedliche Wirkung hervorrufen, auch bei gleicher Signalsubstanz. Z.B. kann Acetylcholin Skelettmuskelzellen stimulieren, gleichzeitig Herzmuskelzellen hemmen (über den Vagusnerv). Auch kann die Wirkung der gleichen Substanz je nach Zielzelle variieren. Z.B. wirkt Adrenalin stimulierend auf das Herz (Blutdruck, Frequenz), während es in Leber und Muskel Glucose freisetzt. Die Wirkungsarten können dabei in folgende Gruppen unterteilt werden:

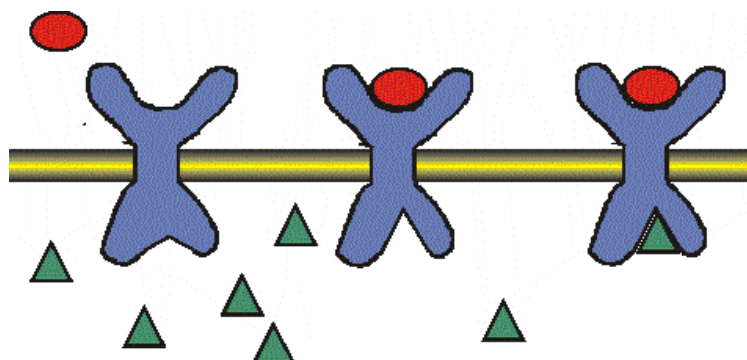
- Synthese-Geschwindigkeiten
- Synthese Start/Stopp
- Zellaktivierung (Zellteilung, Muskelkontraktion, Zellmigration)
- Sekretion
- Reizerzeugung

80) Wie „aktivieren“ chemische Mediatoren ihre Zielzelle?

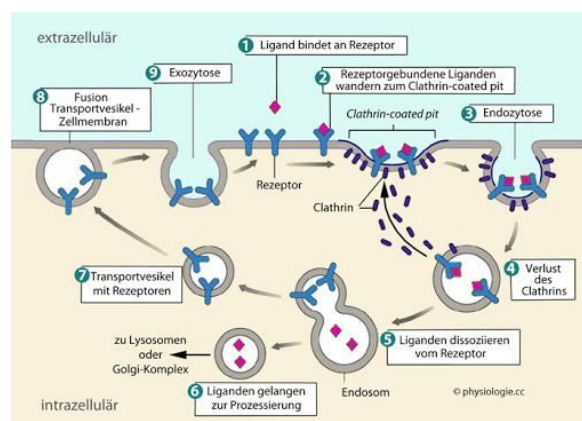
Chemische Mediatoren „aktivieren“ ihre Zielzelle, indem sie an einen Rezeptor binden, diesen verändern und so weitere Reaktionen in Gang setzen. Der Rezeptor kann sich dabei entweder intrazellulär oder außen an der Zellmembran befinden. Kleine hydrophobe Mediatoren können durch die Zellmembran diffundieren und so an intrazelluläre Rezeptoren binden, während hydrophile Mediatoren an Membranrezeptoren binden, und damit ein Transmembran-Enzym aktivieren.

81) Wie bringen die Membranrezeptoren die Enzymaktivierung in der Zelle voran?

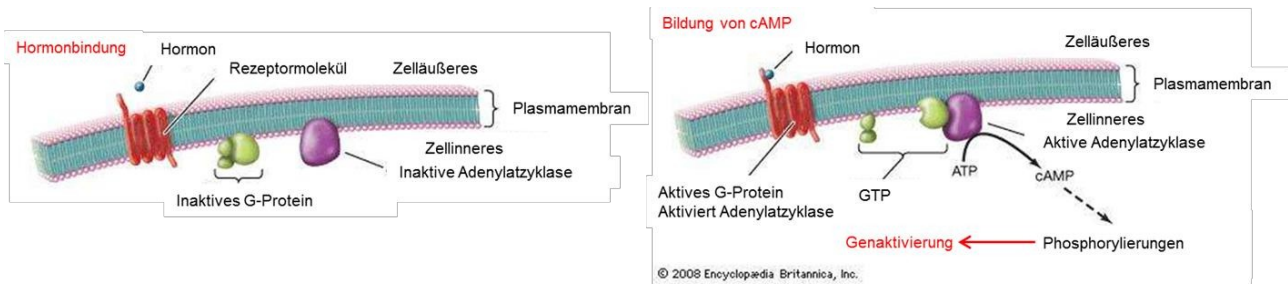
Membranrezeptoren erfahren durch die Anbindung eines Mediators eine Konformationsänderung. Dadurch wird im Zellinneren eine Bindungsstelle frei und ein Enzym kann aktiviert werden.



