

Grundlagen der funktionellen Anatomie für die Oecotrophologie (Stand: 23. Januar 2006)

Materialien zur Vorlesung
am Fachbereich 8 (Oecotrophologie)
der Fachhochschule Münster



vorgetragen und bebildert von
Joachim Gardemann,
Prof. Dr. med. M.san.

Protokolliert von den Studierenden
des ersten Studiensemesters
am Fachbereich Oecotrophologie der Fachhochschule Münster
im Wintersemester 2005/2006

Geleitwort

Liebe Studierende,

die Bezeichnung des von Ihnen gewählten Studienfaches und auch der Name der Anatomie haben ihre Wurzel im Griechischen.

„Oecotrophologie“ setzt sich zusammen aus den griechischen Worten für:

„Haus“: **οικος** (oikos),
„Verpflegung“: **τροφη** (trophae),
und „Wissenschaft“: **λογος** (logos).

„Anatomie“ bedeutet in wörtlicher Übersetzung aus dem Griechischen „Aufschnitt“ (!) (**ανατεμνω**: ich schneide auf) und bezeichnet die Kunst der wissenschaftlichen Zergliederung des Körpers.

In vielen Kulturen und historischen Epochen war die Eröffnung der Körper toter Menschen verboten und konnte somit nur an geheimen Orten und unter großem Risiko für die (manchmal auch zwielichtigen) Forscher stattfinden. Erst die Renaissance ermöglichte mutigen Wissenschaftlern das öffentliche Bekenntnis zu anatomischen Studien. Im August 1543 erschien in Basel als erstes anatomisches Meisterwerk die "Fabrica" des Andreas Vesalius.

Hatte man zuvor über Bau und Funktion des menschlichen Körpers nur spekulieren können, so eröffnete die systematische Anatomie nun die Möglichkeit des eigenen Augenscheins. Sehr schnell bildeten sich dabei zwei anatomische Betrachtungsweisen heraus:

Topographische Anatomie beschreibt die rein räumliche Beziehung der Körperteile und Organe zueinander. Diese Sichtweise ist z.B. heute auch noch in der Unfallchirurgie sehr wichtig, um beispielsweise die betroffenen Organe in der Verlaufsrichtung einer Verletzung oder eines Schusskanals zu kennen.

Funktionelle Anatomie beschreibt die Lage und Form der Organe, ihren Aufbau und die daraus ableitbaren Funktionen. Funktionelle Anatomie erlaubt uns also einen ersten Einblick in das staunenswerte Zusammenspiel der Organe des menschlichen Körpers und gibt uns damit die morphologische Grundlage zum Verständnis der biochemischen Zusammenhänge des Stoffwechsels, der Krankheitslehre (Pathologie) sowie der chirurgischen und medikamentösen Therapie.

So wie es natürlich in den fachspezifischen Lehrbüchern eine spezielle Anatomie der Medizin, der Zahnmedizin, der Logopädie, der Geburtshilfe, der Physiotherapie und anderer Gesundheitsfachberufe mit besonderen Schwerpunktsetzungen längst gibt, so sollte es eigentlich eine Anatomie der Oecotrophologie geben. Hierbei wird naturgemäß ein Schwerpunkt in Aufbau und Funktion der Verdauungsorgane liegen. Aber auch die Grundlagen der allgemeinen Gewebelehre und Zellphysiologie gehören in der Oecotrophologie zum unverzichtbaren gesundheitsbezogenen Handwerkszeug. Eine solide Grundkenntnis der anatomischen und physiologischen Grundlagen erleichtert die eigenständige Herleitung aller späteren Lerninhalte der Ernährungslehre in Gesundheit und Krankheit.

Die Anatomie als Grundlagenwissenschaft wird durch ihre Bedeutsamkeit für das Verständnis klinischer Erscheinungen erst so richtig interessant. Daher sucht auch die vorliegende kurze Zusammenstellung immer wieder den Bezug zu ernährungsmedizinisch bedeutsamen Erkrankungen.

Lehrbücher:

Die Bibliothek der Fachhochschule Münster verfügt über ein sehr reichhaltiges Sortiment anatomischer Lehrbücher. Folgende Bücher sind für die Vor- und Nachbereitung der Vorlesung und zur Prüfungsvorbereitung in einer möglichst neuen Auflage besonders empfehlenswert (Signatur in Klammern):

- **Faller A** (2004) Der Körper des Menschen. Thieme, Stuttgart (**V V A 6 11-13**)
- **Schäffer A, Schmidt S** (1996) Mensch – Körper – Krankheit. G. Fischer, Ulm (**V U P 1-1 (2)+4**)
- **Netter FH** (1990) Farbatlanten der Medizin. Thieme, Stuttgart (**V U P 2-1 bis V U P 2-9**)
- **Pschyrembel** (2001) Klinisches Wörterbuch. De Gruyter, Berlin (**V U O 6 (259)**)
- **Netter FH** (1995) Atlas der Anatomie des Menschen. Thieme, Stuttgart (**V V A 9**)
- **Brooker C** (1997) Struktur und Funktion des menschlichen Körpers. Urban & Schwarzenberg, München (**V V A 10 Hau 18**)
- **Thiel W** (1999) Photographischer Atlas der praktischen Anatomie. Springer, Berlin (**V V A 21-2 Hau**)
- **Dietrich K** (2002) Medizinische Fachkunde für Arzthelferinnen. Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten

Oberstes Lernziel ist die Faszination und die Freude an der eigenen Erkenntnis. Das vielfach gefürchtete vokabelhafte Erlernen von medizinischen Fachbegriffen wird dabei auf ein Minimum reduziert und nur so weit gefordert, wie es zu einer **herrschaftsfreien Kommunikation mit den weiteren Gesundheitsberufen nötig ist**.

Daher sind die unterstrichenen Fachbegriffe (und nur die unterstrichenen) in diesem Skript prüfungsrelevant.

Liebe Studierende, wenn Sie funktionelle Anatomie lernen, lernen Sie sehr viel über sich selber, denn Sie selber und ihr eigener Körper sind ihr bestes und immer greifbares Studienobjekt. Vorlesung und Skript können naturgemäß nur die grundlegendsten anatomischen Fakten vermitteln und sollen Sie zum weiteren Nachlesen ermuntern.

Das vorliegende Skript entstand während des Wintersemesters 2005 / 2006 als Gemeinschaftsarbeit mit den Studierenden des ersten Studiensemesters¹.

Die Studierenden haben hierbei oft sogar noch zusätzliche Hintergrundinformation zusammengetragen, die während der Vorlesung nicht erwähnt worden war. Solche Zusatzinformationen erscheinen in diesem Skript als Fußnoten.

Ich danke den fleißigen Protokollführerinnen und Protokollführern und hoffe, Ihr Interesse für die funktionelle Anatomie geweckt zu haben. Bleiben Sie neugierig und lassen Sie sich von der Faszination der Humanwissenschaft anstecken!

J.G.

¹ Mitgewirkt haben: Jenny Brinkmann, Olivia Cwieluch, Maria Donat, Sebastian Fuchs, Kathrin Gemballa, Sarinah Go, Kornelia Grave, Susanne Hunink, Monika Kietzmann, Bernadette Kleist, Sarah Kohls, Patricia Lambers, Freyke Müller, Tabea Oerter, Linda Paech, Simona Schmedemann, Kathrin Spitzer, Bea Timmermann, Nele Treckmann, Susanne Wonnay

Inhalt

1. Grundlagen der Humanbiologie	5
2. Gewebe	14
3. Bewegungsapparat	20
4. Herz- Kreislauf- System	24
5. Atmungsorgane	29
6. Blut	31
7. Verdauungsorgane, Überblick	36
8. Speisröhre (Ösophagus)	39
9. Magen (Gastér)	40
10. Dünndarm (Jejunum und Ileum)	42
11. Dickdarm (Colon)	46
12. Leber (Hepar)	47
13. Bauchspeicheldrüse (Pankreas)	48
14. Überblick über die Verdauungsvorgänge	50
15. Nieren und Wasserhaushalt	51
16. Nervensystem	53
17. Hormonale Steuerung	

1. Grundlagen der Humanbiologie

Körperachsen und Ebenen

Die Anatomie benutzt einige spezifische Begriffe zur Orientierung im menschlichen Körper:

Sagittalachse (von vorne nach hinten)
Längsachse (von oben nach unten)
 Querachse

Zum Kopf hin: kranial
 Zum Steiß hin: kaudal

Nach vorne: ventral
 Nach hinten: dorsal
 Zur Mitte: medial
 Nach außen: lateral

Auf die Gliedmaßen bezogen:

Zum Rumpf hin: proximal
 Nach außen hin: distal

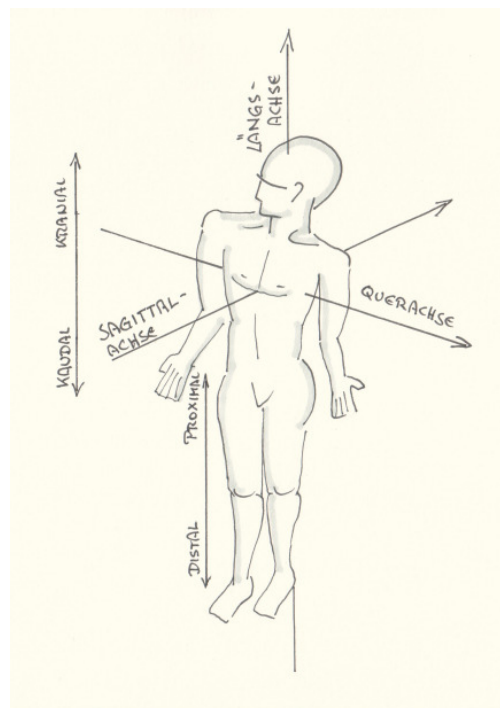


Abb. 1: Körperachsen und Ebenen

Zellen

Der menschliche Körper besteht aus rund 75×10^{12} Zellen, wobei die roten Blutkörperchen mit der Anzahl von 25×10^{12} Zellen die am häufigsten vorkommende Zellart ist. Das Gehirn hingegen steuert „nur“ 100 Milliarden Zellen bei, welche zudem nicht mehr teilbar und daher bei Schädigung unersetzbar sind.

Zelleigenschaften, Eigenschaften des Lebens allgemein sind:

- Stoffwechsel
- Vermehrung
- Reizaufnahme

Stoffwechsel

Eine Zelle benötigt Energie, um ihre geordnete Struktur beizubehalten. Der laufende Energieverbrauch auch bei völliger Untätigkeit eines lebenden Organismus wird alleine schon durch die physikalische Neigung zu zunehmender Unordnung (Entropie) nötig. Ohne Energiezufuhr zerfällt ein Lebewesen rasch wieder in seine Bestandteile.

Vermehrung

Alle Körperzellen sind zur Zellteilung fähig; Ausnahme sind sowohl Muskelzellen als auch Nervenzellen.

Reizaufnahme

Ein weißes Blutkörperchen erkennt so zum Beispiel die Anwesenheit von Bakterien anhand ihrer Oberfläche und Ausscheidungen, vereinnahmt die Bakterienkolonie und tötet diese dann mit Hilfe ihrer Enzyme in Vakuolen ab.

Aufbau der Zelle

- Vergrößerungsprinzip der Oberfläche durch Ausfaltung der Zellwand
- Wichtigster Bestandteil der Zelle ist der Zellkern (nucleus)
- Zellkern enthält die DNA („Bauplan“ der Zelle)
- Jede Körperzelle enthält diesen „Bauplan“
- Organellen sind die spezifischen Strukturen der Zelle („Organe“)
- Mitochondrien liefern die Energie, das sogenannte ATP (=Adenosintriphosphat)
 $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}$ (Energie wird frei)
- Die freigesetzte Energie wird für den Stoffwechsel benötigt
- Der Golgiapparat produziert Enzyme, welche über ein Festsetzen an die Zellwand nach aussen abgegeben werden
- Das Endoplasmatische Retikulum führt eine Synthese zur Herstellung von Proteinen durch.
- Keinen Zellkern besitzen die ausgereiften roten Blutkörperchen, die im Knochenmark gebildet werden und vor ihrer Freisetzung ins Blut den Kern ausstoßen. Nach ca. 120 Tagen sterben sie ab, werden von der Milz aufgefangen und ihre Bestandteile der Wiederverwertung zugeführt.

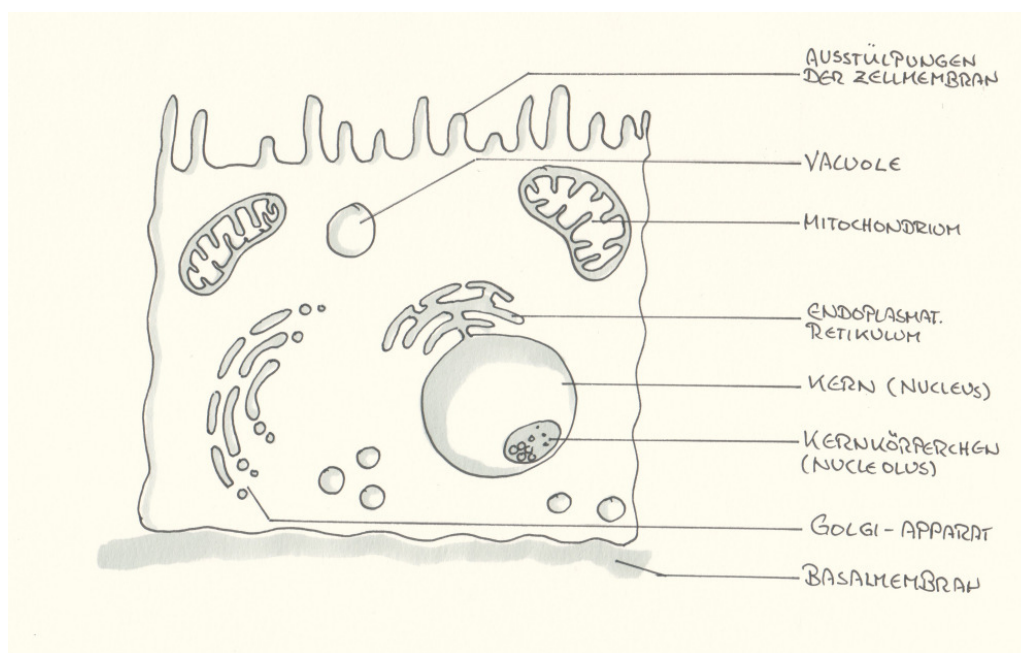


Abb. 2: Grundelemente der Zelle

Die Zellmembran

Die Zellmembran ist das wichtigste Strukturelement der Biologie und teilt die Zelle in einen Außen- und Innenbereich. Trotzdem stellt die Zelle ein **offenes System** dar, indem z.B. durch Osmose, Endo- und Exozytose Stoffe in die Zelle hinein bzw. aus ihr heraus transportiert werden können.

Funktionen von Membranen

- Sie dienen der Trennung von plasmatischen (proteinreichen; z.B. Grundplasma) und nichtplasmatischen (wasserreichen; z.B. Zellsaft in Vakuolen) Räumen.
- Sie dienen der Abgrenzung unterschiedlicher Reaktionsräumen (= Kompartimente). An jeder Membran grenzt auf der einen Seite ein plasmatischer und auf der anderen Seite ein nichtplasmatischer Raum.
- Sie regulieren den Stoffaustausch zwischen Zellen und Umgebung, und Organellen und Grundplasma.
- Sie besitzen eine Rezeptorfunktion, d.h. sie dienen dem Einbau von Hormonen und Enzymen und daraus folgend der Informationsaufnahme.
- Sie sind wesentlich am Aufbau eines elektronischen Potentials beteiligt (Neurobiologie)
- Sie erkennen Nachbarzellen und fremde Zellen, da die aus der Zellmembran herausragenden Kohlenhydratketten und die Membranproteine Kontakt- und Erkennungszonen zwischen Zellen sind. (Immunbiologie)

Bau der Membran

- Untersuchungen an roten Blutkörperchen zeigten, dass die Membran aus zwei Lagen von Lipiden besteht (= Lipiddoppelschicht).
- Unter Wasser bilden Membranlipide eine Doppelschicht, wobei die lipophilen (fettlöslichen) Molekülteile nach innen, und die hydrophilen (wasserlöslichen) Enden nach außen gerichtet sind.
- Die größeren Membranproteine durchziehen die gesamte Membran, die kleineren nur eine der beiden Lipidschichten.
- Manche Proteine sind nur lose an der Membran angelagert (z.B. Rezeptorproteine) und können (wie auch die Membranlipide) Kohlenhydratketten tragen (sind Kontakt- und Erkennungszonen).
- Die Membran ist kein festes Gebilde. Die Lipidmoleküle verschieben sich aufgrund der Wärmebewegung der Teilchen fortlaufend gegeneinander und die Proteine bewegen sich in der zähflüssigen Lipidschicht.

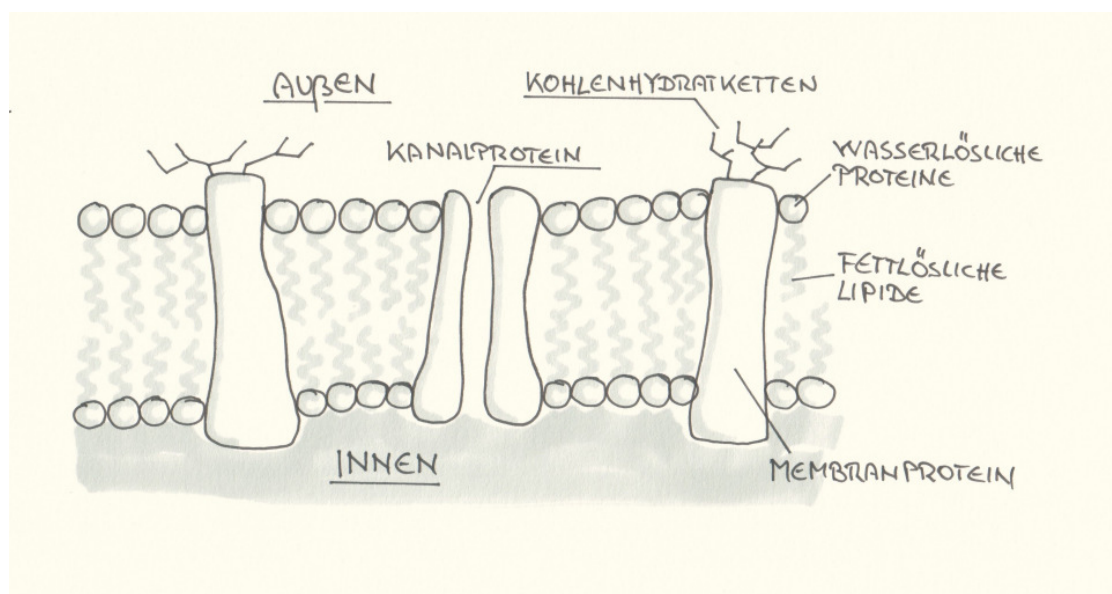


Abb. 3: Aufbau der Zellmembran

Transportsysteme

Die Zelle nimmt laufend Stoffe aus ihrer Umgebung auf, um sie umzusetzen und die Reaktionsprodukte wieder an ihre Umgebung abzugeben

Passiver Transport (ohne Energieaufwand)

Diffusion und Osmose

Diffusion ist das gegenseitige Durchmischen von miteinander in Berührung stehender (gasförmiger oder flüssiger) Stoffe aufgrund der Brown'schen Molekularbewegung (aufgrund der Energie, die jedes Teilchen besitzt und der daraus resultierenden Eigenbewegung). Sie stoßen so lange aneinander, bis sie optimal im Raum verteilt sind.

Osmose ist eine Diffusion durch eine semipermeable (halbdurchlässige) Membran. Man kann somit sagen, die Osmose ist ein Spezialfall der Diffusion.

Während die Membran versucht, zwei Räume voneinander abzutrennen, ist sie doch für manche Stoffe durchlässig (z.B. rote Blutkörperchen platzen in destilliertem Wasser, weil dieses durch die Membran eindringt).

Sowohl Aufnahme und Abgabe allgemein, als auch die Richtung der Stoffbewegung hängen vom Konzentrationsgefälle ab. Die Zelle hat keine Möglichkeit, die Aufnahme und Abgabe durch Diffusion und Osmose zu steuern.

Erleichterte Diffusion

unter Mitwirkung spezifischer Membranproteine (Trägerproteine oder Proteinkanäle).

Trägerproteine (Carrier) nehmen das zu transportierende Molekül auf und geben auf der anderen Membranseite wieder ab.

Ionenkanäle sind spezifische Proteinkanäle, die nur ganz bestimmte Ionen durchlassen. Sie öffnen sich auf ganz bestimmte Signale (z.B. Potentialänderung)

Aktiver Transport (mit Energieaufwand)

findet ebenfalls an Membranproteinen statt, welche jeweils nur ein ganz bestimmtes Molekül oder Ion transportieren.

Transportmoleküle sind wieder Trägerproteine und Ionenkanäle, wobei Ionenkanäle viel schneller transportieren als Trägerproteine.

Endo- und Exocytose

Endozytose (Aufnahme)

diverse Stoffe (z.B. Nahrungspartikel) können von Zellmembran bläschenförmig umschlossen werden,

Bläschen (Vesikel) trennt sich von Membran und wandert ins Zellinnere

Exozytose (Abgabe)

Dictyosom schnürt GOLGI-Vesikel ab, welche zur Zelloberfläche wandern und dort ihren Inhalt abgeben,

Vesikel lösen sich nach der Entleerung wieder und werden für erneuten Transport verwendet (Membranrecycling).