Eine weitere Möglichkeit ist die Aufnahme des Mediators durch Endozytose. Dabei wird der Ligand-Rezeptor-Komplex nach innen gefaltet und befindet sich innerhalb eines Endosoms in der Zelle. Dort wird der Rezeptor vom Ligand getrennt, wobei der Rezeptor wieder zur Zellmembran zurückkehrt, während der Ligand an seinen Bestimmungsort wandert.



Eine weitere Möglichkeit ist die Aktivierung eines Second-Messenger. Dabei aktiviert der erste Mediator außen einen weiteren Mediator in der Zelle. Dieses Molekül, der Second Messenger, wiederum aktiviert die eigentlich angestrebte Reaktion in der Zelle.

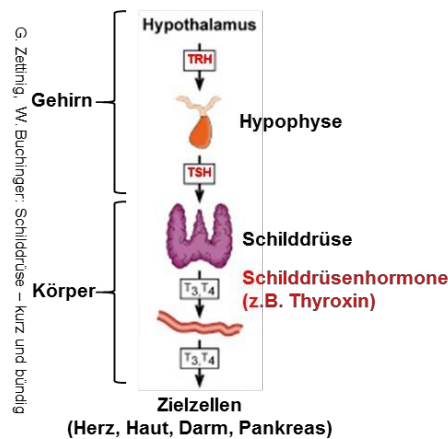


82) Was sind Smart Polymers und wozu werden sie eingesetzt?

Smart Polymers sind Polymere mit funktionellen Gruppen. Diese Gruppen dienen zur Kommunikation mit dem Körper über chemische Mediatoren. Beispiele sind biofunktionale Moleküle, Liganden, Signalmoleküle, Lipophile Gruppen usw.

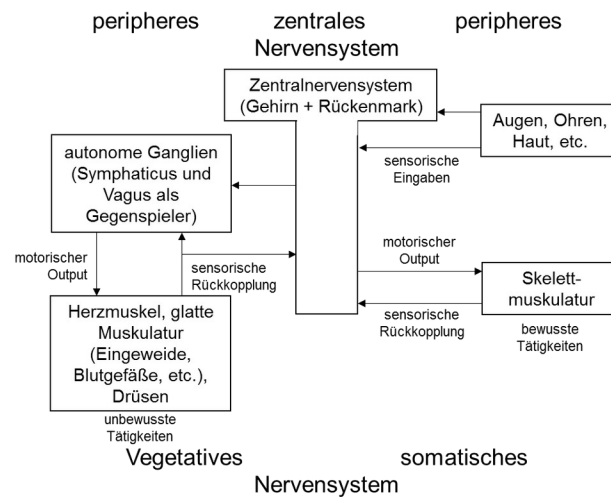
83) Wie ist das Nervensystem mit dem Hormonsystem verbunden?

Im ZNS sitzen die nervösen Schaltzentralen, welche durch Neurotransmitter die Ausschüttung von Hormonen initiieren können. Ein Beispiel ist die Ausschüttung von T3 und T4. Zu Beginn sendet der Hypothalamus auf einen nervösen Reiz hin das Hormon TRH aus. Dieses veranleitet die Hypophyse dazu selbst TSH herzustellen, welches von der Schilddrüse erkannt wird. Die Schilddrüse wiederum ist verantwortlich für die Herstellung und Ausschüttung von T3 und T4, welche Einfluss auf den ganzen Körper in Hinblick auf Energiebilanz und Stoffwechselaktivierung haben.



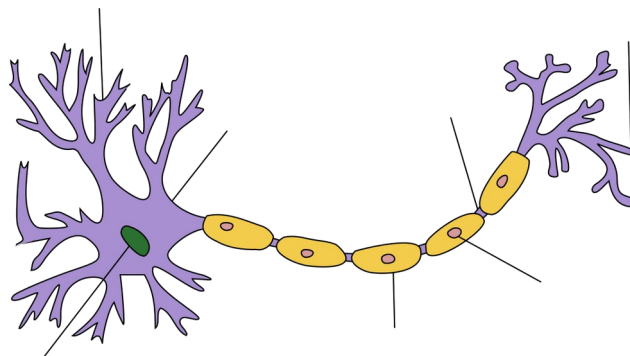
84) Wie ist das Nervensystem aufgebaut?

Das Nervensystem lässt sich grob in ein zentrales und in ein peripheres Nervensystem unterteilen. Dem ZNS werden Gehirn und Rückenmark zugeordnet, während alle anderen Nervenzellen zum PNS zählen. Das PNS wiederum ist unterteilt in ein vegetatives und in ein somatisches Nervensystem. Das vegetative Nervensystem beinhaltet die unbewusst ablaufenden und nicht direkt steuerbaren Tätigkeiten des Körpers, z.B. Verdauung oder Herzschlag. Das somatische Nervensystem umfasst bewusste Tätigkeiten wie die Aktivierung der Skelettmuskulatur oder die Aufnahme von Reizen durch Sensorische Neuronen. Die drei Nervenzelltypen sind Motoneuronen, Sensorische Neuronen und Interneuronen. Dabei sind Neuronen meist in Ganglien organisiert.



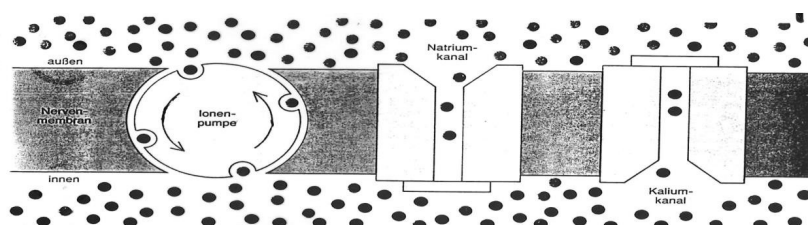
### 85) Wie ist eine Nervenzelle aufgebaut?

Eine Nervenzelle besteht aus einer Zelle mit Zellkern. Sie besitzt viele Dendriten, die Signale von anderen Neuronen aufnehmen und zur Zelle weiterleiten. An einem Ende besitzt eine Nervenzelle ein Axon. Mit diesem kann die Nervenzelle elektrische Signale an weitere (Nerven)zellen mittels einer Synapse weiterleiten. Direkt an den Neuronen sind Gliazellen, welche das Nervensystem stützen und versorgen. Das Axon ist in eine Myelinhülle eingewickelt, um es elektrisch zu isolieren und so die Signalweitergabe zu gewährleisten.



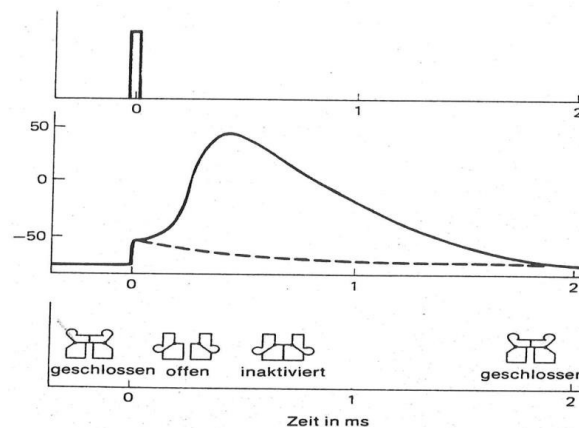
### 86) Was ist das Membran, was das Ruhepotential?

Das Membranpotential ist die elektrische Potentialdifferenz zwischen der Innen- und Außenseite der Zellmembran. Dieses kommt durch die unterschiedliche Verteilung von Ionen und Proteinen zustande. Im Ruhezustand befindet sich das (Ruhe)potential mit  $-70\text{mV}$  nahe dem  $\text{K}^+$  Gleichgewichtspotential ( $-90\text{mV}$ ). Ionenpumpen sorgen dafür, dass im Ruhezustand die Verteilung und somit auch das Potential konstant bleiben. Dabei ist die  $\text{K}^+$  Konzentration innen höher als außen, während es bei  $\text{Na}^+$  anders herum ist.  $\text{K}^+$  strebt aus der Zelle während  $\text{Na}^+$  in die Zelle strebt. Durch Ionenkanäle kann die Zelle passiv einen solchen Ionenstrom zulassen, um das Membranpotential zu ändern.