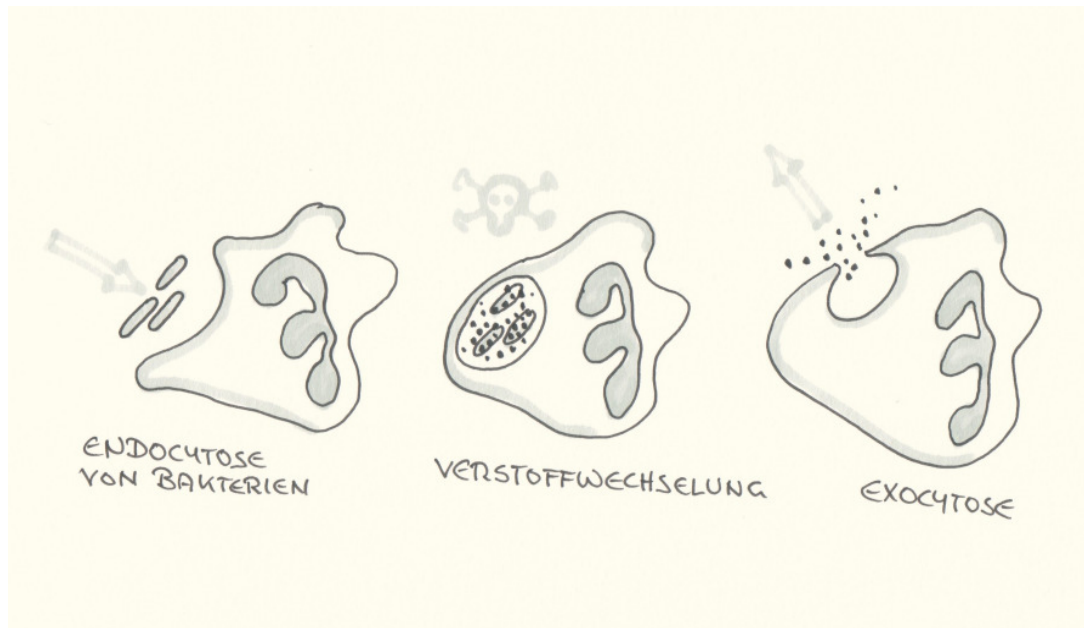


Abb. 4: Endocytose und Exocytose durch ein weißes Blutkörperchen

Ein kurzer Blick in die Evolution – Die Entstehung der Zellmembran²

Sexuelle Fortpflanzung

- Sexualität: System der Anpassung von Lebewesen an sich ändernde Lebensbedingungen/ Umweltfaktoren durch **Austausch von „Bauplänen“**
- Problem der asexuellen Vermehrung (Ableger): Aussterben der Lebewesen bei sich ändernden Lebensbedingungen oder Umweltfaktoren.

DNA (Desoxyribonukleinsäure)

**Die DNA steuert andauernd:
die Lebensvorgänge aller Zellen durch Proteinsynthese
und die Zellvermehrung durch eigene Vervielfältigung**

DNA ist ein Polynucleotid, wobei die einzelnen Nucleotide aus einer organischen Base, aus dem Zucker Desoxyribose und Phosphorsäure (Phosphatrest) bestehen
Die organischen Basen lassen sich aufgrund ihrer Struktur in zwei Gruppen einteilen:

² in der Ursuppe befanden sich unter den vielfältigen organischen Stoffen wasserlösliche und wasserunlösliche, aber auch welche, die sowohl wasserlösliche als auch wasserunlösliche Molekülgruppen enthielten.

Die Ursuppe hatte Moleküle mit dieser Eigenschaft, wobei die Moleküle sich, mit Wasser in Verbindung gebracht, immer einlagig an der Wasseroberfläche ansammelten.

Durch Sturm kam es dann zur Durchmischung, und ein Wassertropfen wurde unter die Wasseroberfläche gezogen.

Die wasserunlösliche Seite des Tropfens berührt unter Wasser nun ebenfalls die wasserunlösliche Seite der Wasseroberfläche und hält an ihr fest.

Somit wurde der Wassertropfen vom Wasser umschlossen und bildet einen Flüssigkeitsbereich, der von einer Doppelschicht umschlossen ist.

Nach diesem Grundprinzip erklärt sich die Entstehung der Zellmembran.

Purinbasen („länger“)	Pyrimidinbasen („kürzer“)
Bestehen aus einem Sechser- und einem Fünfering	Bestehen nur aus einem Sechserring
Adenin	Thymin
Guanin	Cytosin

Dabei verbinden sich immer Adenin & Thymin, und Guanin & Cytosin

A+T **G+C**

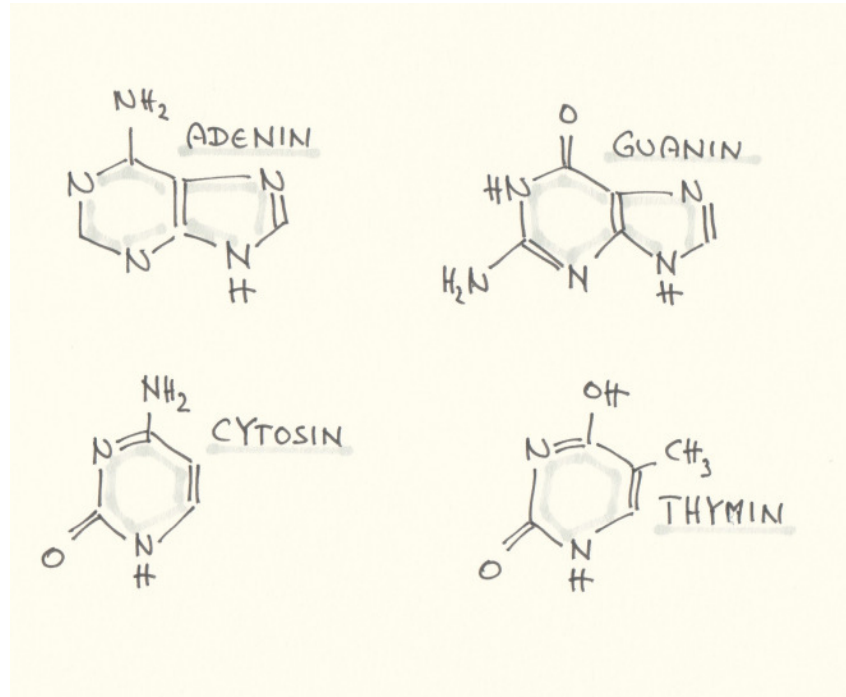


Abb. 5: Struktur der Purinbasen und Pyrimidinbasen

Entspiralisiert man die Doppelhelix der DNS, erkennt man zwei Stränge von Nukleotiden. In diesen Strängen sind jeweils die Basen komplementär (gegensätzlich) aneinandergereiht. Das bedeutet, dass sich jeweils die Basen Adenin & Thymin, und die Basen Guanin & Cytosin verbinden. Hat der eine Strang zum Beispiel von rechts nach links gelesen die Basensequenz T T C G T G, so hat der komplementäre Strang die Reihenfolge A A G C A C. Jeweils drei Basen verschlüsseln eine Aminosäure. Im Beispiel würde die komplementäre Basensequenz AAG CAC die beiden Aminosäuren Lysin (AAG) und Histidin (CAC) verschlüsseln. Drei Basen zusammen nennt man ein **Basentriplett**.

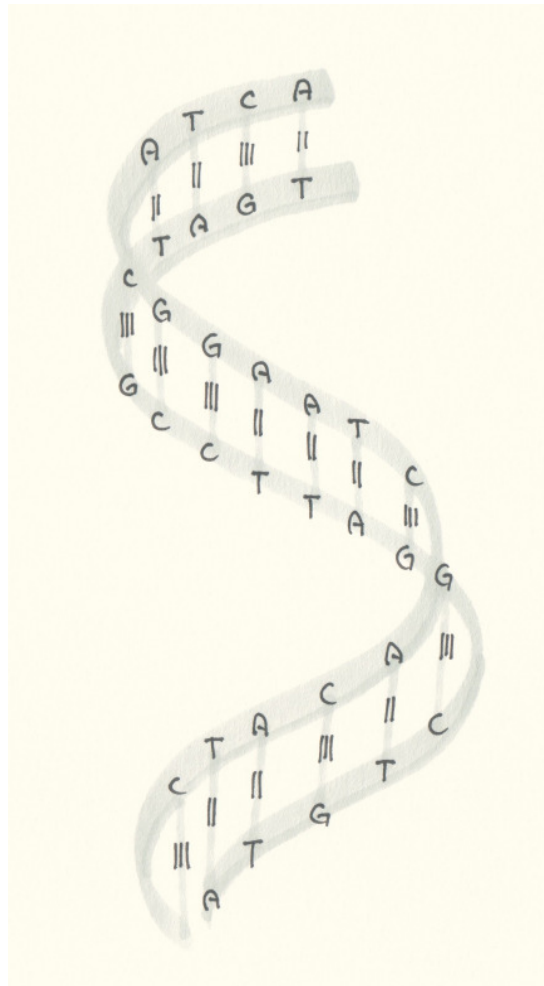


Abb. 6: Basenpaare in der DNS

Die Aminosäuren

Das Leben auf unserem Planeten nutzt nur 20 verschiedene Aminosäuren, aus denen alle Proteine zusammengesetzt sind.

Von diesen 20 AS sind 8-10 AS für den Menschen essentiell, d. h. sie können nicht vom Körper selbst hergestellt, sondern müssen über die Nahrung aufgenommen werden; Die restlichen AS können vom Körper selbst aus anderen Molekülen synthetisiert werden, sind also nichtessentiell.

Ein Basentriplett auf dem DNA-Strang codiert jeweils eine AS.

Grundsätzlich sind alle AS gleich aufgebaut: sie besitzen ein zentrales Kohlenstoffatom, das mit vier verschiedenen Gruppen bzw. Atomen verbunden ist:

- eine **COOH**-Gruppe (Carboxylgruppe; sauer)
- einer **NH₂**-Gruppe (Aminogruppe, basisch)
- einem Wasserstoffatom und
- einem **variablen Rest**, durch den sich die AS voneinander unterscheiden.

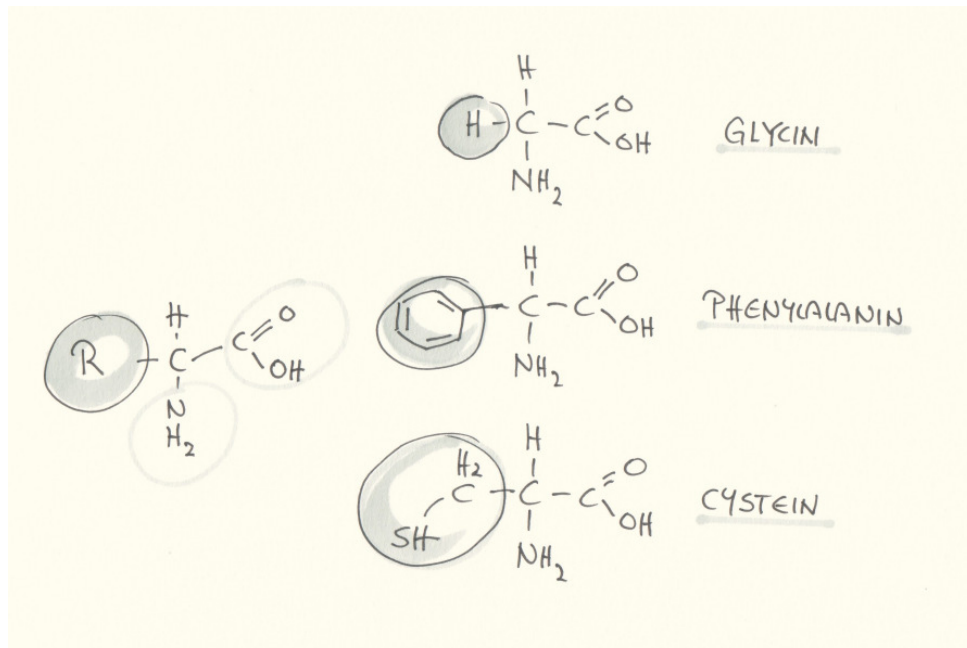


Abb. 7: allgemeine Struktur der Aminosäuren und einzelne AS-Beispiele

AS verbinden sich unter Abspaltung von Wasser zu immer länger werdenden Ketten:

2 AS	Dipeptid
3 AS	Tripeptid
> 3 AS	Polypeptid
> 100 AS	Protein (Makroeiweißmolekül)

die meisten menschlichen Proteine bestehen aus 100 bis 500 AS; Aufgrund der Anzahl von 20 AS und der Veränderlichkeit der Reihenfolge dieser ergibt sich eine riesige Zahl unterschiedlicher Proteine.

Damit das Protein z. B. als Enzym funktionsfähig sein kann, müssen sich die AS-Ketten ähnlich einem Wollknäuel falten und ein dreidimensionales Gebilde einnehmen.

Geht diese 3D-Struktur z. B. durch Hitzeeinwirkung verloren (Denaturierung), kann das Protein seine biologische Funktion nicht mehr erfüllen (Beispiel einer medizinischen Anwendung: Desinfektion und Sterilisation = Abtöten von Bakterien und Viren).

Die Proteinbiosynthese

als Proteinbiosynthese wird die Herstellung von Eiweißen bezeichnet, diese wird an den Ribosomen im Zytoplasma der Zellen durchgeführt, die Erbinformation (DNA) befindet sich jedoch im Zellkern. Durch diese räumliche Trennung ist es erforderlich, eine **Zwischenkopie**, die m-RNA (messenger-Ribonukleinsäure) zu bilden, die die Erbinformation vom Zellkern aus zu den Ribosomen transportiert.

Die Proteinbiosynthese gliedert sich in zwei Abschnitte³:

³ Transkription (Matrizenherstellung)

die Herstellung der m-RNA wird als Transskription bezeichnet. Dieser Vorgang startet mit der Entspiralisierung der DNA und dem Aufbrechen des Doppelstranges; nun liegen die Basentriplets frei und RNA-Moleküle können sich nach dem Basenpaarungsprinzip (A+T; T+A, C+G und G+C) anlagern und verketteten sich zum m-RNA-Strang; hierbei werden die gebildeten Basentriplets als Codone bezeichnet.

Die Basenfrequenz des gebildeten m-RNA-Stranges ist somit komplementär zum codierten DNA-Strang.

Die Zellteilung (Mitose)

neue Körperzellen entstehen ausschließlich durch die Teilung bereits vorhandener Zellen; die Teilung ist eine Zellfunktion.

Die häufigste Art der Zellteilung wird Mitose genannt, wobei sich die Mutterzelle in jeweils erbgleiche Tochterzellen teilt (das passiert z. B. auch unmittelbar nach der Befruchtung der Eizelle bei eineiigen Zwillingen).

Die Reifeteilung (Meiose)

jeder gesunde Mensch besitzt einen diploiden (zweifachen) Chromosomensatz mit 2×23 Chromosomen (23 mütterliche und 23 väterliche).

Sowohl Eizelle als auch Samenzelle enthalten nur einen einfachen (haploiden) Chromosomensatz von 23 Chromosomen, die sich dann nach der Befruchtung wieder zu einem diploiden Satz in der neuen Zelle vereinen; Die Reduktion eines di- zu einem haploiden Chromosomensatz ist eine besondere Art der Zellteilung und wird Reifeteilung, oder auch Reduktionsteilung genannt.

Hierbei führt die Neuverteilung der Gene (Rekombination) zu einer Durchmischung des Erbgutes, das ist der Sinn und der Vorteil sexueller Vermehrung.

Bei Männern entstehen permanent aus einer unreifen Keimzelle 4 Spermien, bei Frauen entsteht jedoch aus einer Keimzelle nur eine funktionsfähige Eizelle, Mädchen kommen bereits mit einem komplett ausgestatteten Satz an Eizellen auf die Welt.

Humangenetik

bei der Meiose kann es zur Fehlverteilung von Chromosomen kommen; in fast allen Fällen führt das Fehlen eines Chromosoms (Monosomie) oder aber das Vorhandensein eines überzähligen Chromosoms (Trisomie) zum Fruchttod.

Kommt es nicht zum Fruchttod, werden Neugeborene mit **charakteristischen Symptomenkomplexen (Syndromen)** geboren:

Beispiele: Trisomie 21 (Down-Syndrom)

(Fortsetzung von voriger Seite)

Die neu gebildete m-RNA wandert nun durch die Poren der Zellmembran zu den Ribosomen ins Zytoplasma und dient bei der nachfolgenden Translation als Matrize.

Translation (Übersetzung der Matrize)

Die Übersetzung der m-RNA in die Aminosäurefrequenz der Proteine wird als Translation bezeichnet.

Während der Proteinbiosynthese wandert das Ribosom entlang der RNA von Codon zu Codon und „übersetzt“ diese in die jeweiligen Aminosäuren.

Die benötigten Aminosäuren werden von den sehr beweglichen und kleinen t-RNA (transfer-Ribonucleinsäure) zu den Ribosomen transportiert.

Die t-RNA (Schlüssel) lagert sich dann mit ihrem Anticodon, also dem Gegenstück des Codons an die m-RNA an (Schloss); das Triplett der t-RNA übersetzt sozusagen den Code der m-RNA in den ursprünglichen Code der DNA zurück.

Wenn sich die AS mit der entstehenden Peptidkette verbunden hat, kehrt die t-RNA ins Zytoplasma zurück, um sich mit einer neuen „herumschwimmenden“ Aminosäure zu verbinden.

Das Ende der Proteinbiosynthese wird durch ein sogenanntes Stopp-Codon signalisiert; Auf dieses Triplett passt kein weiteres Anticodon, es kann also keine weitere AS mehr zum Strang hinzugefügt werden. Das Protein wird nun ins Zytoplasma entlassen und steht dort zur Verfügung.

Bei den Geschlechtschromosomen führen das Fehlen bzw. das überzählige Vorhandensein im Regelfall nicht zum Fruchttod, aber zu Beeinträchtigungen und zur Aufhebung der Fortpflanzungsfähigkeit

Beispiele: Turner-Syndrom bei Frauen (X0), Klinefelter-Syndrom bei Männern (XXY).

2. Gewebe

Gewebe (Zellverband gleichartiger Zellen)

vier Gewebearten:

Epithelgewebe

Plattenepithel (Haut; schützt)
Schleimhaut (nimmt auf)
Drüsen (produzieren)
Sinnesepithel (z. B. Netzhaut)

Bindegewebe

Knorpel
Knochen
Sehnen
Fett

Muskelgewebe

Glatte Muskeln (können nicht beeinflusst werden, innere Organe)
Quergestreifte Muskeln (können bewusst bewegt und trainiert werden)
Herzmuskulatur (spezielle unermüdliche Muskulatur)

Nervengewebe

Nerven sind zur Reizübertragung fähig und können zu den größten Zellen im Körper gehören (über 100 cm Länge möglich).

Epithelgewebe

Epithelzellen sitzen auf einer Grundhaut (**Basalmembran**) und bekleiden äußere oder innere Oberflächen.

Funktionen:

Schutzfunktion (z.B. Oberhaut oder Epidermis)
Stoffabgabe oder Sekretion (z.B. Drüsen)
Stoffaufnahme oder Resorption (z.B. Darmschleimhaut)
Reizaufnahme (z.B. Sinneszellen in der Netzhaut)

Man unterscheidet nach der Funktion **drei Arten** von Epithelgewebe:
Oberflächenbildendes Deckepithel, Drüsenepithel, Sinnesepithel.

Bei dem oberflächenbildenden Deckepithel unterscheidet man nach der **Form**:

Einschichtiges Plattenepithel: durchlässig für Gase und lösliche Stoffe (in Gefäßen, z.B. Blutgefäße, Lunge, Auskleidung des Bauch- Brustfells).

Einschichtiges kubisches Epithel: würfelartige Zellen (z.B. in den Harnkanälchen der Niere).

Mehrschichtiges verhorntes Epithel: die unteren Zellen dienen der Erneuerung; neugebildete Zellen wandern zur Oberfläche, sterben ab, verlieren ihren Kern und werden als Hornschuppen abgestoßen (z.B. oberste Hautschicht).

Mehrschichtiges unverhorntes Epithel: alle Zellen, bis in die oberste Schicht sind vital, enthalten also einen Zellkern (z.B. Schleimhäute der Mundhöhle, Speiseröhre).

Mehrreihiges Epithel: verschiedene Zelltypen sitzen auf der Basalmembran nebeneinander; die unterste Zellreihe (Ersatzzellen) erreicht die Oberfläche nicht (z.B. Atemwege: Schleim produzierende Becherzellen und Schleim transportierende Zellen mit Flimmerhaaren liegen nebeneinander).

Übergangsepithel: oberste Zellage aus großen, z.T. mehrkernigen Deckzellen; kann sich Oberflächenveränderungen wie Dehnen oder Zusammenschieben anpassen (z.B. Harnwege).

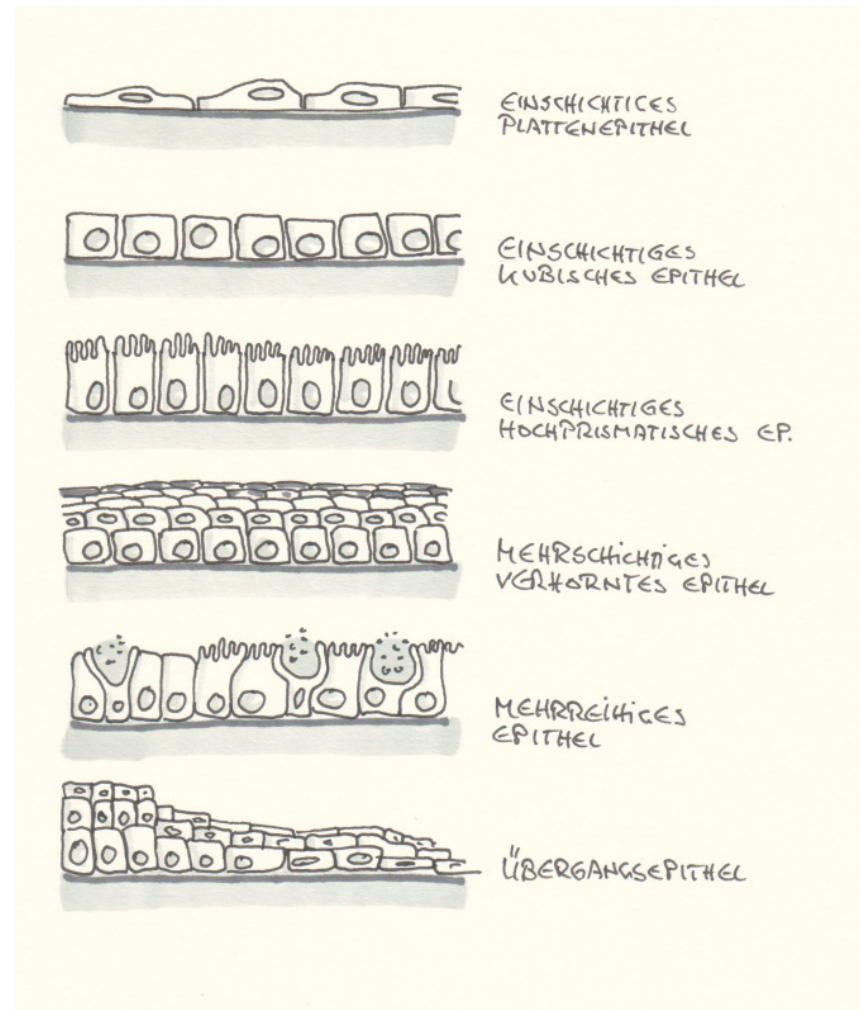


Abb. 8: Aufbau verschiedener Epithelien

Bindegewebe

Bindegewebe besteht aus Zellen und Zwischenzellsubstanz (Interzellulärsubstanz).