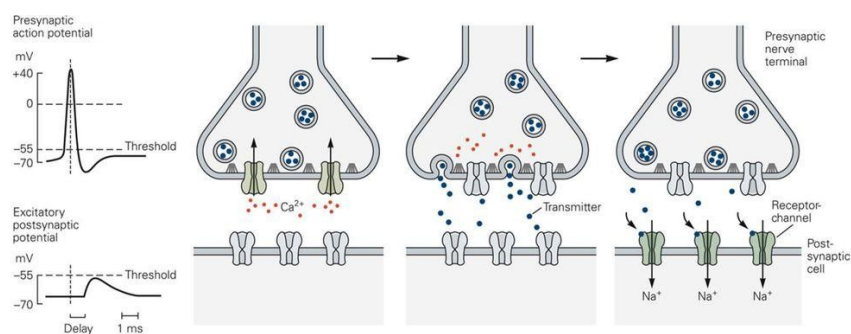
87) Was passiert mit dem Membranpotential, wenn eine Nervenzelle einen Reiz erhält?

Ein Reiz (elektrisch, chemisch) depolarisiert die Membran teilweise. Ist die Depolarisation groß genug, werden die Spannungsgesperrten Na<sup>+</sup>-Kanäle geöffnet, wobei das Potential auf das Na<sup>+</sup>-Gleichgewichtspotential steigt (+50mV). Ist das geschehen, leitet die Zelle wiederum einen Reiz über ihr Axon andere Zellen weiter. Nach einiger Zeit inaktivieren sich die Kanäle und werden nach Erreichen des Ruhepotentials geschlossen. Allgemein sind die weitergeleiteten Aktionspotentiale unabhängig von der Reizstärke. D.h. ist wenn ein Reiz ausreicht um ein Aktionspotential auszulösen wird die doppelte Reizstärke nicht zum doppelten Aktionspotential führen.



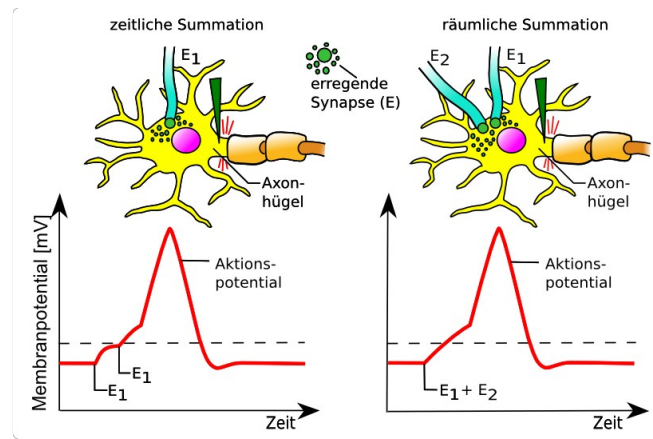
88) Welche Arten von Synapsen gibt es?

- Elektrische Synapsen: Über gap junctions direkt zwischen Neuronen
- Chemische Synapsen: Übertragung über einen Spalt mit Hilfe von Neurotransmittern nach Einstromen von Ca<sup>2+</sup>-Ionen
- Erregende Synapsen: Steuert z.B. Na<sup>+</sup>-Kanäle. Neues Aktionspotential
- Hemmende Synapsen: Steuert z.B. Cl<sup>-</sup> Kanäle: hyperpolarisierte Membran

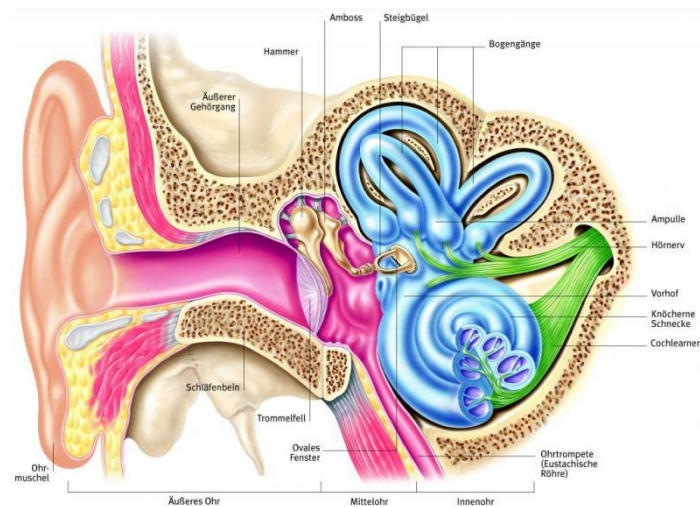


89) Was bedeuten zeitliche und räumliche Summation von Potentialen?

Bei einer zeitlichen Summation von Potentialien addieren sich zwei kurz nacheinander eintreffende Reize der selben Synapse, welche jeweils nicht ein Aktionspotential auslösen können, zu einem großen Potential, welches ein Aktionspotential auslösen kann. Bei der räumlichen Summation ist es ähnlich, nur mit zwei gleichzeitig ankommenden Signalen aus unterschiedlichen Synapsen.

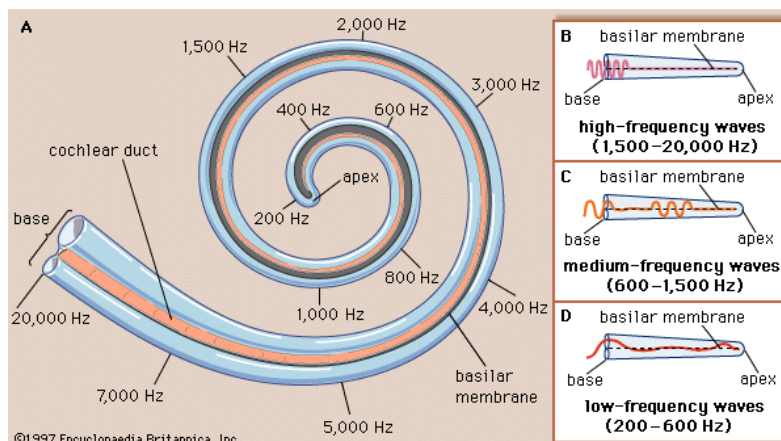


90) Wie ist das menschliche Ohr aufgebaut?



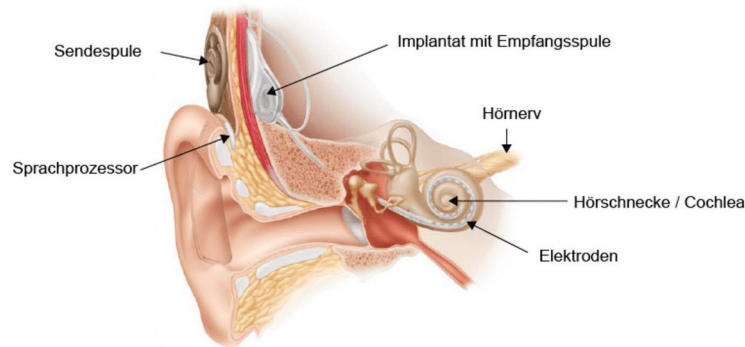
91) Wie funktioniert die Signalübertragung vom Ohr zum Gehirn?

Im Ohrinneren befindet sich die Cochlea. Diese besteht aus einem Gehörgang, der wie ein Schneckenhaus aufgewickelt ist. Im Inneren befindet sich eine Flüssigkeit, in welche sich kleine Härchen befinden, welche die Bewegung der Flüssigkeit in Nervensignale umwandeln und an das Gehirn weiterleiten. Wird nun die Flüssigkeit durch Schallwellen in Bewegung gesetzt schwingt diese mit und bringt die Härchen in Bewegung. Dabei ist aber die Frequenz der Schallwelle entscheidend. Hohe Frequenzen werden ganz am Anfang des Gehörgangs registriert, während tiefe Frequenzen ganz zum Schluss kommen.