Fasern im Bindegewebe:

Drei verschiedene Arten: Kollagenfasern sind fest (z.B. Sehnen), Elastische Fasern sind flexibel (z.B. Ohrknorpel, Bereich Nase, Luftröhre), Retikulumfasern bilden Netzstrukturen z.B. um Fettropfen im Fettgewebe.

Funktionen des Bindegewebes:

Bindefunktion (z.B. Sehnen und Bänder)

Stoffwechsel (Verteilen von Nähr- und Ausscheidungsstoffen)

Wasserhaushalt (Ödeme sind abnorme Wasseransammlungen im Gewebe)

Wundheilung (Prinzip des horror vacui (Angst vor Leere): im Körper werden alle Hohlräume mit Bindegewebe ausgefüllt, z.B. Risse durch Narbengewebe geschlossen)

Abwehr

Speicherung

Embryonales Bindegewebe (Mesenchym)

Ist das Grundgewebe, aus dem die Zellen der Binde- und Stützgewebe hervorgehen; zunächst unspezifisch, durch bestimmte Reize bilden sich die unterschiedlichen Bindegewebsformen heraus:

Bewegung und Druck führen zur Bildung von Knorpel

Zug führt zur Bildung von Sehnen

Ruhe führt zur Bildung von Knochen

(Jetzt wird auch verständlich, warum ein Knochenbruch gescheit werden muss und warum unbewegte Gelenke verknöchern)

Fettgewebe

Dient als Energiespeicher, Baufett (in Hohlräumen z.B. hinter den Augäpfeln oder als Unterhautfett zum Abpolstern) und Wärmeisolierung.

Mann und Frau haben hormonell bedingt eine unterschiedliche Fettverteilung.

Es gibt zwei Typen von Fettgewebe: braunes Fett besteht aus Fettzellen, die mit mehreren kleinen Fetttropfen gefüllt sind; gelbes Fett bildet den Großteil des Fettgewebes, bei dem die Zellen mit einem einzigen großen Fetttropfen gefüllt sind.

Knorpel

Ist besonders widerstandsfähig, druck- und biegungselastisch

Die rundlichen Knorpelzellen liegen in kleinen Gruppen (Zellnester/ -familien) in Hohlräumen der Knorpelgrundsubstanz.

Man unterscheidet drei Knorpelarten:

Hyaliner Knorpel ist durchscheinend und überzieht die Gelenkflächen (z.B. Rippenknorpel, Nasenscheidewand);

Elastischer Knorpel enthält neben den Knorpelzellen elastische Netze in der Grundsubstanz (z.B. Ohrknorpel, Kehledeckel);

Faserknorpel besteht hauptsächlich aus Fasergewebe und nur zu einem geringen Anteil aus Grundsubstanz, er ist besonders widerstandsfähig und tritt vor allem dort auf, wo Muskeln und Knochen zusammenkommen (z.B. Zwischenwirbelscheiben, Kniegelenksknorpel).

Knochen

Knochenzellen (Osteozyten) bauen um Blutgefäße (Kapillaren) herum die Knochengrundsubstanz auf. Im aktiven Zustand heißen sie Knochenbildungszellen (Osteoblasten). Zusätzlich gibt es knochenabbauende Zellen (Osteoklasten).

Die Knochengrundsubstanz besteht aus einem kleineren organischen Teil (Zellen und Fasern), dem Osseinen und einem größeren anorganischen Teil, den Mineralsalzen (z.B. Calcium). Die Kollagenfasern (Zwischenzellgewebe) bewirken die Biegefestigkeit der Knochen.

Man unterscheidet den kompakten Knochen (Kompakta), der die Rindenschicht bildet und den Bälkchenknochen (Spongiosa), der das Innere des Knochens an den Gelenkenden ausfüllt. Ansonsten befindet sich im Inneren des Knochens die Markhöhle mit dem Knochenmark. Die Knochenbälkchen folgen den Druck- und Zuglinien auf den Knochen und bilden eine Art Gerüst (vgl. Kran oder Fachwerk). Dies hat den Vorteil, dass mit einem Minimum an Material und Gewicht ein Maximum an Stabilität erreicht wird.

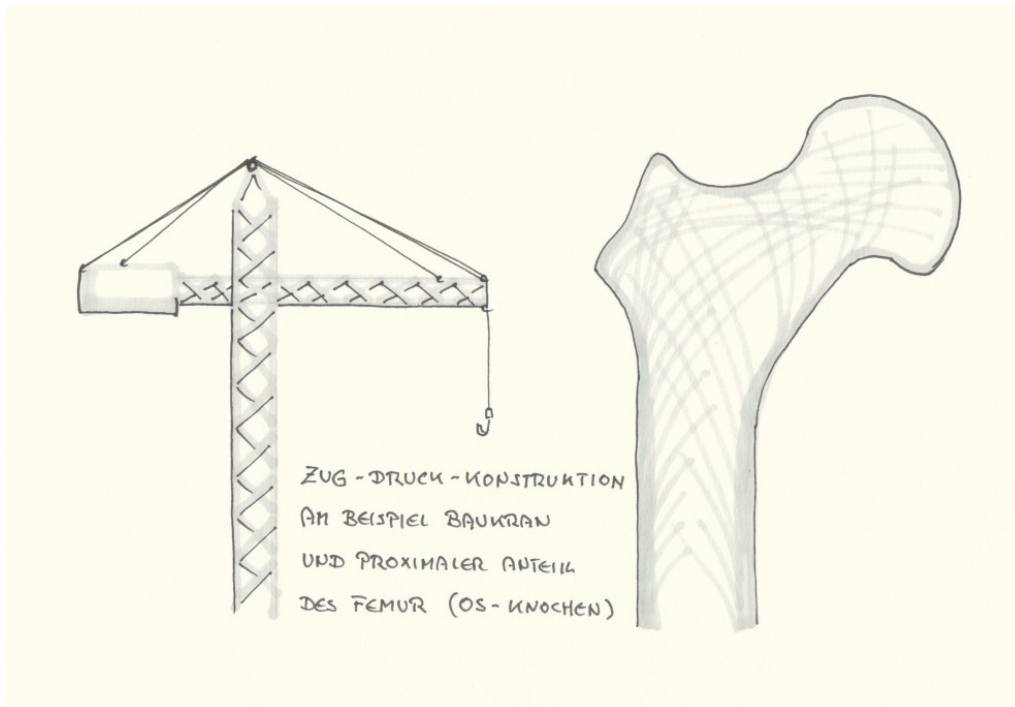


Abb. 9: Vergleich der Konstruktion von Kran und Oberschenkelknochen

Einige wichtige Begriffe aus dem klinischen Sprachgebrauch:

Endung -ose = chronische Entzündung oder Erkrankung

Endung -itis = akute Entzündung

(z.B. Arthrose, Arthritis)

Muskel- und Nervengewebe

Muskel und Nervengewebe haben einen ähnlichen Aufbau. Sie sind erregbar durch bestimmte Reize. Nervenzellen beispielsweise durch Strom, Licht, Druck, Temperatur und Hormone.

Das Ruhepotential

An der Membran einer Nervenzelle herrscht auch in unerregtem Zustand ein gewisses Potential, das so genannte Membran- oder Ruhepotential. Dies liegt bei etwa -70mV und kommt durch eine unterschiedliche Verteilung verschiedener Ionen innerhalb und außerhalb der Zellmembran zustande. Innerhalb einer Zelle gibt es viele Kaliumionen und wenig Natriumionen, während man außerhalb der Zellmembran viel Natrium und wenig Kalium vorfindet. Neben Natrium gibt es außerhalb der Zellmembran noch negativ geladene Chloridionen, das Milieu hier ist aber trotzdem positiv.

In der Zelle herrscht ein negativer Zustand, der bedingt ist durch negativ geladene Proteinmoleküle (organische Anionen), die aufgrund ihrer Größe die Membran nicht passieren können.

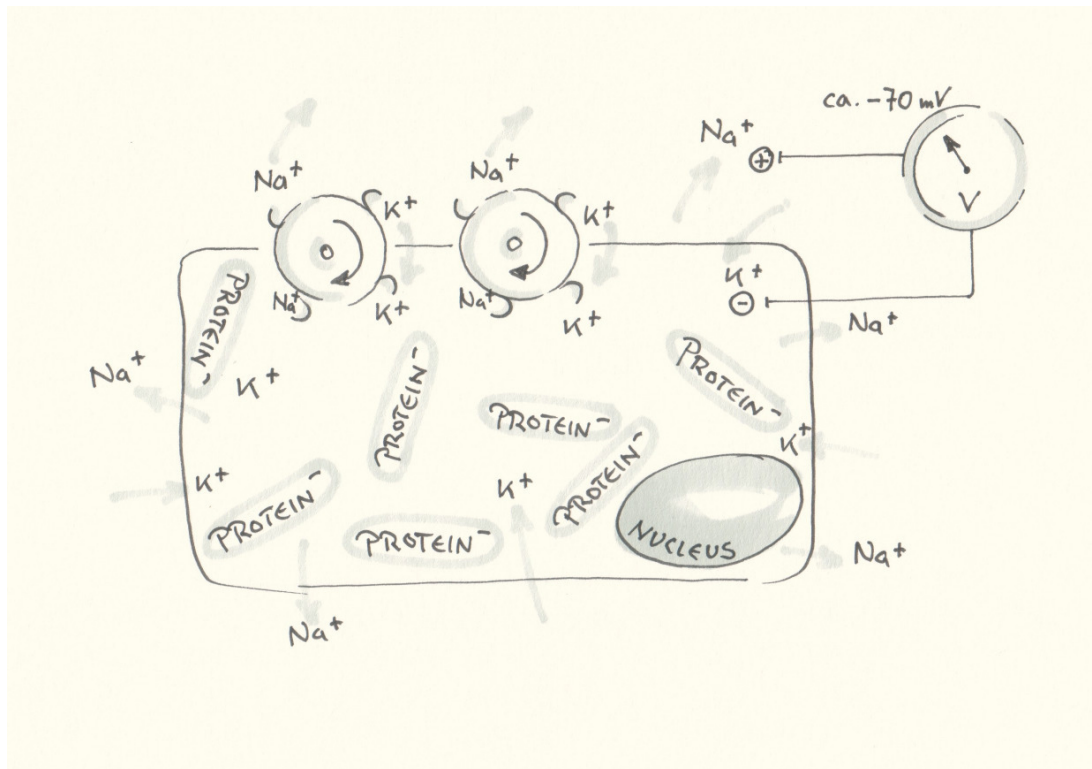


Abb. 10: Entstehung des Ruhepotentials der Zelle

Entstehung eines Aktionspotentials

Werden Nervenzellen Reizen ausgesetzt, entstehen so genannte Aktionspotentiale durch eine **Ladungsumkehrung an der Zellmembran infolge eines Einstromes von Natriumionen**, d.h. für einen kurzen Moment herrscht innerhalb ein positiverer Zustand als außerhalb. Nach dieser Erregung ist die Zelle bestrebt, den Ruhezustand wiederherzustellen. Dies geschieht durch einen aktiven Transport der zuvor eingeströmten Natriumionen von innen nach außen. Erst wenn der Ruhezustand wieder hergestellt ist, ist eine erneute Erregung möglich.

1. Ruhepotential -70mV
2. Reiz → Natriumeinstrom von außen nach innen
3. aktives Herauspumpen des Na+
4. Ruhepotential

Die Nervenzellen

Nervenzellen bestehen aus einem Zellkörper mit Kern usw. Sie unterscheiden sich von anderen Zellen durch lange Fortsätze (Axone). Eine Nervenzelle kann bis zu einem Meter lang werden.

Die Nervenzelle besitzt nicht nur die Fähigkeit, Reize zu leiten sondern kann auch selbst je nach dem Muster der eingehenden Informationen über die Weiterleitung von Reizen entscheiden:

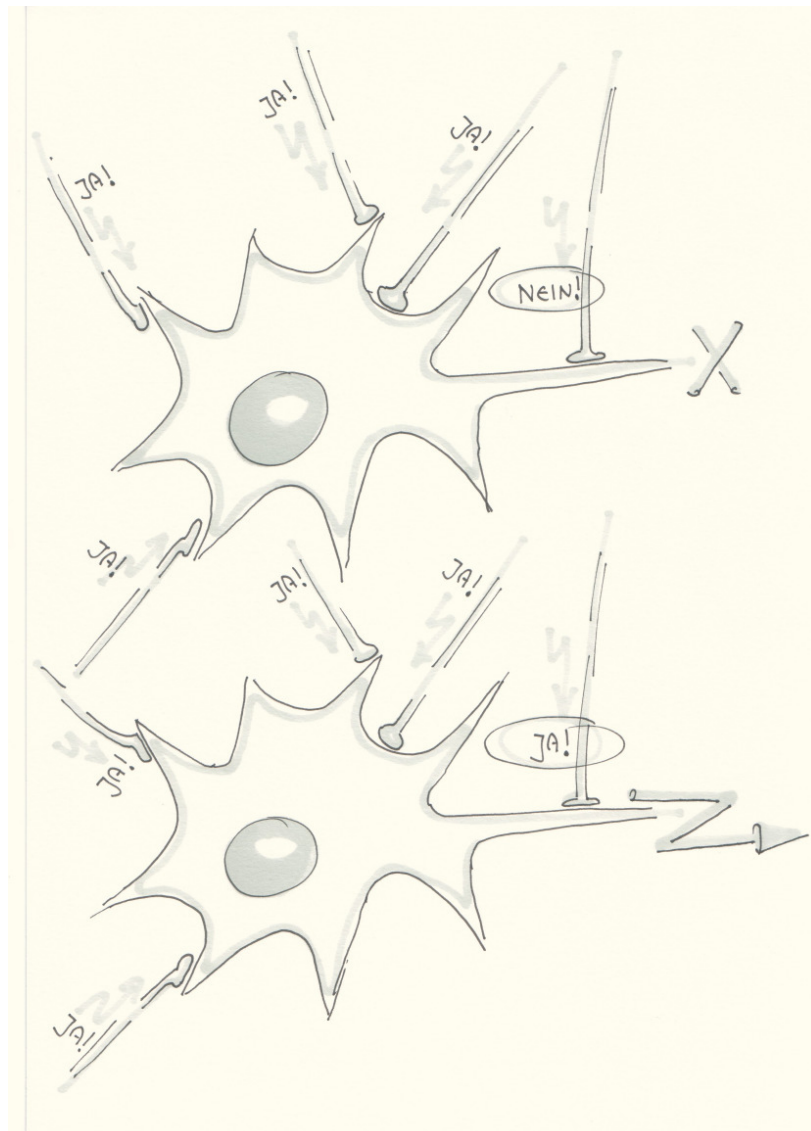


Abb. 11: Integration eingehender Reize durch die Nervenzelle

Jede Nervenzelle steht in Verbindung mit einem Vielfachen an anderen Nervenzellen.

Die Weiterleitung von Reizen erfolgt **innerhalb einer Zelle auf elektrischem Wege, zwischen den verschiedenen Nervenzellen werden Reize chemisch über Synapsen weitergeleitet.**

In diesen Synapsen wird der elektrische Impuls in einen chemischen Impuls umgewandelt und die Information gelangt mit Hilfe von Transmittersubstanzen zur nachfolgenden Nervenzelle. Nervenzellen können sich so gegenseitig in ihrer Aktivität beeinflussen, sich hemmen oder aktivieren.

Erst das Gesamtmuster von Erregungen und Hemmungen entscheidet an jeder Nervenzelle über die Reizweiterleitung.

Muskelgewebe

Es gibt verschiedene Typen von Muskeln: glatte, quergestreifte und Herzmuskeln. Zur glatten Muskulatur gehört die Muskulatur der inneren Organe wie Verdauungsorgane oder Gebärmutter. Auch Blutgefäße (ausgenommen Kapillaren) sind muskuläre Organe. Erschlaffung der Muskulatur aller Blutgefäße bezeichnet man als Schock. Die gesamte glatte Muskulatur und der Herzmuskel sind nicht willkürlich beeinflussbar im Gegensatz zur quergestreiften Muskulatur, zu der die gesamte Skelettmuskulatur zählt.

Die Muskelzelle

Eine Muskelzelle kann man auch als Muskelfaser bezeichnen. Ein Bündel Muskelfasern nennt man Fleischfaser. Ein besonderes Merkmal der Muskelzellen ist, dass sie im Besitz von mehreren Zellkernen sind.

Eine Bewegungseinheit in jeder Muskelzelle besteht aus verschiedenen Teilen, dem Actin und dem Myosin. Im unerregten Zustand stehen die beiden Komponenten nicht in Kontakt. Bei Reizung der Muskelzelle verbinden sich Actin und Myosin. Das Myosin, welches ein Streichholzkopf-ähnliches Ende besitzt, schiebt sich ein Stück weit am Actin entlang nach vorne und es entsteht eine Verbindung. Dies ist der Vorgang der Muskelverkürzung oder auch der Bewegungsvorgang. Hierfür wird eine große Menge an Energie in Form von ATP benötigt, ebenso wie für die Lösung des Myosins vom Actin nach der Verkürzung. Fehlt der Energienachschub beispielsweise nach dem Tod, so können sich die beiden Moleküle nicht mehr voneinander lösen (Leichenstarre).



Abb. 12: Actin- und Myosinfilamente in der Muskelzelle

3. Bewegungsapparat

Spezielle Knochenlehre

Das Knochengewebe bezeichnet ein besonders hartes, skelettbildendes Stützgewebe der Wirbeltiere. Da der Mensch zu den Wirbeltieren gehört, zeichnet er sich durch eine stabile und bewegliche Wirbelsäule aus.

Problem: Durch Aufrichtung des Menschen treten Bandscheibenprobleme auf (bei Tieren seltener).

Die Wirbelsäule (Columna vertebralis)

Halswirbelsäule: 7 Halswirbel

- Sind klein
- Haben kaum Wirbelkörper (erster Halswirbel „Atlas“ ist ein knöcherner Ring, trägt den gesamten Kopf)
- Besitzen eine hohe Beweglichkeit und können so schnell verrenken
- Die Beweglichkeit ist in der HWS am größten

Brustwirbelsäule: 12 Brustwirbel

- Kräftig geformte Wirbel, die den Ansatz der einzelnen Rippen und damit für den gesamten Brustkorb bilden
- Durch Rippenknorpel mit den 12 Rippenpaaren verbunden
- Je älter der Mensch ist, desto starrer sind die Knorpel im Brustkorb

Lendenwirbelsäule: 5 Lendenwirbel

- Werden durch den aufrechten Gang des Menschen stark belastet
- Sie tragen das ganze Gewicht des Körpers und müssen zusätzliche Belastungen aushalten, deswegen bestehen sie aus größeren Wirbelkörpern

Kreuzbein: 5 Kreuzbeinwirbel

Steißbein: 4-5 Steißbeinwirbel

- Kreuzbein- und Steißbeinwirbel sind untereinander knöchern verschmolzen

Die Wirbelsäule besteht aus 24 einzelnen beweglichen Wirbeln, die oberhalb des Kreuzbeins liegen und durch Bandscheiben miteinander verbunden sind. Jeder Wirbel besteht aus einem kompakten Wirbelkörper, an den sich der knöcherne Wirbelbogen anschließt. Dadurch ergibt sich in der Mitte des Wirbelknochens ein Loch, das mit allen Löchern den Wirbelkanal bildet, in dem sich das Rückenmark geschützt befindet. Auf jeder Seite des Wirbelbogens entspringt ein Querfortsatz und auf der Rückseite ein Dornfortsatz, diese Vorsprünge dienen Bändern und Muskeln als Ansatzstellen und machen das Rückgrat auf diese Weise beweglich. Dornfortsätze sind am Rücken sichtbar.

Bandscheiben (oder Zwischenwirbelscheiben)

- Sind Knorpel, bestehend aus Faserring und einem gallertartigem Kern
- Faserring ist mit Wirbelkörper verwoben und kräftigt dadurch die Wirbelsäule
- Gallertkern hat Funktion eines Wasserkissens, das Stöße abfängt und Druck ausgleicht
- Durch Belastung werden die Gallertkerne zusammengedrückt und bei andauernder Entlastung kehren sie in die ursprüngliche Form zurück, deswegen sind wir morgens nach dem Aufstehen etwas größer als am Abend
- Belasten wir uns zu stark, kommt es zum Austritt der Flüssigkeit, die auf die umliegenden Nerven trifft und sehr schmerzt, man spricht von einem Bandscheibenvorfall oder umgangssprachlich „Hexenschuss“
- Eine Bandscheibe kann operativ entfernt werden, die beiden benachbarten Wirbel wachsen dann zusammen (Blockwirbel)

Rippen

- 12 ringförmig paarige Knochen, die gelenkig mit der Wirbelsäule verbunden sind
- 1. bis 10. Rippenpaar sind knorpelig mit dem Brustbein verbunden und ermöglichen die Atembewegung (echte Rippen)
- 11. und 12. Rippe, nennt man falsche Rippen, da sie zwischen den Muskeln der seitlichen Bauchwand enden (und nicht mit dem Brustbein verbunden sind)
- die falschen Rippen sind bei einem schweren Unfall besonders gefährlich, da z. B. die linke Rippe in die Milz stechen kann
- Rippen dienen der Versteifung des Brustkorbes und sind für die Atemmechanik wichtig (ohne Rippen funktioniert die Atmung nicht)!

Brustbein: Sternum

- Platter, schwertförmiger Knochen, an dem die Rippen bzw. deren Rippenknorpel ansetzen
- Enthält rotes (blutbildendes) Knochenmark
- Aus dem Brustbein kann zu Untersuchungszwecken Knochenmark entnommen werden (Sternalpunktion)

Schlüsselbein: Clavicula

- Bildet zusammen mit dem Schulterblatt eine Gelenkpfanne für den Oberarmknochen
- Dient der Versteifung des Oberkörpers
- Kann fehlen, Arme können dann vor die Brust geklappt werden

Schulterblatt (Scapula)

- Platter Knochen (wie Darmbein auch)
- Besitzt flache Gelenkpfanne für das Schultergelenk
- Ist von Muskeln umgeben, ist dadurch gut beweglich

Oberarmknochen: Humerus

- Längster Knochen der oberen Extremität

Elle: Ulna

- In Verlängerung des kleinen Fingers kann man am Unterarm die Elle fühlen
- Bildet mit der Speiche die Knochen des Unterarms
- Bildet mit dem Oberarmknochen das Ellenbogengelenk

Speiche: Radius

- Ist durch große Anzahl von Fasern mit der Elle verbunden, die den Zug auf beide Unterarmknochen verteilen
- Bildet den größten Teils des Handgelenks
- Radgelenk, Speiche kann sich um die Elle drehen

Hand

Radbewegung (z.B. Schraube festziehen) wird durch Radgelenk im Ellenbogengelenk ermöglicht

Handrücken nach oben	– <u>Pronation</u> (Eselsbrücke: Brot greifen)
Handrücken nach unten	– <u>Supination</u> (Eselsbrücke: Suppe tragen)

Handwurzelknochen
Mittelhandknochen und
Fingerglieder

Die Finger beginnen knöchern bereits im Handteller; die Finger haben 3 Fingerglieder, der Daumen hat 2 Fingerglieder

Vergleich Arm – Bein

Arm: Elle und Speiche: sind „gleich stark“
 Bein: Schienbein und Wadenbein: Schienbein ist doppelt so dick; trägt die gesamte Last des Körpers, nicht durch Muskelmantel geschützt (Gefahr von klaffenden Hautwunden sehr groß, typische Fußballverletzung).

Am **Becken** unterscheidet man grob drei Anteile, das Darmbein, das Sitzbein und das Schambein. Zwischen den linken und dem rechten Beckenknochen befindet sich die Symphyse als Bindegewebsverbindung.

Oberschenkelknochen = Femur

wie ein Kran gebaut; mit kugeligem Gelenk = Gelenkkopf und Gelenkpfanne
 Der Oberschenkelgelenkkopf sitzt sehr fest in der Hüftgelenkspfanne
 Hüftgelenk – sehr stabiles „ideales“ Kugelgelenk

Kniegelenk

eines der kompliziertesten Gelenke des Körpers
 Operationen am Knie sind sehr schwierig
 Bildung aus Gelenkkopf des Oberschenkels, Schienbein, Kniescheibe sowie zwei Menisken (dienen dem Ausgleich von Gelenkflächen)
 typische Verletzung eines Kreuzbandrisses entsteht bei stillstehendem Fuß und Drehung des Körpers

Schienbein (Tibia)**Wadenbein (Fibula)**

Schienbein (Tibia) **und Wadenbein** (Fibula) bilden das Skelett des Unterschenkels

Unter dem Schienbein und Wadenbein befindet sich:

Oberes Sprunggelenk (Scharniergelenk), unteres Sprunggelenk, Fußwurzeln, Zehenknochen

Fersenbein

am Fersenbein setzt die Achillessehne an.

Allgemeine Muskellehre

Ein Muskel wird in der Anatomie durch folgende Angaben beschrieben:

- Muskelname
- Ursprung (proximal)
- Ansatz (distal)
- Funktion
- Innervation
- Durchblutung

Muskelfunktion:

Ein Muskel hat nur eine einzige Bewegungsmöglichkeit: **die Kontraktion!**

Die meisten Bewegungen sind aus zwei Einheiten aufgebaut z.B. Beugen-Strecken.

Für jede zweite Bewegung benötigt man also einen zweiten Muskel (Ausnahme: Bewegungen, die durch die Schwerkraft erfolgen z.B.: Herunterklappen des Unterkiefers)

Den Muskel, der die beabsichtigte Funktion ausübt, nennt man Agonist, den Gegenspieler dazu Antagonist.

(Beispiel: Armbeugung: M. Biceps= Agonist, Armstreckung: M. Triceps= Antagonist)

Die gleichen Nervenzellen, die den Agonisten zur Kontraktion anregen, befahlen dem Antagonisten die Erschlaffung und umgekehrt. Bei spastischen Lähmungen ist dieser Mechanismus gestört. Hier werden Agonist und Antagonist immer gleichzeitig erregt und der gesamte Bewegungsablauf ist vollkommen verkrampft.

Spezielle Muskellehre

Einige nennenswerte Muskeln:

- M. Biceps (Oberseite Oberarm)
- M. Triceps (Unterseite Oberarm)
- Deltamuskel (an der Schulter)
- großer Brustmuskel
- Sägemuskel (an den Seiten des Brustkorbes, unterhalb der Arme)
- gerader Bauchmuskel („Waschbrettbauch“)
- vierköpfiger Oberschenkelmuskel
- Wadenmuskel
- Fußhebermuskel: verantwortlich für die Fußhebung⁴.

Die Muskulatur macht bei einem normalgebauten Menschen den größten Massenanteil des Körpergewichts aus (40-50% „Muskelfleisch“).

⁴ Der Nerv (Nervus Peroneus), der diesen Muskel versorgt, verläuft über das Wadenbeinköpfchen, welches an der Außenseite des Knies liegt, und ist nicht, wie die meisten anderen Nerven, durch Muskeln- oder Fettgewebe geschützt. Wird dieser Nerv über längere Zeit eingeklemmt, z.B. durch stundenlanges, starres Liegen auf der Seite, stirbt der Nerv ab und es kommt aufgrund der fehlenden Muskelfunktion zum „Storchengang“. (tritt häufig auch durch Nervenentzündung als Folge nach langer Diabeteserkrankung auf).

Bei einer reinen Hungerkur wird neben der Fettmasse auch Muskelmasse (=Magermasse) abgebaut. Nach Beendigung der Diät besteht der Körper dann aus weniger Magermasse, wodurch der Körper nun weniger Energie benötigt, der Grundumsatz sinkt. Durch die Aufnahme von gewohnten Nahrungsmittelmengen nimmt man nun zu („Jo-Jo-Effekt“ der reinen Hungerkuren)

Deshalb sollte bei einer Gewichtsreduktion die Diät immer in Kombination mit Sport erfolgen!

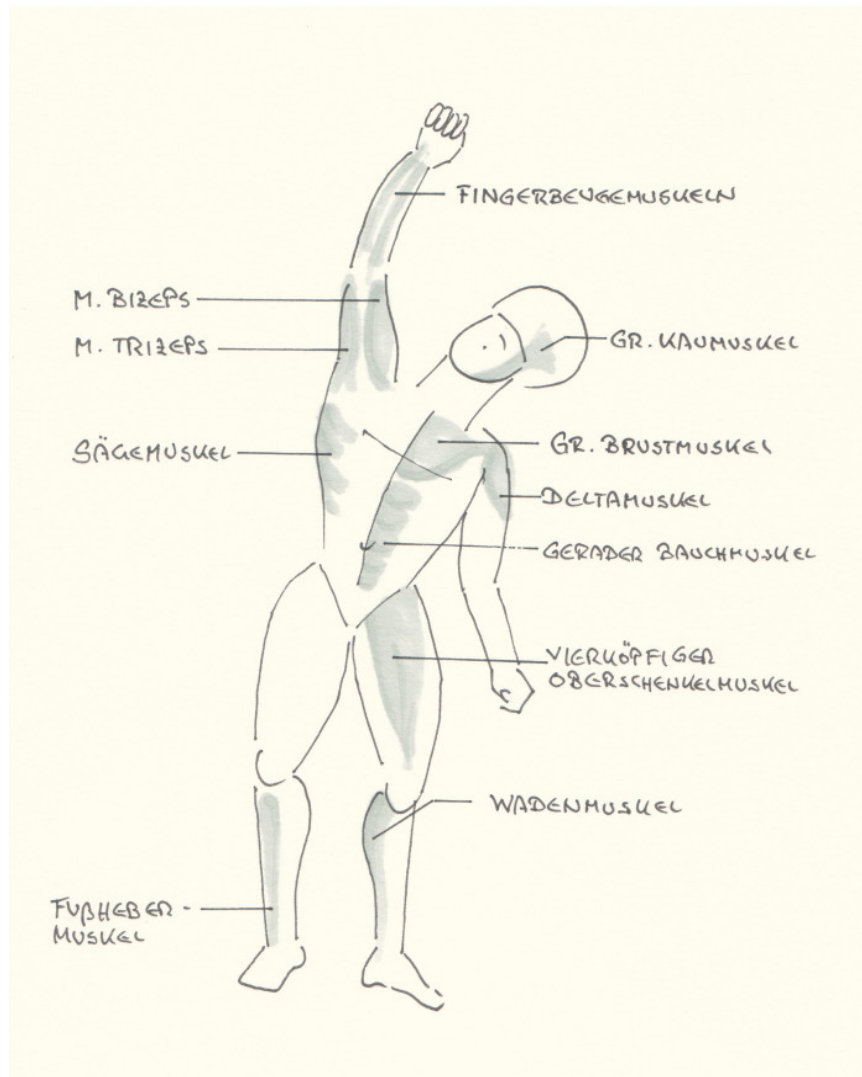


Abb. 13: Einige der wichtigsten Muskeln des Menschen

4. Herz- Kreislauf- System

Die Blutgefäße gehören zu den wichtigsten Transportwegen des menschlichen Körpers. Zusammen mit dem Herzen bilden sie das Herz- Kreislauf- System, das kardiovaskuläre System. Dieses versorgt alle Zellen des Körpers mit Sauerstoff und Nährstoffen und transportiert gleichzeitig Stoffwechselendprodukte wieder ab.

Im Körper des Menschen befinden sich Arterien, Kapillaren und Venen.

Arterien sind Gefäße, in denen das Blut vom Herzen weg strömt.

Im Körperkreislauf führen die Arterien hellrot aussehendes, sauerstoffreiches Blut, im Lungenkreislauf hingegen fließt in ihnen sauerstoffarmes, dunkelrot aussehendes Blut.

Venen sind Gefäße, in denen das Blut zum Herzen hin strömt.

Sie enthalten im Körperkreislauf sauerstoffarmes, dunkelrotes Blut, während sie im Lungenkreislauf sauerstoffreiches Blut transportieren.

Venen haben Ventile (Venenklappen). Die Klappen sorgen dafür, dass das Blut nur in eine Richtung läuft. Verharrt eine Person eine lange Zeit in derselben Stellung ohne sich zu bewegen, kann es durch erhöhten Druck in den Venen zu einer Störung in der Klappenfunktion kommen. Die Folge sind Krampfadern oder sogar Thrombosen, also Blutgerinnung in den erweiterten Gefäßen.

Venen haben wenig Muskulatur, sie sind dünner als Arterien. Venen und Arterien bestehen aus

einer Außenschicht (elastische Fasern),
einer Mittelschicht (glatte Muskulatur),
der Innenschicht, dem Gefäßhohlraum (-lumen),
sowie aus Nerven und aus kleinen Gefäßen.

Die muskuläre Mittelschicht bei der Arterie ist dicker als die der Vene. Durch unterschiedliche Muskelspannung der Gefäße kann die Blutverteilung im Körper gesteuert werden. Der Gefäßhohlraum bei der Vene ist vom Durchmesser her vergleichsweise größer als bei der Arterie.

Für die Ernährung ist die Pfortader von besonderer Bedeutung:

Durch die Pfortader (v. portae) gelangt das nährstoffreiche, sauerstoffarme Blut aus der Darmregion zur Leber, um dort dem Stoffwechsel zugeführt zu werden. Durch diese Vene werden die meisten Nährstoffe transportiert.

Der Blutkreislauf hat viele verschiedene Aufgaben: er dient der Verteilung von Sauerstoff und Nährstoffen, er dient der Entsorgung von Kohlendioxid, sowie von Stoffwechselabbauprodukten. Weiterhin spielt der Blutkreislauf eine wichtige Rolle bei der Blutdruckregulierung, der Wärmeregulierung, der Immunabwehr, sowie bei der Verteilung von Botenstoffen/ Hormonen. Die Fließrichtung des Blutes wird durch Ventile geregelt. Auch im Herzen gibt es Ventile, die die Fließrichtung regeln. Im Herz befinden sich jeweils in der rechten und linken Herzhälfte die Segel- und Taschenklappen. Insgesamt befinden sich 4 Ventile im Herz. Ist ein Ventil funktionsgestört, kommt es zu einem Herzfehler (Ventilklappenstörung).

Das Herz besteht aus der linken und der rechten Hälfte.

Bei einem gesunden Menschen sind **beide Hälften komplett voneinander getrennt** und man könnte daher sagen, dass der Mensch zwei Herzen hat. Der rechte Teil des Herzens ist für die Versorgung der Lunge zuständig und die linke Hälfte ist für den Körper zuständig. Es gibt daher im Körper den Lungenkreislauf und den Körperkreislauf.

Das Blut läuft in 8er Tour zwischen Körper- und Lungenkreislauf hin und her.

Im Körperkreislauf presst die linke Herzkammer das sauerstoffreiche Blut in die Aorta. Diese teilt sich in Arterien auf. Diese führen das sauerstoffreiche, hellrote Blut vom Herzen weg in die verschiedenen Körperregionen, dabei verzweigen sie sich in immer kleinere Äste, die Arteriolen. Diese teilen sich weiter und das Blut fließt in haardünne Gefäße, die Kapillaren. Die Wand der Kapillaren ist durchlässig und durch diese werden Sauerstoff, Nährstoffe und Stoffwechselendprodukte zwischen Gewebe und Blut ausgetauscht. Am anderen Ende der Kapillaren sammeln Venolen das jetzt sauerstoffarme, dunkelrote Blut und vereinigen sich dann zu immer größeren Venen. Die obere und die untere Hohlvene führen das Blut in den rechten Herzvorhof zurück.

Die rechte Herzkammer drückt das sauerstoffarme Blut in den Lungenkreislauf, der genau wie der Körperkreislauf aufgebaut ist: Die Arterien verästeln sich wieder bis auf Kapillardicke. Im Kapillarnetz der Lunge reichert sich das Blut mit Sauerstoff an und gibt Kohlendioxid ab. Die Lungenvenen führen das sauerstoffreiche Blut in den Vorhof des linken Herzens zurück. Hier beginnt der Kreislauf von vorne.

Stationen, die das Blut in immer gleicher Reihenfolge immer wieder durchläuft:

- Aorta
- Arterien
- Kapillaren
- Venen
- Rechter Vorhof
- Rechte Kammer
- Lunge
- Linker Vorhof
- Linke Kammer
- Aorta usw.

Von der Aorta bis zu den Kapillaren werden die Gefäße immer kleiner. Ab den Kapillaren werden die Gefäße wieder größer.

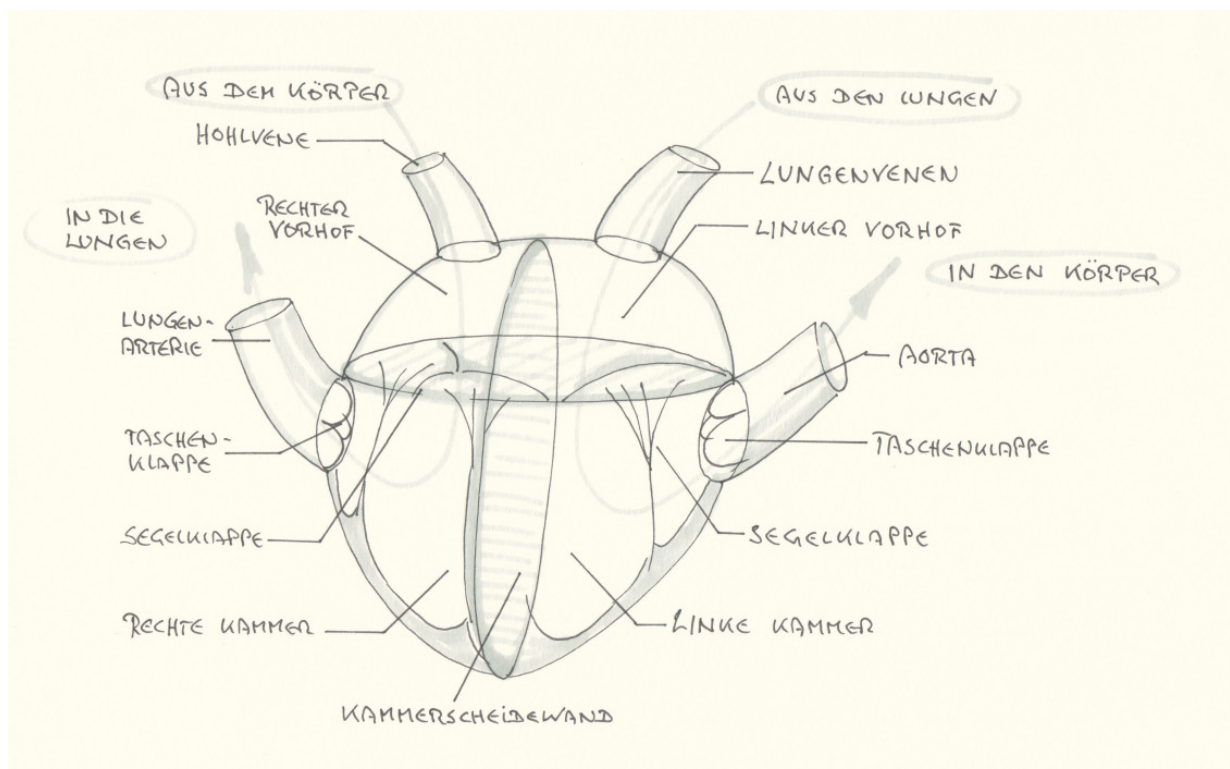


Abb. 14: schematischer Aufbau des Herzens

Die linke Herzhälfte ist größer als die rechte Herzhälfte und hat mehr Muskelmasse. Dies liegt daran, dass die linke Herzhälfte für den Körperkreislauf zuständig ist. Sie befördert das aus der Lunge kommende Blut in den Körper. Diesen Bereich zu versorgen erfordert naturgemäß mehr Kraft, als den weitaus kleineren Lungenkreislauf zu versorgen.

Das Herz verfügt über vier Ventile. Es gibt die Segel- und die Taschenklappen.

Die Segelklappen befinden sich zwischen Vorhof und Kammer.

Die Taschenklappen befinden sich zwischen Herzkammern und Arterien.

Die Taschenklappen verhindern das Zurückfließen des Blutes nach erfolgter Kontraktion. Sie gehen auf, wenn das Herz sich zusammenzieht. Die Segelklappen gehen auf, wenn das Blut vom Vorhof in die Kammer strömt.

Systole nennt man die Kontraktionsphase des Herzens,
Diastole nennt man die Erschlaffungsphase des Herzens.

Wichtig für das Verständnis des Herz-Kreislauf-Systems ist die Aufteilung des Herzens in linkes und rechtes Herz und in Vorhof und Kammern. Die Funktion ist vergleichbar mit der eines „Viertakters“. Bei jeder Herzaktion wird die Scheidewand zwischen Vorhöfen und Kammern durch Herzmuskelkontraktion und Sehnenfäden an den Klappensegeln in Richtung der Kammern gezogen. Die Klappen sind in diesem Moment geschlossen und der dadurch entstandene Unterdruck füllt die Vorhöfe mit nachströmendem Blut.

Bei jeder Systole wird Blut ausgestoßen aber auch wieder durch die Vorhöfe angesaugt.

So entstehen Kreislaufzusammenbrüche bzw. Schocks eher nicht durch zu wenig Blutaustoß, sondern durch mangelnde Füllung. Grundsätzlich kann der Mensch auch ohne Vorhofaktivität überleben, die Leistungsfähigkeit ist allerdings enorm eingeschränkt.

Kammerflimmern: Das Herz arbeitet unkoordiniert und zu schnell, die Zeit reicht nicht mehr zur vollständigen Füllung und das Herz fördert kein Blut mehr (mechanischer Herzstillstand). Der normale Sinusrhythmus („Puls“) liegt bei ungefähr 70 Schlägen in der Minute.

Herztöne: sind unterteilt in zwei Teiltöne. Der erste Herzton entsteht durch das Schwingen des Herzmuskels um das Blut. Aufgrund der Tatsache, dass Flüssigkeiten nicht komprimierbar sind, spannt sich der Herzmuskel um die „Blutkugel“. Diese leistet kurzen Widerstand, der dann durch Schwingung das typische Geräusch verursacht. Der zweite Herzton entsteht am Ende der Systole, wenn das rückströmende Blut die Taschenklappen türartig zuschlägt. Aorta- und Pulmonalklappen arbeiten absolut synchron und verursachen deshalb beim Gesunden ein gemeinsames Geräusch. Abgesehen davon besitzt jeder Herzfehler seine eigene Melodie, es erfordert allerdings ein erfahrenes diagnostisches Gehör, um sie zu unterscheiden.

Embolie: Ein Fremdkörper (meist ein Thrombus = Blutgerinnsel) wird solange durch die Blutgefäße gepumpt bis diese zu eng werden und das Gerinnsel stecken bleibt. Dort verhindert es die ausreichende Durchblutung des nachfolgenden Körperteils, welches dadurch meist irreparabel geschädigt wird. Im Venensystem ist ein Thrombus zunächst weniger problematisch da keine Verengung, sondern eine Verbreiterung in Fließrichtung des Blutes stattfindet. Allerdings gelangt er nach Durchquerung der rechten Herzhälfte in den Blutkreislauf der Lunge und verursacht dort eine sogenannte Lungenembolie. Dies ist typisch bei langer Bettlägerigkeit und äußert sich durch plötzliche Atemnot.

Eine Infusion wird immer in die Venen geleitet, da im Venensystem eine sehr starke Verdünnung des Medikaments durch das Blut erfolgt, im Gegensatz zum Blut in den Arterien. Infusionsnadeln in Venen sind oftmals Entstehungsorte von Thromben (die dann ausschließlich zu Lungenembolien führen), ebenso wie künstliche Herzklappen (diese führen meistens zu Embolien im Gehirn).

„Loch im Herzen“: Krankhafte Verbindung von rechtem und linkem Herz, je kleiner, desto lauter und häufig desto ungefährlicher. Für das Überleben im Mutterleib ist ein Loch im Herzen sehr wichtig, da der Fötus seine Lunge noch nicht benutzt. Diese Lücke schließt sich bei der Geburt automatisch durch den Druck des einströmenden Blutes aus dem in Betrieb genommenen Lungenkreislauf.

EKG (Elektrokardiogramm)

Reizleitung im Herzen = Ordnung der Herzfunktion

Das Herz kann nur funktionieren, wenn sich Vorhof und Kammern zum richtigen Zeitpunkt zusammen ziehen, darum besitzt das Herz ein eigenes Erregungszentrum, das im rechten Vorhof in der Höhe der Einmündung der oberen Hohlvene liegt (**Sinusknoten**) („Mann mit der Trommel in der Galeere“): Leitet

Erregung in den Vorhof und dann in die Kammer. Die Erregung (Summenpfeil) zeigt in die Richtung des linken Fußes.