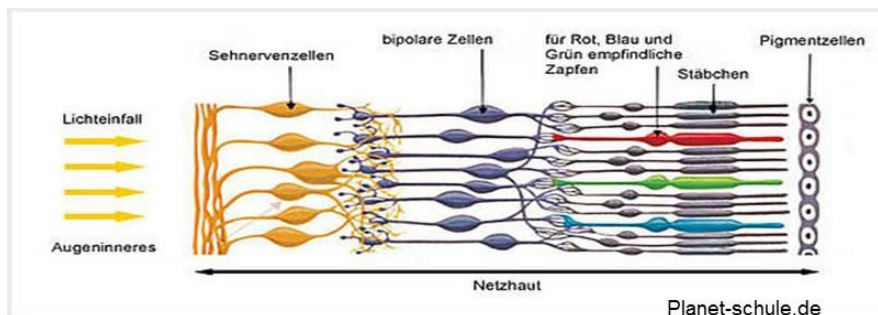
### 92) Wie funktioniert nun ein Cochlea-Implantat?

Sind die Härchen in der Cochlea zerstört, können sie keine Signale mehr an die Nervenzellen mehr weiterleiten und die Frequenzen werden nicht mehr erkannt. Bei einem Cochlea-Implantat werden Elektroden in die Cochlea gelegt, die die entsprechenden Frequenzbereiche stimulieren. Die Elektroden wiederum erhalten ihre Signale von einer Sendespule, welche die Schallsignale mit einem Mikrofon empfangen.



### 93) Wie ist die Netzhaut des Auges aufgebaut? Wie funktioniert die Signalweiterleitung?

Trifft Licht in unser Auge, werden die Reize von den Zellen in der Netzhaut erfasst. Die Zapfen sind dabei für die Erfassung der Farben und die Stäbchen für die Erfassung der Helligkeit zuständig. Diese Zellen geben wiederum Signale in die bipolaren Zellen weiter, welche sie wiederum den Sehnervenzellen weitergeben. Dabei ist die Anordnung etwas irreführend, da sich die Sehnervenzellen direkt an der Oberfläche befinden, und danach die Bipolaren Zellen, die Zapfen und dann die Stäbchen folgen. Das Licht passiert somit zuerst alle Zellen und dann wird das Signal wieder in die andere Richtung geleitet.



### 94) Wie funktionieren Retina-Implantate?

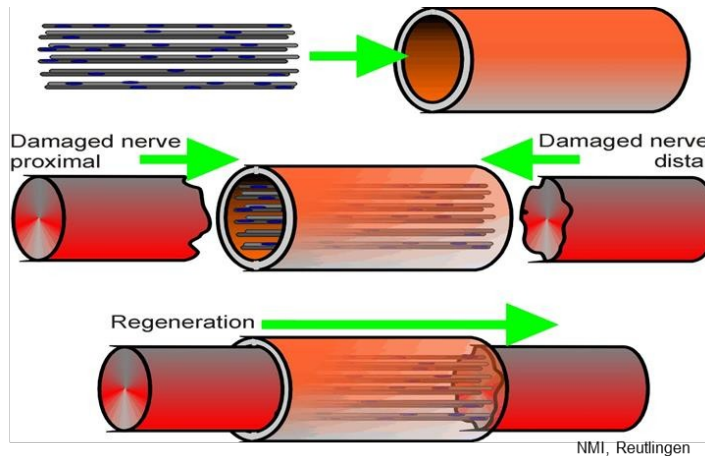
Retina-Implantate sollen die Funktion der Netzhaut übernehmen. Dazu wird in das alte Auge oder in ein Glasaugen ein Chip mit Mikrophotodioden implantiert. Die Photodioden nehmen Helligkeitswerte wahr und geben sie dem Sehnerv weiter. Dieser leitet die Signale in das Gehirn, wo dann ein Bild der Realität entsteht. Bisher hält sich der Erfolg solcher Retinaimplantate noch in Grenzen und ist weit von vollständigem Sehen entfernt.

### 95) Was ist die Idee hinter Nervenleitschienen?

Werden periphere Nerven durchtrennt, besitzen sie das Potential, dass sie wieder an den Enden zusammenwachsen. Allerdings müssen sich die beiden Enden dazu bald treffen und dürfen nicht zu lange abgeschnitten sein. Um eine Struktur vorzugeben, werden Nervenleitschienen verwendet.

Diese bestehen aus einem resorbierbaren Schlauch und sogenannten Nervenleitfasern. Die Nerven können entlang den Nervenleitfasern zusammen wachsen, während der Schlauch die neuen Nerven vor äußeren Einflüssen schützt.

„Leitfasern“



Resorbierbarer  
Schlauch