Funktionen des EKGs:

1. **Herzlagenbestimmung;** akute Herzlageänderung ist krankheitsverdächtig. EKG erkennt nur die Lage der lebenden Herzmuskelzellen. Bei einem Herzinfarkt sind Teile der Muskelzellen abgestorben, das EKG zeigt plötzlich eine andere Herzlage an. Die Herzlagenbestimmung erfolgt durch **zwölf Ableitungen**, sechs Extremitätenableitungen und sechs Brustwandableitungen
2. **Herzrhythmusbestimmung;** der „normale“ Rhythmus wird durch den Sinusknoten bestimmt und besteht bei der typischen EKG-Kurve aus den Erregungen in 1. Vorhof (P), 2. Kammer (Q,R,S) und dem 3. Repolarisation (T). Um den Herzrhythmus zu beurteilen, benötigt man nur **eine Ableitung**.

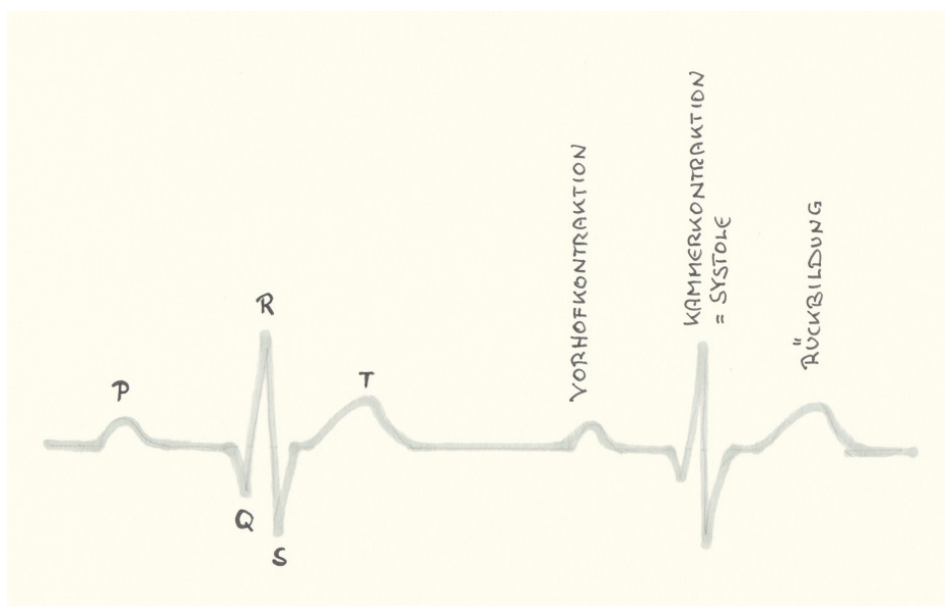


Abb. 15: Bedeutung der Ausschläge im EKG

Das EKG wird durchgeführt, indem der zu untersuchenden Person Elektroden an Armen und linkem Bein (Extremitätenableitungen) sowie an der Brust (Brustableitungen) befestigt werden.

Defibrillator

Der Defibrillator ist ein Gerät, welches Stromstöße an das Herz bei Herzrhythmusstörungen abgibt. Das Gerät hat zwei handtellergroße Elektroden, welche grob in Herznähe befestigt werden. Er führt selber ein EKG durch, misst den Herzrhythmus und gibt nur dann Strömschläge ab, wenn die Person wirklich lebensbedrohliche Herzrhythmusstörungen hat. (Extrasystolen, Kammerflimmern).

Funktion des Defibrillators: alle Herzmuskelzellen werden gleichzeitig erregt und damit kurzfristig erschöpft in der Hoffnung, dass anschließend der Sinusknoten sich als erster wieder meldet und das Kommando über den Rhythmus wieder übernimmt⁵.

⁵ Ein halbautomatischer Defibrillator hängt in einem Wandschrank im Treppenhaus des Fachhochschulzentrums (3. Etage)!

5. Atmungsorgane

Das Modell der Atemmechanik kann mit einer Spritze und einem eingehängten Fingerling dargestellt werden. Wird der Spritzenkolben angezogen, füllt sich der Fingerling mit Luft. Der Spritzenkolben ist in diesem Modell das Zwerchfell (Querfell), der Fingerling die Lunge. Das Zwerchfell besteht aus Muskeln und ist für die Bauchatmung zuständig.

Man unterscheidet zwischen zwei Arten von Atmung

1. Bauchatmung (Senken des Zwerchfells)
2. Brustatmung (Hebung der Rippen)

Lunge

Die Lungen sind paarige Organe und liegen im Brustraum unter den Rippen. Es gibt eine rechte und eine linke Lunge. Die rechte Lunge besteht aus drei Lungenlappen, die linke ist etwas kleiner, da das Herz noch daneben liegt und hat zwei Lungenlappen. Beide Lungen sind in ein Lungenfell eingepackt. die Rippen sind von dem Rippenfell umhüllt.

Die Lungen sind an keinem Punkt mit dem Brustkorb fest verwachsen!

Sie ist dadurch beweglich. Zwischen dem Lungenfell und dem Rippenfell liegt ein schmaler Flüssigkeitsspalt.

Pneumothorax (Rippenfellverletzung mit Lufteintritt zwischen Rippen- und Lungenfell) Die Lunge fällt zusammen; ist nur eine Seite betroffen, kann die andere Lunge weiter arbeiten, die Person bekommt noch Luft, sind beide Seiten betroffen, kann man der Person nur noch durch Mund-zu-Mund-Beatmung und späterer Intubation mit maschineller Beatmung helfen.

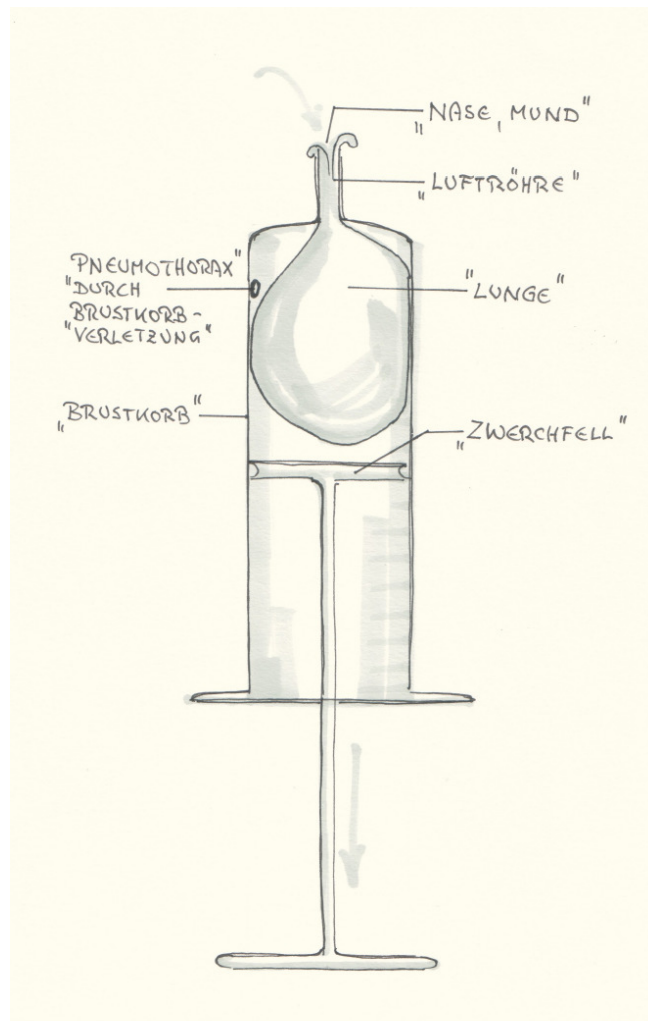


Abb. 16: „Spritzenmodell“ der Atemmechanik

Außenluft enthält:

- ≈ 20% Sauerstoff O_2
- ≈ 80 % Stickstoff N_2

Auf der Intensivstation werden Patienten mit höheren Sauerstoffanteilen beatmet, um evtl. Verringerungen der Atemkapazität auszugleichen⁶.

Ausgeatmete Luft enthält:

- ≈ 16% O_2

→ damit kann der menschliche Körper noch ausreichend versorgt werden, eine Mund-zu-Mund Beatmung ist deshalb möglich

Welches Gas treibt unsere Atmung an?

CO_2 !

⁶ Früher wurden auch Frühgeborene regelmäßig einer Beatmungstherapie mit 100% Sauerstoff unterzogen. Doch dies führte immer zur Erblindung der Säuglinge, sodass man zunächst glaubte, alle Frühgeborenen erblinden zwangsläufig. Doch 100% O_2 reizt die Netzhaut, welche auf Grund dessen mit Blutgefäßen zuwächst.

Ein Überfluss an CO_2 führt zum Atmungsdrang (Taucher ohne Sauerstoffflaschen hyperventilieren, d.h. der Körper ist mit O_2 gesättigt und CO_2 ist abgeatmet → Gefahr: kein Atemreiz unter Wasser).

Hyperventilationstetanie:

Krämpfe um Mund und in den Händen („Geburtshelferhände“). Grund: hektisches Atmen bedingt durch Stress oder freudige Erregung (Boy-Group-Veranstaltungen!). CO_2 wird abgeblasen → Blut wird alkalisch, Gehalt an Calciumionen (zuständig für Stabilisierung der Nervenzellen) verringert sich.

Therapie: Patient durch Plastiktüte oder Atemrohr (erscheint weniger bedrohlich) atmen lassen. Dies führt zur Totraumvergrößerung (Luftvolumen, welches nicht am Gasaustausch beteiligt ist; z.B. Schnorchel beim Taucher). Das angewendete Medikament ist in diesem Fall lediglich die körpereigene Kohlensäure (=aufgelöstes CO_2).

Herz, Lunge und Blut gehören für den Sauerstofftransport unmittelbar zusammen. Wenn ein Bestandteil dieses Systems ausfällt, führt dies zum Tod.

6. Blut

Etwa 8% des Körpergewichts (etwa 5 bis 6 Liter)

Vorsilbe „Häm“ (griechisch: Blut)

Blut im Reagenzglas: unten setzen sich zelluläre Bestandteile ab: Hämatokrit (gibt an, wie viel % des Blutes aus Zellen besteht), oben ist das Blut klar (Plasma)
Der Hämatokrit beträgt meist 45%.

Anämie (Vorsilbe „a“: griechisch: „nein“) Blutarmut; Patient hat z.B. nur 15% Hämatokrit.

Leukämie (Vorsilbe „leuk“: griechisch: „weiß“) Blutkrebs, bei dem es zur krankhaften Vermehrung der weißen Blutkörperchen kommt.

pH- Wert

7,4 = neutral (im Blut)

sinkt bei Atemnot (viel Kohlensäure) sauer

steigt bei zu tiefer Atmung (wenig Kohlensäure) alkalisch

Na^+ Wert im Blut: 145 mMol/l

K^+ Wert im Blut: 4 mMol/l⁷

Rote Blutkörperchen/ Erythrozyten

machen den größten Anteil an Körperzellen aus. In 1mm^3 befinden sich 4-5 Millionen Erythrozyten, ihre Form ähnelt **Doughnuts** oder **Werthers Echte-Bonbons** (bikonkave Scheiben) und eine Besonderheit besteht darin, dass sie über keinen Zellkern verfügen → keine Regenerationsfähigkeit, daher nur eine kurze Überlebenszeit von 120 Tagen. Ihre Größe entspricht $7/1000\text{ mm} = 7\text{ }\mu\text{m}$ und ihre Funktion besteht in der Sauerstoffaufnahme und CO_2 Abgabe → mit Hilfe von Hämoglobin möglich. Da sich Erythrozyten bis in die kleinsten Kapillaren ($2\text{ }\mu\text{m}$ Durchmesser) bewegen müssen, sind sie sehr verformbar.

⁷ Ist der K^+ Wert eines Patienten im Serum viel zu hoch, ist dies oft ein Zeichen vom Platzen der roten Blutkörperchen durch die Blutentnahme. Dadurch haben sich die K^+ Ionen aus dem zellulären Raum mit dem Serum vermischt.

Bleibt Blut in den Gefäßen stehen, legen sich die Erythrocyten eng aneinander („**Geldrollenbildung**“), z.B. bei Sitzen in unbeweglicher Position im Flugzeug. Dies kann eine Vorstufe zur Blutgerinnung im Gefäß sein (Thrombose).

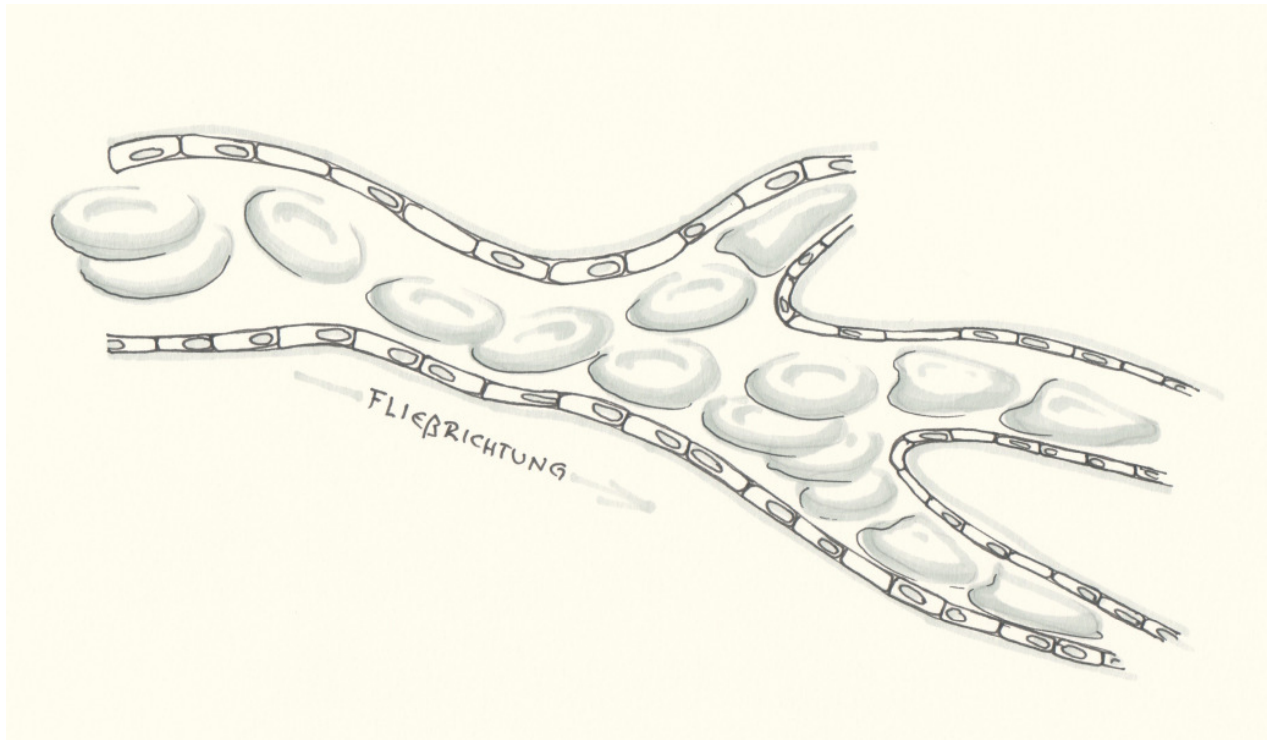


Abb. 17: Verformbarkeit der Erythrocyten in den Blutgefäßen

Malaria ist eine Parasitenkrankheit. Hier wachsen in den Erythrozyten Parasiten heran, wodurch die Zellen ihre Verformbarkeit verlieren. Der kranke Mensch erleidet Embolien im gesamten Gewebe, welche zum Tod führen.

(Immer wenn Erythrozyten nicht mehr verformbar sind kommt es zu kleinsten Embolien).

Sichelzellenanämie ist eine vererbliche Krankheit, bei der sich die Erythrozyten sichelförmig verformen. Der Patient erleidet nur kleine Embolien, die er überlebt. Der Vorteil: man ist resistent gegen Malaria, denn die Parasiten befallen nur gesunde Zellen!

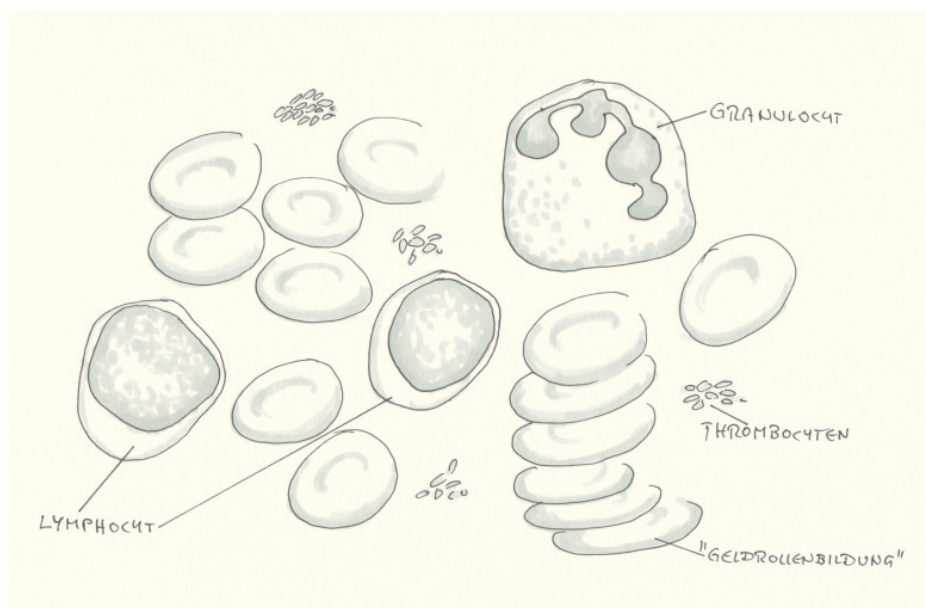


Abb. 18: zelluläre Blutbestandteile unter dem Mikroskop („Blutbild“)

Die zellulären Bestandteile des Blutes

Blut setzt sich aus zellulären Bestandteilen zusammen:

rote Blutkörperchen (Erythrozyten) → Transport des Sauerstoffs

weiße Blutkörperchen (Leukozyten) → Infektabwehr

Blutplättchen (Thrombocyten) → Blutgerinnung und Blutstillung.

Die weißen Blutkörperchen (Leukozyten)

Der Kern von weißen Blutkörperchen besteht aus Segmenten. Je älter das Blutkörperchen ist, desto mehr Segmente hat dessen Kern. Die Anzahl der Leukozyten im Blut schwankt zwischen 4.000 und 8.000/μl. Tritt eine Erhöhung der Leukozyten auf (die Anzahl kann deutlich über 10.000/μl gehen) kann man von einem bakteriellen Infektionsgeschehen ausgehen (Leukozytose).

Im Fall bestimmter Infektionen wie z.B. Keuchhusten hat man einen sehr hohen Leukozytenwert: über 100.000 Leukozyten. Bei der Leukämie (Blutkrebserkrankung) kommt es ebenfalls zu einer krankhaften Vermehrung der weißen Blutkörperchen (Leukozyten). Daher kommt auch der Name Leukämie (Leukos = weiß; ämie = Blut).

Leukocyten unterteilen sich in 2 wichtigen Gruppen:

- **Granulozyten**

Granulozyten sind Abwehrzellen deren Aufgabe die Produktion von Eiter ist. Sie greifen **bakterielle Krankheitserreger** an, indem sie diese umfließen und dann unschädlich machen. Infektionen, Vergiftungen und Allergien bewirken daher einen Anstieg der Granulozytenwerte. Finden im Körper eitrige Infektionen statt, erhöhen sich die Werte der Granulozyten. Aufgrund dessen kann man eine Eiterbildung als Erkennungsmerkmal für Bakterien sehen. Eiter = Gemisch aus Bakterien und Granulozyten.

- **Lymphozyten**

Immunzellen des Körpers. Aufgabe: **Bildung von Antikörpern (gegen Viren).**

Viren sind DNA- oder RNA-Stücke, die sich auf Zellen bestimmter Organbereiche spezialisieren und diese dann gezielt angreifen, um sich in ihnen zu vermehren.⁸

Was versteht man unter Anämie?

Unter Blutarmut (Anämie) versteht man einen Mangel an roten Blutkörperchen bzw. an rotem Blutfarbstoff(Hämoglobin).

Es gibt 3 wichtige Ernährungsfaktoren der Anämie:

1. **Eisen** (Baustein des für den Sauerstofftransport zuständigen Hämoglobins)
2. **Vitamin B₁₂** (zuständig für die Proteinsynthese auch der Erythrocyten)
3. **Folsäure** (Zuständig ebenfalls für die Zellsynthese auch der Erythrocyten, bei Mangel in der Schwangerschaft entsteht zusätzlich das Krankheitsbild des offenen Rückens beim Kind)

Ist eine vegetarische Kost anämieauslösend?

Nein, für den Erwachsenen eigentlich nicht (jedoch **prälatenter** Eisenmangel), in Schwangerschaft und für Kinder aber schon (**manifest** Eisenmangel).

⁸ Problem-Virus: AIDS (Acquired Immune Deficiency Syndrome)

AIDS ist eine chronische, lebensbedrohliche Erkrankung, die durch das human immunodeficiency virus (HIV) verursacht wird. Das HI-Virus schädigt oder zerstört bestimmte Zellen der Immunabwehr (Lymphozyten). Dadurch kann der Körper nicht mehr effektiv Krankheitserreger bekämpfen. Deshalb wird man empfänglicher für Infektionen, die der Körper im Normalfall problemlos bekämpfen könnte.

Eine weitere besondere Form der Anämie ist die Ziegenmilchanämie. Dieses Phänomen ist vor allem früher bei den Säuglingen in Arbeiterfamilien aufgetreten. Ziegenmilch besitzt kaum Vitamin B₁₂ und ist daher nicht für Säuglingsernährung geeignet.

Die flüssigen Bestandteile des Blutes

Plasma

Im Gegensatz zum Blutserum enthält das Blutplasma alle Gerinnungsfaktoren:

Plasma mit Gerinnungsfaktoren (in vivo = am lebenden Organismus)
Serum ohne Gerinnungsfaktoren (in vitro = Im Reagenzglas)

Blutplasma dient als Transportmedium z.B. der Glukose, dem wichtigsten Nährstoff des Körpers. Die Normwerte der Glukose liegen bei 80-120mg/dl, sinkt der Wert sehr stark darunter, wird man bewusstlos.

Weitere wichtige Nährstoffe im Blutplasma sind Eiweiße und Fette.

Blutfette

Zu den Lipiden gehört das Cholesterin.

Da sich Fette nicht im Wasser lösen, müssen sie für den Transport im Blut verpackt werden. Dieses geschieht durch die Lipoproteine. Lipoproteine sind Eiweiße, die den Transport der Fette im Blut übernehmen wie z.B. das

HDL (High Density Lipoprotein)
und das LDL (Low Density Lipoprotein).

Das **HDL** ist die „**gesunde Form**“ des Cholesterins, denn dieses ist das Transportmittel, welches überschüssiges Cholesterin von den Geweben und aus den Gefäßwänden zurück zur Leber bringt. Dadurch scheint es die Gefäßwände vor Fettablagerungen zu schützen und wird auch als das „gute“ Cholesterin bezeichnet

Das **LDL** ist die „**ungesunde Form**“ des Cholesterins. Die Aufgabe des LDL besteht darin, das Cholesterin von der Leber in andere Gewebe zu transportieren, wo es dann für den Aufbau verschiedener Strukturen (z. B. der Geschlechtshormone) benötigt wird. Da LDL eine sehr große Rolle bei der Entstehung von Ablagerungen in den Wänden der Blutgefäße (Arteriosklerose) spielen, heißen sie umgangssprachlich auch "böses" Cholesterin.

Sichtbares Merkmal eines erhöhten Cholesterinwertes sind die Xanthelasmen. Diese sind Fetteinlagerungen am Auge oder an den Ellenbogen, die durch wachsartige gelbe Pünktchen sichtbar werden.

Blutgruppen

Blutgruppen sind eine Eigenschaft der Erythrocyten und NICHT eine Eigenschaft des Plasmas!

Das AB0-System sortiert die menschlichen roten Blutkörperchen nach vier verschiedenen Antigen-Eigenschaften:

- Antigen A (Blutgruppe A);
- Antigen B (Blutgruppe B);
- Antigen A und Antigen B (Blutgruppe AB);
- kein Antigen vorhanden (Blutgruppe 0)

Diese Antigen-Eigenschaften sind in der Lage, Immunreaktionen auszulösen wie z.B. auf Viren, Bakterien, aber auch auf Körperzellen. **Somit befinden sich im Blutplasma Antikörper gegen das jeweils fehlende Antigen:**

- Mit der Blutgruppe A hat die Person Antikörper gegen B (Anti-B)
- Mit der Blutgruppe B hat die Person Antikörper gegen A (Anti-A)
- Mit der Blutgruppe AB hat die Person keine der beiden Antikörper
- Mit der Blutgruppe 0 finden sich keine Membraneigenschaften, jedoch hat er stattdessen beide Antikörper (Anti-A und Anti-B)

Die Antikörperbildung benötigt keinen Kontakt mit dem fremden Antigen. Sie entwickelt sich im Verlauf des ersten Lebensmonats. Die Antikörperbildung hat zur Folge, dass man im Falle einer Bluttransfusion nur rote Blutkörperchen der eigenen Gruppe geben sollte, sonst würde eine Immunreaktion der Antikörper stattfinden. Blutverklumpung (agglutinieren).

Einzigste (theoretische) Ausnahme ist das Blut eines AB-Patienten, denn dieser hat im Plasma keine Antikörper gegen A- und B-Erythrocyten.⁹

Rhesus – Faktor

Auch der Rhesus-Faktor ist eine Eigenschaft der Erythrocyten!

Das Rhesus-Blutgruppensystem ist nach dem AB0-Blutgruppensystem das zweitwichtigste. Wie beim AB0-System befinden sich auch die Oberflächenmerkmale (Antigene) des Rhesus-Systems auf den roten Blutkörperchen (Erythrozyten). Bei diesen Antigenen handelt es sich um Eiweißstrukturen, deren Ausbildung genetisch festgelegt ist.

Im Gegensatz zu Antikörpern im AB0-Blutgruppensystem, die bereits im Blut bestehen, entwickeln sich Antikörper gegen Rhesus-Antigene erst dann, wenn das Immunsystem mit fremden Rhesus-Antigenen in Kontakt kommt. Dies kann bei einer Bluttransfusion oder in einer **Schwangerschaft** vorkommen. Bei der ersten Schwangerschaft sensibilisiert der (RH-) Blutkreislauf der Mutter, Folgeschäden sind noch nicht sichtbar. Bei einer weiteren Schwangerschaft mit einem rhesuspositiven Kind liegen diese Antikörper im Blut der Mutter jedoch bereits vor. Sie können nun die Plazenta passieren und in das kindliche Blut gelangen. **Dort führen sie zu einem beschleunigten Abbau der kindlichen Erythrozyten, d.h. die Kinder entwickeln eine zum Teil sehr schwere Anämie.**

Abhilfe gegen diesen Vorgang kann man schaffen, indem man nach der ersten Geburt der Mutter direkt Antikörper spritzt (Anti-D-Prophylaxe). Durch diese Maßnahme werden die rhesuspositiven roten Blutkörperchen des Kindes, die sich im Blut der Mutter befinden, zerstört und dadurch die körpereigene Bildung von Anti-D bei der Mutter verhindert.

⁹ Das AB0-System in Europa

Blutgruppe	Verteilung in der Bevölkerung
0	39 %
B	13 %
A	43 %
AB	5 %

7. Verdauungsorgane, Überblick

Einführung

Alle auf der Erde lebenden Organismen haben eine ähnliche Ordnung. Diese Ordnung ist das Ergebnis der evolutionären Entwicklung von Lebewesen. Beispielsweise sind bei allen Lebewesen die Sinnesorgane sinnvollerweise vorne.

Bezieht man diese Beobachtung auf das Verdauungssystem, so kann man sagen, dass der menschliche Verdauungstrakt zu vergleichen ist mit dem Verdauungssystem eines Primitivtiers, beispielsweise eines Regenwurms. Beide besitzen einen Ein- und einen Ausgang. Nahrung wird mithilfe des Eingangs aufgenommen, verwertet und anschließend durch den Ausgang wieder ausgeschieden.

Auch Einzeller und sogar Körperzellen praktizieren Stoffaufnahme und Ausscheidung.

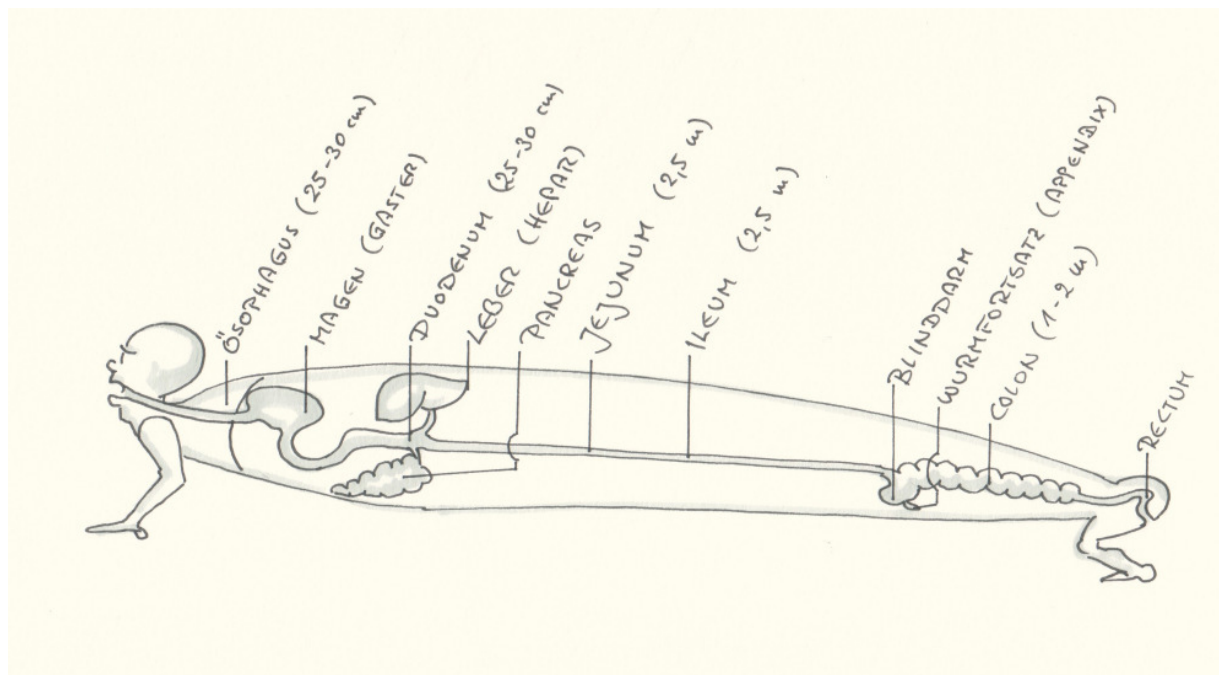


Abb. 18: Das menschliche Verdauungssystem in der Projektion auf ein Primitivtier

Drüsen

Der menschliche Verdauungstrakt besitzt drei wichtige Drüsen:

Speicheldrüsen
Bauchspeicheldrüse
Leber

Diese Drüsen haben sich im Laufe der Evolution aus einzelnen Darmzellen entwickelt. Es erfolgte eine Spezialisierung einzelner Teile der Darmschleimhaut, welche im Laufe der Zeit aus Platzgründen aus dem Darm verdrängt wurden und schlussendlich nur noch von außerhalb durch einen kleinen Zugang mit dem Darm in Verbindung standen.

Bestandteile des Verdauungssystems

Zunge

Die Zunge dient der Prüfung und Verteilung der Nahrung im Mund. Außerdem sorgt sie für die Beförderung des zerkauten Nahrungsbreis in die Speiseröhre (Schluckakt).

Sie hat insgesamt nur folgende vier Geschmacksqualitäten:

süß
sauer
salzig
bitter

Alle anderen „Geschmackserlebnisse“ sind Geruchsqualitäten. Für die Differenzierung vieler verschiedenster Gerüche ist die Nase zuständig. Deshalb ist der Geschmackssinn bei einem starken Schnupfen sehr eingeschränkt.

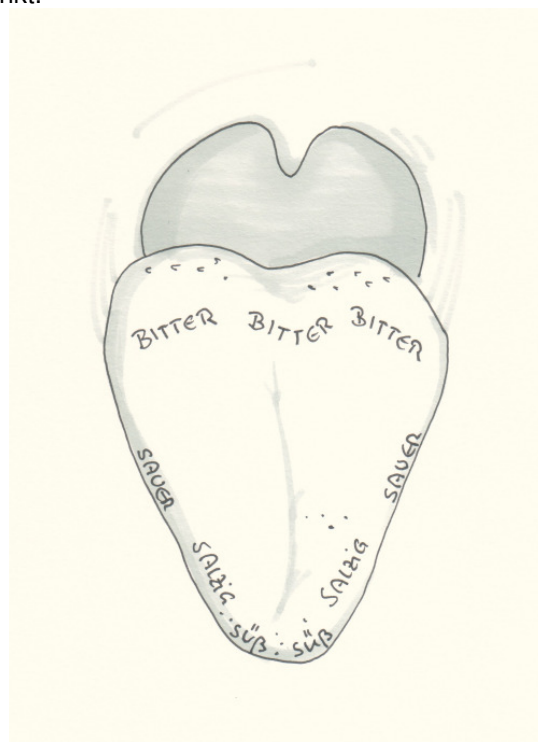


Abb. 19: Verteilung der Geschmacksrezeptoren der Zunge

Zähne

Die Zähne sind zuständig für die mechanische Zerkleinerung der Nahrung. Sie sind das härteste Organ des Menschen. Der erwachsene Mensch besitzt 32 Zähne, ein Kindergebiss hat 20 Milchzähne. Bereits im Alter von 5-6 Jahren setzt das Wachsen der 6er Zähne ein. Diese sind bleibende Zähne, weshalb sie besonders gepflegt und kariöser Befall behandelt werden sollte.

Speichel

Mithilfe des Speichels, welcher hauptsächlich von der Ohrspeicheldrüse produziert wird, erfolgt bereits im Mundbereich die Spaltung der Kohlenhydrate durch das Enzym Amylase. Dieses Enzym teilt die langen Kohlenhydratketten (Stärke) der Nahrung in Glucose. Ein Teil der Glucose wird bereits im Mund aufgenommen.

Verdauung und Verwertung der Nahrung findet also bereits im Bereich des Mundes statt.

Speiseröhre (Ösophagus)

Die Speiseröhre ist etwa 25-30 cm lang.

Sie befördert den geprüften, zerkleinerten Nahrungsbrei aus dem Mundbereich in den Magen.

Magen (Gaster)

Der Magen schließt an die Speiseröhre an. Hier herrscht mit einem pH-Wert von 1.5 – 2 ein sehr saures Milieu. Der Magensaft besteht aus Salzsäure und Schleim und dient so auch der Abtötung von Keimen. Der Mensch produziert täglich 2-3l dieser Säure. Sie ist elementar für den Erhalt der Gesundheit des Menschen. Ihre Verdünnung durch zu hohe Flüssigkeitsaufnahme vor dem Essen erhöht das Risiko von Infektionen durch Keime.

Weitere Aufgabe des Magens ist die chemische Zerkleinerung der Nahrung durch das Enzym Pepsin, welches auf den niedrigen pH-Wert des Magensaftes angewiesen ist, und Verflüssigung des Nahrungsbreis.

Zwölffingerdarm (Duodenum)

In den Zwölffingerdarm münden Bauchspeicheldrüse (Pankreas) und Leber (Hepar).

Bauchspeicheldrüse (Pankreas)

Die Bauchspeicheldrüse produziert einen Großteil der Verdauungsenzyme wie Lipasen (fettspaltendes Enzym), Proteasen (eiweißspaltendes Enzym) und Amylasen (spalten Kohlenhydrate). Sie gibt pro Tag etwa 2l Verdauungssaft zum Nahrungsbrei hinzu.

Leber (Hepar)

Die Leber ist das zentrale Organ des gesamten Stoffwechsels und die größte Drüse des Körpers. Sie produziert Galle, welche in der Gallenblase gespeichert und nach Bedarf in den Zwölffingerdarm (Duodenum) ausgeschüttet wird. Die Gallenflüssigkeit dient der Fettverdauung. Sie emulgiert das Fett, zersetzt es also in kleine, für fettspaltende Enzyme (Lipasen) angreifbare Tröpfchen.

Weitere Abschnitte des Darmes sind:

Leerdarm (Jejunum), ca. 2,5 m lang

Krummdarm (Ileum), ca. 2,5 m lang

Dickdarm (Colon), ca. 1-2 m lang

Über Jejunum und Ileum gelangen die Nährstoffe ins Blut, im Colon wird dem unverwerteten Rest das Wasser entzogen (Eindickung).

Der Darm ist unkontrahiert insgesamt etwa 6 bis 7 Meter lang. Er bietet eine große Kontaktfläche zur Nährstoffaufnahme durch die Oberflächenvergrößerung.

Wird der Darm durch Bakterien angegriffen oder liegt ein Kurzdarmsyndrom vor, kann die Resorption der Nährstoffe nicht mehr ausreichend stattfinden, dies führt zu Mangelernährung (Versorgungsproblem) und Durchfall (Entsorgungsproblem). Hat ein Mensch überhaupt keinen Dünndarm mehr, muss er komplett intravenös ernährt werden.

8. Speiseröhre (Ösophagus)

Speiseröhre (Ösophagus – beim Erwachsenen 25 bis 30 cm lang)

Der Ösophagus transportiert die aufgenommene Nahrung aus dem Rachen in den Magen. Der Ösophagus verläuft im Brustbereich hinter der Luftröhre und vor der Wirbelsäule. Er liegt neben der Aorta und läuft am Herzen vorbei.

Ösophagusbreischluck zur Herzdiagnostik:

Möchten Mediziner sich ein Bild von der Form des Herzens machen, geben sie dem Patienten den sog. Ösophagusbreischluck eines im Röntgenbild sichtbaren Kontrastmittels (Barium); dieser läuft nun die Speiseröhre hinunter. Im Röntgenbild sieht man nun, wie die Speiseröhre geformt ist und kann somit auf die Form des Herzens schließen.

Ösophagusengen:

An bestimmten Stellen, den so genannten Ösophagusengen ist die Speiseröhre enger. Es gibt mehrere Ösophagusenge; eine z.B. liegt beim Durchtritt durch das Zwerchfell. In diesen Engstellen können größere Bissen unter Umständen stecken bleiben und starke Schmerzen verursachen.

Sodbrennen:

Der Magen liegt unterhalb des Zwerchfells. Bei alten Menschen, Schwangeren oder bei stark übergewichtigen Leuten kann der Magen teilweise nach oben durch die Zwerchfellöffnung verrutschen oder sogar komplett über das Zwerchfell in den Brustraum eintreten. Dieses führt zu Sodbrennen (wenn Magensaft in den unteren Teil der Speiseröhre gelangt) und kann Atemnot durch Einengung der Lungenbeweglichkeit hervorrufen. Auch kann fettreiches Essen zu Sodbrennen führen. Nach fettreichem Essen kann das Zwerchfell erschlaffen, wobei HCl in die Speiseröhre (Ösophagus) gelangt. Wird über eine längere Zeit des Sodbrennens nicht nach der Ursache gesucht und diese Ursache nicht behoben, kann dieses durch die andauernde Reizung des Ösophagusepithels zu Krebs führen. Speiseröhrenkrebs kommt in Ländern mit Bevorzugung heißer und stark gewürzter Speisen häufiger vor (Südostasien).

Bolustod

Bleibt ein (unzerkauter) Speisebrocken (Bolus) im Ösophagus stecken – z.B. in Höhe der Aorta – kann dieses zum Tod führen. Der Blutdruck fällt aufgrund des Druckes auf den Vagusnerv rapide ab; der Bolustod erfolgt blitzartig.

Bei **Verätzungen** des Ösophagus entstehen Narben, so genannte Strikturen. Narbengewebe zieht sich zusammen. Der Ösophagus oder zumindest der vernarbte Teil muss daher in schweren Fällen entfernt werden. Hier kann ein Stück Dünndarm zum Überbrücken genommen werden; dieser wächst mit.

Erste Hilfe:

Verätzungen mit Lauge (z.B. Sanitärreiniger oder Spülmaschinenreiniger) führen zur Gewebsverflüssigung und sind gefährlicher als Verätzungen mit Säure, die zur Gewebsverschorfung führen. **Niemals Erbrechen auslösen!** (Der Ätzzstoff würde erneut den Ösophagus durchlaufen!)

Der Ösophagus besitzt die für den gesamten Magen-Darm-Trakt charakteristischen Wandschichten. Auf eine innere Epithelschicht folgt eine lockere Bindegewebsschicht, in der Blut- und Lymphgefäße verlaufen. Die sich anschließende Muskelschicht besteht aus einer **inneren Ringmuskelschicht** und einer **äußeren Längsmuskelschicht**.

9. Magen (Gastér)

Begriffe aus der Medizin:

Gastr- itis	= Akute Magenentzündung
Gastr- oskopie	= Magenspiegelung (skopie = Betrachtung)
Gastr- ektomie	= operative Entfernung des Magens
Gastr- ographie	= Darstellung des Magens im Röntgenbild

Funktion des Magens:

Im Magen wird die Nahrung durch den Magensaft chemisch zerkleinert bzw. verflüssigt. Hier findet besonders die Verdauung von Eiweißen statt. Es entstehen etwa 2-3 l Magensaft am Tag. Dieser ist extrem sauer (pH- Wert von 1,5 –2).

Magensaft besteht aus:

- Wasser
- Schleim (Becherzellen)
- Salzsäure
- eiweißspaltenden Enzymen (Pepsin).

Pepsin kann nur in Anwesenheit von Salzsäure wirken, es benötigt den niedrigen pH- Wert.

Der Nahrungsbrei wird im Magen hin und her bewegt und verweilt unterschiedlich lange zur Verdauung im Magen (1 bis 5 Std.). Je schwer verdaulicher die Nahrung, desto länger verbleibt sie im Magen. Der Speisebrei wird dann schubweise weiter befördert.

Ein Auslöser der Magensaftsekretion ist Gastrin (ein hormonähnlicher Stoff).

Sobald Nahrung in den Magen gelangt, wird Gastrin in den Zellen des Antrum (Magenausgang) gebildet, gelangt (wie ein Hormon) über den Brutkreislauf in die Zellen des Fundus (Magengrund) und löst dort in den Belegzellen die Bildung von Salzsäure (HCl) aus.

Die Höhe der Gastrinproduktion ist abhängig von der Magenfüllung.

Die Magensaftsekretion wird auch durch Sinneseindrücke (Schmecken, Sehen, Riechen) ausgelöst.

Es gibt zwei Arten von **Sättigungsgefühl**.

Es wird hervorgerufen entweder durch:

- 1) die **Magenfüllung**
- 2) oder durch den **Blutzuckerspiegel** (ist der BZ- Spiegel niedrig, setzt wieder Hungergefühl ein.)

Form und Lage

Der Magen liegt im linken Oberbauch unter dem Zwerchfell. Sein Volumen beträgt 1200-1600 ml. Er ist ein Hohlorgan, so dass seine Form und Lage je nach Füllungszustand unterschiedlich sein kann: Bei Hunger hat der Magen eine längliche Form.

Bei Schwangeren oder Adipösen liegt der Magen eher quer.

Magenabschnitte

- Der Magengrund (Fundus):

Im Fundus befindet sich „verschluckte Luft“ (Magenblase). Es befindet sich vermehrt Luft im Fundus nach Genuss von kohlenstoffhaltigen Getränken. (Aufstoßen = Austritt von Luft aus dem Fundus).

- Die große und kleine Krümmung (Kurvatur):
Sie begrenzen den Magenkörper.

- Der Magenausgang (Antrum):
Liegt vor dem Ausgang zum Zwölffingerdarm.

- Der Pförtner:

Ein Ringmuskel, der die Bereiche Magen und Zwölffingerdarm trennt. Er schließt den Magen so lange ab, bis die Nahrung fertig verdaut ist. Ist das der Fall, erschlafft er und leitet Nahrungsbrei weiter in den restlichen Verdauungstrakt¹⁰.

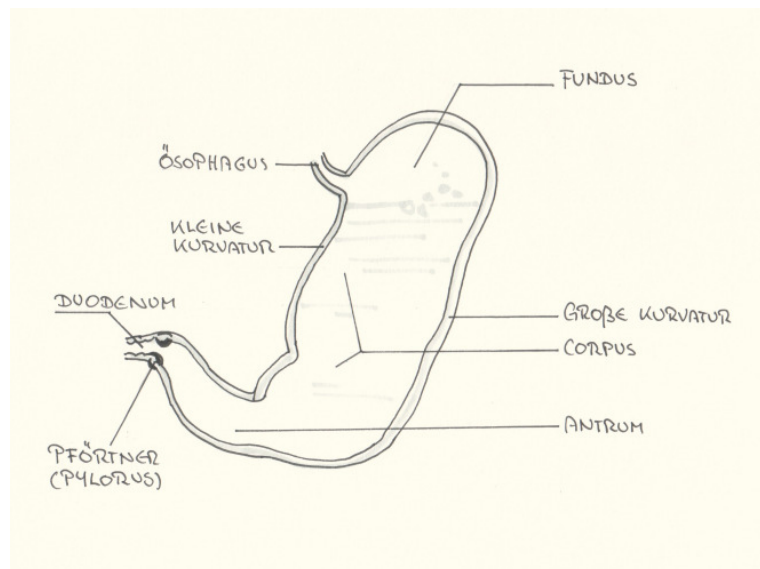


Abb. 20: Anatomie des Magens mit seinen Abschnitten

Magenschleimhaut:

Die gesamte Schleimhautoberfläche weist zahlreiche längs verlaufende Auffaltungen auf. Damit sich der Magen durch die Salzsäure nicht selbst verdaut, muss er sich mit Hilfe von zähem Schleim schützen. In der Magenschleimhaut sitzen die Magendrüsen. Dort wird an verschiedenen Stellen gebildet:

Schleim → in den Nebenzellen

Pepsin → in den Hauptzellen

Salzsäure → in den Belegzellen

Die Salzsäureproduktion nimmt mit zunehmendem Alter ab, dadurch kommt es zu Verdauungsbeschwerden und einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber aufgenommenen Krankheitserregern.

Zusatzinformationen zum Verdauungstrakt:

- Magenkrebs macht sich meist erst dann bemerkbar, wenn es schon viel zu spät ist!
- Der Magen kann durch die Zwerchfellöffnung ganz oder teilweise nach oben in den Brustraum rutschen. Menschen können so aber Jahrzehnte leben, ohne von diesem inneren Zustand zu wissen. Jedoch haben sie manchmal Atembeschwerden und machen die Erfahrung, dass das Essen früher leichter verdaulich war. Häufig werden auch große Mengen von Medikamenten gegen Sodbrennen konsumiert.
- Im Verdauungstrakt ist allgemein die Flüssigkeitsproduktion sehr hoch. Wir nehmen viel mehr Wasser durch Eigenproduktion des Körpers auf, als wir am Tag trinken.

¹⁰ Bei Säuglingen kann eine angeborene Magenpförtnerverengung bestehen, die sich durch Mangelernährung und schwallartiges Erbrechen nach jedem Trinken äußert; ohne Operation waren diese Kinder (meist männlich) früher zum qualvollen Hungertod verurteilt.

- Krampfader im Ösophagus (z.B. bei Leberzirrhose als Umgehungskreislauf für das Pfortaderblut) können zum plötzlichen Tod führen: Adern platzen oder werden durch scharfkantige Speisen (z.B. Tacos) aufgeschlitzt, der Patient verblutet.
- Ein Anzeichen für eine angeborene Fehlbildung oder Undurchlässigkeit des Ösophagus beim Fötus: Die Schwangere ist überdurchschnittlich dick, da das Kind das Fruchtwasser nicht schlucken kann.
- Ein Magengeschwür (Ulkus) wird nach neueren Erkenntnissen meistens durch eine Besiedlung des Magens mit dem Bakterium *Helicobacter Pylori* verursacht, damit ist es oft durch eine antibiotische Behandlung heilbar.

10. Dünndarm (Jejunum und Ileum)

Im Dünndarm finden die Verdauung und die Aufnahme der Nahrungsbestandteile (Resorption) statt. Im Dünndarm unterscheidet man drei Abschnitte:

1. den Zwölffingerdarm,
2. den Leerdarm (Jejunum),
3. den Krummdarm (Ileum).

Im Zwölffingerdarm mündet der Gallengang und der Pankreasgang. Die Galle wird von der Leber hinzugefügt. Die Gallenflüssigkeit ist ein Emulgator (ein „Spülmittel“, früher wurde z.B. mit Ochsen-galle gewaschen, „Gallseife“). Galle emulgiert das Fett. Das Pankreas (Bauchspeicheldrüse) ist die wichtigste Verdauungsdrüse und produziert den Pankreassaft (ca. 2 l/Tag). Der Bauchspeichel enthält zahlreiche Verdauungsenzyme.

Fett wird von Lipasen gespalten, Proteine werden von Proteasen gespalten und die Kohlenhydrate werden von Amylasen gespalten.

Um die Aufnahme der Nahrungsbestandteile zu erleichtern befinden sich an der Innenseite des Dünndarms zahlreiche Zotten, Falten und Mikrovilli, die die Oberfläche vergrößern.

Die Falten im Darm erhöhen die Oberfläche auf 1 m^2 .

Die Zotten erhöhen die Oberfläche auf $5\text{--}6\text{ m}^2$.

Die Mikrovilli (Ausstülpungen der Zelle) erhöhen die Oberfläche auf 120 m^2 !

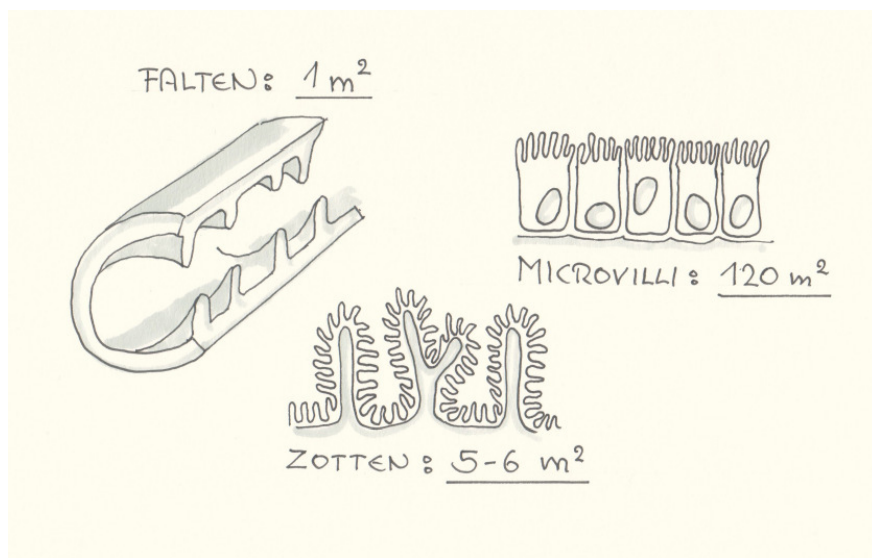


Abb. 21: Oberflächenvergrößerung im Dünndarm

Zu einem Zottenschaden kann es kommen, wenn Zellen der Darmschleimhaut zerstört werden, wodurch es zu einer Einschränkung der Resorptionsoberfläche kommt. Ein zusätzliches Problem hierbei ist, dass in den Zotten bereits wichtige Verdauungsenzyme sitzen, wie zum Beispiel Lactase. Kommt es nun zu einem Zottenschaden, kann dies sekundär zu einer Lactose-Intoleranz führen.

Bei der **Zöliakie** (auch Sprüe genannt) kommt es zu einem Zottenschaden aufgrund einer Unverträglichkeit gegenüber dem Klebereiweiß der hiesigen Getreidesorten (Gluten). Die Betroffenen können keinen Weizen, Roggen, Hafer etc. vertragen und müssen sich glutenfrei ernähren, diese Diät ist kostenaufwendig. Jedoch können sich die Zotten durch die Diät wieder vollständig regenerieren.

Die Diagnostik der Zöliakie wird mit der Watson-Kapsel durchgeführt, welche von dem Patienten geschluckt werden muss. Diese Kapsel saugt ein kleines Stück Schleimhaut ein und schneidet dieses schließlich ab. Daraufhin wird die Schleimhautprobe mikroskopisch untersucht.

Bei einer Resorptionsstörung kommt es immer zu einem Versorgungs- und Entsorgungsproblem.

Versorgungsproblem: es werden aufgrund einer nicht ausreichenden Oberfläche nicht genügend Nährstoffe resorbiert und es entstehen Nahrungsmangelerkrankungen (Vitamine etc.).

Entsorgungsproblem: die unverdaute Nahrung wird als Durchfall wieder ausgeschieden.



Abb. 22: Kennzeichen für glutenfreie Lebensmittel¹¹

Diese beiden Probleme bestehen auch bei schwerst hungernden Menschen, bei ihnen kommt es zum Abbau der Darmschleimhaut und bei Nahrungsaufnahme entsteht dann das beschriebene Versorgungs- und Entsorgungsproblem. Die erklärt die paradoxe Beobachtung, dass Verhungerte oft unter Durchfall leiden. Diese Menschen müssen ganz langsam und vorsichtig wieder mit der Nahrungsaufnahme beginnen, damit sich die Dünndarmschleimhaut wieder aufbauen kann.

Ein Entsorgungsproblem kann auch bei der Ernährung mit Light-Produkten und Süßstoffen entstehen, da diese Substanzen den Darm unresorbiert wieder verlassen müssen, daher rufen diese Stoffe oft Durchfall hervor.

¹¹ Handelsübliches Mais- oder Reismehl ist kein sicher glutenfreies Nahrungsmittel, da es oft aus Mühlen stammt, in denen vorher andere Getreidesorten vermahlen worden sind!

Es gibt drei verschiedene Arten (Entstehungsmechanismen) von **Durchfall** (Diarrhoe):

1. : osmotisch
2. : motorisch
3. : toxisch

Osmotischer Durchfall entsteht, wenn unverdaute Nahrung im Darm verbleibt. Im Dickdarm befindet sich dann unresorbierter Zucker und dieser zieht das Wasser an und es kommt zu Durchfall. Ein Beispiel wären Zuckeraustauschstoffe: Bei Verstopfung ist Milchzucker ein gutes Heilmittel, dieser verbleibt im Dickdarm, zieht Wasser an und es führt zu dem dann therapeutisch erwünschten Durchfall.

Motorischer Durchfall entsteht durch zu schnellen Transport der Nahrung. Dies kann durch bestimmte Medikamente, Reisekrankheit oder auch durch Stress entstehen. Der Dünndarm pumpt die Nahrung noch vor der Resorbierung weiter. Er ist vor lauter Stress so motorisch aktiv, dass er die unverdaute Nahrung einfach weiter transportiert und es kommt zu Durchfall.

Toxischer Durchfall entsteht durch eine Lebensmittelvergiftung. Bei dieser Art des Durchfalls werden die Zellen des Darmes vergiftet. Die Nahrung wird nicht resorbiert, dies führt auch in diesem Fall zu Durchfall. Eine Lebensmittelvergiftung kann zum Beispiel durch Bakterien (Salmonellen, Staphylokokken) entstehen.

Durchfall kann durch eine Nahrungspause therapiert werden, wenn es sich um osmotischen Durchfall handelt¹². Er kann aber auch durch Tee und Zwieback behandelt werden. Zwieback enthält sehr viel Glucose, ist fettfrei und zudem eine flüssige Kost, da er sich bereits im Mund auflöst.

Durchfallserkrankungen bei kleinen Kindern sind aufgrund ihres viel geringeren Wasservorrates immer sehr, sehr ernst zu nehmen! Durchfall ist weltweit die häufigste Ursache der Kindersterblichkeit!

Erklärung:

Wenn ein 80 kg schwerer Mann 800 ml Flüssigkeit verliert, dann ist das ein Prozent des Körpergewichtes;

wenn ein 4 kg schwerer Säugling ebenfalls 800 ml Flüssigkeit verliert, dann sind das 20 Prozent des Körpergewichtes!

Eingeweidebruch (Hernie)

Ein Leistenbruch wird auch als Hernie oder Eingeweidebruch bezeichnet. Anders als bei einem Knochenbruch (Fraktur) wird beim Leistenbruch nichts wirklich „gebrochen“. Die Leiste ist der Abschluss des Bauches nach unten. Sie ist gut mit Bindegewebe verschlossen. Zu einem Leistenbruch kann es kommen, wenn der Darm enorm gedrückt wird. Dies kann schnell bei Möbelpackern oder Gewichthebern passieren, da sie durch die Kraft, die sie aufbringen müssen einen enormen Druck auf den Bauch ausüben. Eine Darmschlinge dringt in solch einem Fall in den Leistenkanal ein. Beim Mann kann es passieren, dass die Darmschlinge bis in den Hodensack gleitet. Da der Hoden ein weiches Gebilde ist kann er bis auf Kürbisgröße anschwellen. Der gesamte

¹² Der Durchfall, der durch eine Lebensmittelvergiftung oder durch Bakterien ausgelöst wird, kann oft nicht alleine durch eine Nahrungspause behandelt werden. Cholera- Patienten z.B. scheiden am Tag bis zu 20 l Durchfall aus, das wäre umgerechnet in etwa ein Liter Durchfall pro Stunde. Ihre Beschwerden können nicht nur durch eine Nahrungspause gelindert werden; sie benötigen Flüssigkeit und Elektrolyte als Getränk (isoton) oder als Infusion, manche bakteriellen Durchfallerkrankungen machen auch Antibiotikagabe erforderlich.

Eine weitere Behandlungsmethode gegen Durchfall sind Kohletabletten, diese machen den Kot wieder fest. Opium-Tinktur ist immer noch das beste Medikament gegen Durchfall, da es den Darm lähmt, führt allerdings zur Abhängigkeit. Daher leiden auch Heroinabhängige immer unter Verstopfung.

Reisedurchfall sollte man möglichst gar nicht behandeln und ihn einfach gewähren lassen, da durch den Durchfall Giftstoffe ausgeschieden werden. Nur wenn es zu nennenswerten Flüssigkeitsverlusten kommt, ist eine möglichst orale Substitution von Wasser und Elektrolyten unumgänglich.

Verdauungsvorgang muss nun diesen Weg durchlaufen. Die Gefahr hierbei ist, dass der Darm sich im Hodensack verdrehen kann, was zum Tode führen kann, da das verdrehte Stück Darm abstirbt.

Neugeborene kommen relativ häufig mit einem Leistenbruch zur Welt. Bei Jungen ist dies zunächst relativ ungefährlich. Bei Mädchen darf der Bruchsack nicht einfach zurückgedrückt werden, da sonst möglicherweise die Eierstöcke zerdrückt werden können. Bei Mädchen mit Leistenbruch ist also immer eine sofortige Operation erforderlich.

Ein Eingeweidebruch ist also definiert durch das Eintreten eines Organs in eine Körperhöhle, in die es nicht hinein gehört (Leistenbruch des Darmes, Zwerchfellbruch des Magens etc.)

Besonders bei Kleinkindern kann es bei vermehrter Darmbewegung im Rahmen von Infekten etc. zu einer lebensbedrohlichen handschuhförmigen Ineinanderstülpung von Dünndarmabschnitten kommen (Invagination).

Abwehrfunktion der Darmschleimhaut

- Der Darminnenraum stellt funktionell die Außenseite des Körpers dar.
- Die Darmschleimhaut ist also funktionell gesehen genauso eine äußere Haut wie unsere Außenhaut am Körper.
- Die Darmschleimhaut schützt den Körper durch reichhaltiges lymphatisches Abwehrgewebe vor äußeren Krankheitserregern im Darm.

Lebensmittelvergiftung

Es gibt zwei verschiedene Arten von Lebensmittelvergiftungen:

- 1) Bakteriell (z.B. Salmonellen)
- 2) Toxisch (Giftstoffe/Toxine der Bakterien)

Zu 1):

- Bei der bakteriellen LM-Vergiftung sind es die Bakterien selber, die krank machen.
- Ein für diese Vergiftung typisches Lebensmittel sind z.B. Eier.
- In nahezu jedem Hühnerei und besonders in Enteneiern sind Salmonellen vorhanden.
- Selbst wenn sich nur Salmonellen auf der Außenseite der Eierschale befinden, können bei dem Schalenbruch die Salmonellen in das Ei gelangen.
- Der Körper reagiert mit Erbrechen und Durchfall.
- Es können auf dem Blutweg dann Eiterungen an Herz und Lunge und Organschäden entstehen.
- **Aufgrund der zunächst notwendigen Bakterienvermehrung hat die bakterielle LM-Vergiftung eine vergleichsweise längere Inkubationszeit.**

Zu 2):

- Bei der toxischen LM-Vergiftung entwickeln sich aus bestimmten, haufenförmig auftretenden Kugelbakterien (Staphylokokken) giftige Ausscheidungsprodukte im Lebensmittel (Toxine).
- Die Staphylokokken gelangen z.B. durch eine eitrige Wunde am Finger des Lebensmittelverarbeiters in die Lebensmittel.
- Ein typisches Lebensmittel für diese Vergiftung ist z.B. Kartoffelsalat.
- Schutzmaßnahmen des Körpers sind Erbrechen und Durchfall.
- Normal kräftige Menschen sind nicht lebensgefährlich erkrankt, aber ältere und abwehrschwache Menschen können daran sterben.
- **Aufgrund des schon im Lebensmittel vorhandenen Toxingehaltes hat die toxische LM-Vergiftung eine vergleichsweise kurze Inkubationszeit.**

Botulismus

Botulismus ist eine extrem gefährliche Lebensmittelvergiftung, die häufig tödlich verläuft!

Den Botulismusbefall eines Lebensmittels erkennt man z.B. an der Bombage (Aufblähung) von Konserven. Botulismus entsteht in unzureichend sterilisierten Konserven oder Einmachgläsern.

Das gefährliche an der Botulismusvergiftung ist, dass sich die Keime, die sich in den Konserven oder Einmachgläsern entwickeln, nicht bemerkbar machen; man schmeckt also nicht, dass die Lebensmittel verdorben sind.

Das erste klinische Zeichen dieser gefährlichen Lebensmittelvergiftung ist eine beeinträchtigte Sehkraft. Die Patienten sehen Doppelbilder, da das Botulinustoxin eines der stärksten bekannten Nervengifte ist und anfangs die Augenmuskelnerven lähmt.

11. Dickdarm (Colon)

Das Ileum mündet in den 1,5 bis 1,8m langen Dickdarm, dieser besteht aus Colon, Mastdarm (Rectum) und Blinddarm, dessen unteres Ende der Wurmfortsatz (Appendix) ist. Hauptaufgabe des Dickdarms ist die Rückresorption von Wasser aus dem Stuhl. Die Längsmuskulatur des Colon ist auf drei Muskelbündel begrenzt. Diese so genannten Taenien halten den Darm in Längsrichtung zusammen und vermitteln ihm eine gewisse Beweglichkeit. Zwischen ihnen befinden sich dünnwandige Ausbuchtungen (Haustren).

Im Colon können sich sackförmige Ausstülpungen (Divertikel) bilden. Sie werden durch lange Darmpassagezeiten (Verstopfung) hervorgerufen. In ihnen sammelt sich Stuhl, der sich verhärtet und Raum für Entzündungen bietet. Um diese schmerzhaften Ausstülpungen vorzubeugen oder abheilen zu lassen bedarf es einer sehr ballaststoffreichen Kost¹³.

Der früher fälschlich für nutzlos und gefährlich gehaltene Wurmfortsatz (Appendix) enthält lymphatisches Gewebe und hat somit eine immunologische Funktion („Bauchmandel“). Die im landläufigen Sprachgebrauch verwendete Bezeichnung „Blinddarmentzündung“ ist eigentlich unzutreffend, da meist der Wurmfortsatz entzündet ist (Appendizitis). Die Symptome einer „Blinddarmentzündung“ gehen mit rechtsseitigen Bauchschmerzen, Fieber und Erbrechen einher. Durchfall ist kein typisches Symptom der Appendizitis, da der Darm durch die Entzündung stillgelegt ist. Das Fieber bei einer vermuteten Blinddarmentzündung muss sowohl oral, wie auch rektal gemessen werden. Eine erhebliche Differenz kann dabei einen Hinweis auf eine Appendizitis geben.

Es gibt 2 **chronisch entzündliche Darmkrankheiten**, die oft gleichzeitig mit autoimmunologisch-rheumatischen Krankheitsbildern auftreten:

1. Colitis Ulcerosa: Chronische Dickdarmentzündung.

Das charakteristische Symptom dieser Krankheit ist **Darmbluten**.

2. Morbus Crohn (lat. „morbus“: Krankheit): Chronische Darmentzündung. Sie wurde nach ihrem Entdecker Crohn benannt. Die Krankheit kann alle Darmabschnitte betreffen, diese werden mit Fisteln durchsetzt. Fisteln sind krankhaft bedingte Gänge im Gewebe, durch die

¹³ Eine Besiedlung des Dickdarmes mit Bakterien vom Typ Escherichia Coli ist normal und für den menschlichen Organismus lebensnotwendig. Diese Darmbakterien sterben bei intensiver **Antibiotikabehandlung** ab, was zu Durchfällen führen kann. Neuerdings werden **Probiotika** als Ersatz für verlorengegangene Darmbakterien angeboten. Diese Bakterienstämme müssen die Magensäure unbeschadet passieren können, um sich dann im Darm anzusiedeln. Trotz vieler Erfolgsmeldungen ist ein gesundheitsförderlicher Effekt der Probiotika noch nicht sicher bewiesen worden.

oft Flüssigkeit läuft. Auf diese Weise können Sekrete des einen Darmabschnittes in einen andern, in die freie Bauchhöhle oder auch nach außen gelangen.

Das charakteristische Symptom dieser Krankheit sind **Fisteln**.

Beide Krankheiten beeinträchtigen die Lebensqualität ganz erheblich, müssen diätetisch und medikamentös behandelt werden und können langfristig Vorstufen zur Krebsbildung sein.

12. Leber (Hepar)

Die Leber ist ein glattes weiches Organ, das aus vier Leberlappen besteht und 1500-2000g wiegt. Die Leber kann auch als **zentrale Stoffwechselfabrik des Körpers** bezeichnet werden.

Abbauprodukte scheidet die Leber über die Galle aus. Gleichzeitig wirken die ausgeschiedenen Gallensäuren als Emulgator, um die Resorption von Fetten zu ermöglichen.

Funktionen der zentralen Stoffwechselfabrik Leber

Kohlenhydrate	Fette	Proteine	Entgiftung
<ul style="list-style-type: none"> • Speicherung • Abbau • Aufbau 	<ul style="list-style-type: none"> • Speicherung • Abbau • Aufbau 	<ul style="list-style-type: none"> • Speicherung • Abbau • Aufbau 	<ul style="list-style-type: none"> • Von Alkohol (C₂H₅OH) • „Pille“ • Gifte • Viele Medikamente
→ Der Erhalt der Gehirnzellen hat oberste Priorität und erfolgt ausschließlich mit Glucose. Bei Bedarf können Nährstoffe in der Leber zu Glucose umgebaut werden.	→ Bei Überarbeitung der Leber, dies kann sowohl bei Unter- als auch bei Überernährung der Fall sein, kann das Fett nicht ausreichend abtransportiert werden. Als Folge lagert sich das Fett an; es entstehen Fettleber und Leberzirrhose.	→ In Notzeiten wird Muskeleiweiß zu Glucose umgebaut (Gluconeogenese). Bei ständigem Mangel werden die Muskeln letztendlich vollständig abgebaut. Tod ist die Folge.	→ Durch „die Pille“ werden die Enzyme und die gesamte Stoffwechselaktivität angeregt. Folglich können auch andere Medikamente schneller abgebaut werden. (Enzyminduktion)

Lebergewebe

Das Lebergewebe ist in Leberläppchen gegliedert. Der schwammförmige Aufbau ermöglicht zusätzlich eine Oberflächenvergrößerung. Im Querschnitt erscheinen die Leberläppchen sechseckig mit einem zentralen Gefäß (Zentralvene). An den Stellen, an denen mehrere Läppchen aufeinander treffen (Zwickel) verlaufen jeweils eine kleine Pfortadervene, Leberarterie und Gallengang.

Die Pfortader transportiert das nährstoffreiche Blut in Richtung Zentralvene, während der Gallengang von der Zentralvene wegführt. Die Gallenflüssigkeit fließt den umgekehrten Weg.

Die Zentralvene und die Pfortader sind **öffentliche Gefäße** (VAS PUBLICUM) der Leber und ermöglichen ihr ihre Funktion für den Gesamtorganismus.

Die Leberarterie ist für die eigene Sauerstoffversorgung der Leber zuständig und damit ein **Privatgefäß** (VAS PRIVATUM).

Die Leber ist ein hochwertiges Nahrungsmittel, da sie als Speicherorgan sämtliche Nährstoffe enthält. So konnte früher bei Mangelkrankungen nur mit Leberextrakt geholfen werden. Da die Leber ebenfalls Giftstoffe und Medikamente speichert, ist ihr gesundheitlichen Nutzen in letzter Zeit zunehmender Kritik ausgesetzt.

Leberentzündung (Hepatitis)

Eine Hepatitis kann durch Viren oder durch Vergiftungen hervorgerufen werden¹⁴. Wenn es nicht zur vollständigen Abheilung kommt, entsteht eine Leberzirrhose. Bei dieser Krankheit wird das Lebergewebe steinhart, da es nahezu vollständig durch Narbengewebe ersetzt wird. Die Stoffwechselfunktion der Zirrhoseleber ist sehr stark eingeschränkt, so können beispielsweise keine Hormone mehr abgebaut werden. Das hat zu Folge, dass bei Männern eine typische Verweiblichung stattfindet (Brustbildung und Haarausfall), da die weiblichen Hormone nicht mehr ausreichend abgebaut werden können.

Da das Pfortaderblut die zirrhatische Leber nicht mehr durchströmen kann, sucht es sich im Körper verschiedene Umgehungskreisläufe (Bauchhaut, Ösophagus). Die Verblutung aus den erweiterten Ösophagusvenen ist eine häufige Todesursache der Zirrhosekranken. Aus diesem Grund sollten Zirrhosepatienten scharfkantige Lebensmittel wie Tacos und Chips unbedingt vermeiden.

Gallenblase und Gallenflüssigkeit

Die Gallenblase ist ein muskuläres Hohlorgan mit einem Fassungsvermögen von 30-35 ccm. In ihr befindet sich die extrem bittere Gallenflüssigkeit, die hauptsächlich aus Gallensäure besteht. Diese wiederum ist der Emulgator für Fette. Über die Gallenflüssigkeit werden auch „gallengängige“ Stoffe und Gifte ausgeschieden. Durch einen Ringmuskel wird der Abfluss der Galle bei Verdauungsruhe verhindert. Es kann zu einer Rückstauung bis zur Leber kommen. Von der Gallenblase aus führt der Gallengang in die Nähe des Ausganges der Bauchspeicheldrüse. Beide Ausgänge münden in das Duodenum, manchmal getrennt, manchmal gemeinsam. In der Gallenblase ist eine Ablagerung von Gallensteinen möglich. So lange diese dort ruhen sind sie symptomlos. Sobald die Gallenblase nach einer fettreichen Mahlzeit anfängt, die Gallenflüssigkeit aktiv weiterzubefördern, können sich die Steine in Bewegung setzen. Stecken die Steine im Gallengang fest, erleidet der Mensch eine sehr schmerzhafte Kolik. Als Kolik bezeichnet man generell das Festsetzen von Steinen in Hohlräumen oder Hohlorganen. Für die statistisch erhöhte Häufigkeit von Gallensteinen gibt es eine 5- „F“- Regel:

Female – weiblich

Fat – dick, übergewichtig

Fertile – im gebärfähigem Alter

Fair – blond

Fecund – schwanger

(Diese Faustregel besagt also, dass übergewichtige, entweder schwangere oder sich im gebärfähigem Alter befindende Frauen nordischen Typs erhöht anfällig für Gallensteine sind.)

13. Bauchspeicheldrüse (Pankreas)

Pankreas: griechisch: „alles Fleisch“

Die Bauchspeicheldrüse liegt als sehr weiches und zerfließliches Organ zwischen Milz und Duodenum. Sie ist die zentrale Verdauungsdrüse des Körpers. Ihre Anatomie ähnelt der jeder Speicheldrüse, zum Beispiel der der Ohrspeicheldrüse. Selbst der Nebenhoden ist anatomisch eine

¹⁴ Hepatitis A wird durch mit Hepatitisviren A infizierte Nahrungsmittel verursacht, Hepatitis B wird durch mit Hepatitisviren B infiziertes Blut und Körpersekrete übertragen. Gegen beide Hepatitisformen gibt es einen gut verträglichen und hochwirksamen Impfstoff.

Speicheldrüse, und so besteht für junge Männer bei einer infektiösen Erkrankung der Speicheldrüsen (Mumps) die Gefahr, unfruchtbar zu werden.

Die Bauchspeicheldrüse produziert Enzyme:

Lipasen zur Fettverdauung,
Proteasen zur Proteinverdauung,
Amylasen zur Kohlenhydratverdauung.

Sie werden erst im Duodenum aktiviert.

Die Funktion der Bauchspeicheldrüse wird in zwei Bereiche unterteilt, den exokrinen Anteil und den endokrinen Anteil.

Die **exokrine** Drüse gibt die Verdauungsenzyme nach außen ab.

Der **endokrine** Anteil der Bauchspeicheldrüse ist der Inselapparat mit den Langerhans- Inseln.

Diese sind stecknadelkopfgroße Gewebeinseln, in denen Insulin gebildet wird. Insulinmangel bedeutet Diabetes, Diabetes bedeutet im Griechischen „Übertritt“, nämlich von Zucker in den Urin; klassische Diagnostik mittels Geschmacksprobe durch den Arzt; „Ameisenkrankheit“ in Südasien (Ameisen sammeln sich in großer Zahl an der Urinpütze des Patienten und trinken den zuckerreichen Urin).

Klassische Symptome einer akut auftretenden Erkrankung an Diabetes mellitus sind großer Durst und häufige Entleerung der Blase. Es werden zwei Arten Diabetes unterschieden:

Typ I: Absoluter Insulinmangel,

„kindlicher Diabetes“,

Es muss immer Insulin gespritzt werden,

der Inselapparat der Bauchspeicheldrüse ist komplett funktionslos.

Typ II: Relativer Insulinmangel,

„Altersdiabetes“,

es können Tabletten eingenommen werden,

die vorhandene Insulinmenge ist unzureichend.

Insulin kann nicht oral eingenommen werden, da es ein Protein ist und verdaut werden würde ohne eine gewünschte Wirkung zu erzielen.

Bei Diabetes kann der Blutzucker nicht in die Zellen, der Blutzucker ist in den Zellen erniedrigt und im Serum erhöht.

Insulin schleust Glucose in die Zellen, hauptsächlich in die Muskelzellen.

Insulin senkt den Blutzucker, Glucagon erhöht den Blutzucker. Der Blutzuckerspiegel eines gesunden Menschen liegt bei etwa 80- 120 mg/100ml.

Ist dieser Wert erhöht (z.B. 500 mg/100ml), fällt der Erkrankte ins **hyperglykämische Koma** (griechisch „**hyper**“: „zu hoch“).

Bei deutlicher Erniedrigung des Wertes (z.B. 20mg/100ml) erleidet der Erkrankte einen **hypoglykämischen Schock** (griechisch „**hypo**“: „zu niedrig“)¹⁵.

Insulin ist zwar ein häufig verordnetes, aber ein sehr gefährliches Medikament! Eine viel zu hohe Insulindosis ist tödlich!

¹⁵ Kommt man in die Bedrängnis entscheiden zu müssen, ob man einem akut unklar kranken Diabetiker Insulin oder Glucose zuführt, sollte man sich immer für Glucose, z.B. in Form von Traubenzucker oder Apfelsaft, entscheiden. Niemals hierbei „light“- Produkte verwenden, diese enthalten keine Glucose. Einem sich in hypoglykämischen Schockzustand befindenden Diabetiker kann mit Glucose sehr geholfen werden, wohin gegen sich die Situation des sich im hyperglykämischen Koma Befindenden durch Glucose nicht sehr nachteilig verändern lässt.

Zwei Therapieformen werden unterschieden. Die konventionelle Therapie und die heute gebräuchliche intensivisierte Therapie.

Bei der konventionellen Therapie wurde „der Patient dem Insulin angepasst“. Das bedeutet, der Patient spritzt sich morgens und abends eine relativ hohe Dosis Insulin. Der Nachteil dieser Methode sind die sehr exakt einzuhaltenden Mahlzeiten und der strenge Tagesablauf. Stichwort: **Disziplin**.

Bei der intensivierten Therapie passt man das Insulin dem Patienten an. In diesem Fall bedeutet das, dass sich der Patient eine Basalrate und dazu bei jeder Mahlzeit einen Mahlzeitenbedarf an Insulin spritzt. Stichwort: **Eigenverantwortung**.

14. Überblick über die Verdauungsvorgänge

Stationen der Fettverdauung

a) Der Mund: Der Mund stellt in der Verdauung die erste Station dar. Der Speisebrei wird hier mit Hilfe der Zähne zerkleinert und es kommt zu einer ersten Aufspaltung der Nahrung durch Enzyme. Die Fette im Nahrungsbrei werden bereits durch so genannte Zungengrundlipasen aufgespaltet. Diese befinden sich im Mundspeichel, der zu fast 70% aus den beiden Unterkieferspeicheldrüsen und zu 25% aus der Ohrspeicheldrüse stammt. Der pH-Wert des Speichels liegt zwischen den Mahlzeiten bei ca. 6, nach Stimulation steigt er auf 7,0-7,5 an.

b) Der Magen: Die zum Teil schon gespaltenen Fette gelangen nun durch den Ösophagus in den Magen, wo ca. 10-30% der Fette noch durch die Lipasen des Mundes gespalten werden, die mit dem Nahrungsbrei in den Magen gelangt sind. Die im Magen befindliche Nahrung muss ständig durchmischt werden. Dies erfolgt durch peristaltische Kontraktionswellen, die im Abstand von 20 sec. über den Magen verlaufen. Diese Durchmischung dient einerseits der mechanischen Zerkleinerung, zum anderen ist sie für die Fettverdauung von erheblicher Bedeutung. Die schlecht oder gar nicht wasserlöslichen Fette neigen dazu, zu großen Fetttropfen zusammenzufließen und damit den Lipasen (Lipase, Phospholipasen, Esterase) nur eine geringe Angriffsfläche bieten. Dies wird durch die Durchmischung im Magen verhindert, wobei kleinere Fetttropfchen entstehen (Prinzip der Oberflächenvergrößerung).

c) Das Duodenum: Im Duodenum wird der saure Speisebrei des Magens erst einmal neutralisiert, damit die aus Eiweiß bestehenden Enzyme des Pankreas nicht durch die Magensäure im Speisebrei denaturiert werden. Das Hormon Sekretin der Dünndarmschleimhaut stimuliert das Pankreas, dies gibt daraufhin ein enzym- und hydrogencarbonathaltiges Sekret ab, das auch die Lipasen enthält. Ebenso wird die Gallensäure ins Duodenum abgegeben. Die Galle setzt die Oberflächenspannung zwischen Fetten und Wasser herab und ermöglicht damit eine sehr feine Verteilung der Fette. Diese Emulgierung gelingt der Gallensäure dadurch, dass sie gleichzeitig lipo- und hydrophile Eigenschaften besitzt, sich also sowohl mit Wasser als auch mit Fetten verbindet. Die Lipasen können sich nun gut an die Fetttropfchen anlagern und spalten diese in freie Fettsäuren und Glycerin.

Die langkettigen Fettsäuren werden nun über die Darmzotten ins Lymphsystem des Darms transportiert und gelangen über den Milchbrustgang zur oberen Hohlvene, wo sie in das Blut aufgenommen und schließlich über den Körperkreislauf zur Leber gelangen.

Die kurzkettigen Fettsäuren werden direkt von der Dünndarmschleimhaut resorbiert und ähnlich wie bei den Kohlenhydraten über die Pfortader zur Leber transportiert¹⁶.

¹⁶Die kurzkettigen Fettsäuren sind leichter verdaulich und können auch bei Störungen und Erkrankungen des Verdauungstraktes eingesetzt werden, um beispielsweise die fettlöslichen Vitamine (EDKA) zu resorbieren. Kurzkettigen FS sind auch im Reformhaus erhältlich, sog. MCT-Öl (Medium-Chain-Triglycerin). Dieses ist besonders für Menschen geeignet, die Verdauungsprobleme haben (z.B. Kurzdarmsyndrom), da MCT sehr schnell direkt und komplett ähnlich den Kohlenhydraten resorbiert wird und so sehr schnell über die Pfortader zu Leber gelangt.

Stationen der Kohlenhydratverdauung

Arten von Kohlenhydraten:

Stärke: Speicherform von Zucker, besteht aus Polysacchariden

Disaccharide: Zweifachzucker, z.B.
Rohrzucker (Glucose + Fructose),
Milchzucker (Glucose + Galactose),
Maltose (Glucose + Glucose)

Monosaccharide: Einfachzucker, z.B.
Glucose
Fructose
Galactose

a) Der Mund: Die mit der Nahrung aufgenommenen Kohlenhydrate werden im Mund von dem Enzym Ptyalin, eine alpha- Amylase, das sich im Mundspeichel befindet, aufgespaltet, zunächst einmal in größere Polysaccharidbruchstücke (Dextrine) bei längerer Einwirkzeit sogar bis zur Maltose.

b) Der Magen: Im Magen stoppt dann diese begonnene Kohlenhydratverdauung wieder, da das Ptyalin durch den sauren Magensaft inaktiviert wird.

c) Das Duodenum: Nachdem der saure Speisebrei durch das Hydrogencarbonat des Pankreas neutralisiert worden ist, erfolgt durch die erneute Zugabe von alpha-Amylase eine Aufspaltung in Oligosaccharide und Maltose. Kohlenhydrate können aber nur als Monosaccharide aufgenommen werden.

d) Das Jejunum: Im Jejunum werden die vorhandenen Disaccharide nun durch die Bürstensaumenzyme (Maltase, Laktase, Saccharase) in die Monosaccharide Glucose, Galactose und Fructose aufgespaltet. Diese werden von der Dünndarmschleimhaut resorbiert und gelangen in das Blut. Von dort geht es über die Pfortader zur Leber¹⁷.

Ebenfalls leiden häufig Menschen aus Südostasiatischen Ländern an einer Laktoseintoleranz, was wahrscheinlich evolutionär bedingt ist.

Stationen der Proteinverdauung

15. Nieren und Wasserhaushalt

allgemeine Anatomie der Nieren:

paariges und bohnenförmiges Organ, jede etwa 160 g schwer, von einer bindegewebigen Nierenkapsel und Fettkapsel umgeben und gut geschützt. Lage: beiderseits der Wirbelsäule, jeweils etwa zur Hälfte vom knöchernen Thorax (Rippen) bedeckt. Ein Leben mit einer Niere ist gut möglich (Organspende!).

In den **Nieren** wird der Harn gebildet, der sich in den **beiden Nierenbecken** sammelt, von da aus über die **beiden Harnleiter** in die **Harnblase** gelangt und dann portionsweise über die **Harnröhre** ausgeschieden wird.

¹⁷ Zöliakiepatienten entwickeln oft als Sekundärerkrankung eine Laktoseintoleranz, da der Bürstensaum des Dünndarmes atrophiert ist. Somit sind auch die Bürstensaumenzyme nicht mehr vorhanden! Heutzutage hat sich die Lebensmittelindustrie bereits auf solche Erkrankungen eingestellt und bietet z.B. Milch an, der die Lactase bereits zugeführt ist (-L-Milch). Diese schmeckt jedoch aufgrund der „Vorverdauung“ sehr süß (functional food).

Funktionseinheit der Niere ist mikroskopisch das Nephron, bestehend aus Nierenkörperchen (Ort der Filtration) und Tubulussystem (Ort der Rückresorption).

Die Nieren werden täglich von etwa 1700 l Blut durchströmt, dabei werden etwa 180 l Primärharn abfiltriert, der bis auf etwa 1,5 l Harn wieder vollständig rückresorbiert wird.

Funktionsprinzip: **Die Nieren sind Kläranlagen des Körpers, die zunächst alle Stoffe ausscheiden, um sich danach die Wertstoffe gezielt wieder zurückzugewinnen.** Daher scheidet die Niere auch entwicklungsgeschichtlich neu auftretende Stoffe (z.B. Medikamente) aus.

Nieren und Blutdruckregulation:

Grundaussagen: 1. Das Herz leistet die Nierenarbeit.
2. Die Niere braucht mind. einen Blutdruck von 80 mmHg systolisch.

Die Nieren sind eine zentrale Stelle für die Blutdruckregulation im menschlichen Körper. Der Blutdruck hängt engt damit zusammen, wie groß die gesamte Blutmenge ist, die in den Blutgefäßen zirkuliert. Die Nieren sind das Organ, welches diese Flüssigkeitsmenge reguliert. Daher wirkt sich die Nierentätigkeit direkt auf das Blutvolumen und den Blutdruck aus.

Die Aufrechterhaltung eines bestimmten Blutdruckes ist für das Funktionieren des menschlichen Organismus von lebenswichtiger Bedeutung. Ist er zu niedrig, so kann das Blut möglicherweise nicht alle Organe erreichen. Diese werden dann nicht ausreichend mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt. Es würde eine Funktionseinschränkung folgen, Organversagen oder sogar der Tod (z. B. bei einem Schock). Überschreitet der Blutdruck eine bestimmte Grenze, schädigt dies zuerst die Gefäße und anschließend die Organe.

Die Niere ist als Organ für ihre Funktion wie kein anderes auf den Blutdruck angewiesen (Filtrationsdruck), sie reguliert ihn daher auch mit.

Beeinflusst wird der Blutdruck zum einen durch den Durchmesser der Blutgefäße und zum anderen durch das zirkulierende Blutvolumen. Je kleiner der Durchmesser der Blutgefäße und je größer das im Kreislauf bewegte Blutvolumen, umso höher ist der Blutdruck. Umgekehrt gilt für einen niedrigen Blutdruck: Je weiter die Blutgefäße und je geringer das Blutvolumen, desto geringer ist der Blutdruck.

Die zwei Mechanismen der Niere zur Blutdruckregulation:

1. Gefäßverengung (physikalisch)
2. Natrium-Erhöhung (osmotisch)

Auf beide Faktoren (Blutdruck, Blutvolumen) üben die Nieren entscheidenden Einfluss aus. Dieser Steuerungsmechanismus ist der **Renin-Angiotensin-Aldosteron-Mechanismus**.

In den Nieren messen spezielle Zellen die Natriumkonzentration im Körper. Ist die Konzentration zu gering, wird Renin aktiviert. Auch ein zu niedriger Blutdruck und die Hormone Adrenalin und Noradrenalin aus dem Nebennierenmark aktivieren Renin. Es bewirkt eine vermehrte Aktivierung von Angiotensin II. Angiotensin II ist das stärkste Hormon, das zu einer Gefäßverengung führt. Es bewirkt

- eine Engstellung der Blutgefäße
- eine Umverteilung des Blutes im Körper
- vermehrten Durst
- vermehrte Ausschüttung von Aldosteron

Durch diese Kombination steigen der Blutdruck, die Natriumkonzentration und das Volumen des Blutes.

1. Renin wirkt auf das Angiotensinogen ein, das in der Leber hergestellt wird.
2. Aus Angiotensinogen wird unter Einwirkung von Renin Angiotensin I abgespalten.
3. Ein weiteres Enzym spaltet Angiotensin I in seine wirksame Form, Angiotensin II.

Wichtiger Faktor zur Regulierung des Blutvolumens ist die Natrium-Konzentration im Blut: Natrium-Ionen binden Wasser an sich. Wird Natrium ausgeschieden, so bedeutet das auch, dass der Körper Wasser verliert. Durch eine vermehrte Ausschüttung von Aldosteron, welches aus der Nebennierenrinde kommt, bewirkt durch Angiotensin II, wird die Natriumausscheidung reduziert. Aldosteron fördert die Rückresorption von Natrium-Ionen und steigert gleichzeitig die Kaliumausscheidung. Das Blutvolumen steigt, ebenfalls steigt der Blutdruck.

Die verschiedenen Mechanismen der Regulation greifen ineinander und sind voneinander abhängig.

16. Nervensystem

Das Nervensystem des Menschen wird in 2 Systeme aufgeteilt:

- Zentrales Nervensystem (**ZNS**), hierzu gehören Gehirn und Rückenmark (Stichwort: **Handeln**)
- Peripheres Nervensystem (**PNS**), hierzu gehören alle vegetativen Nerven (Stichwort: **Überleben**)

Über das Nervensystem steht der Organismus mit seiner Umwelt in Verbindung. Bewusste Wahrnehmung, schnelle Verarbeitung von Information und willkürliche Bewegungen sind Merkmale des Zentralen Nervensystems.

Über das Nervensystem steht der Organismus mit seinen Eingeweiden in Verbindung. Eigene Regulation der Organfunktion, sowie Konstanthaltung des inneren Milieus sind Merkmale des Peripheren Nervensystems.

In beiden dieser Systeme sind die Nervenverbindungen entweder

afferent (sensibel, sensorisch – Leitung der Impulse von der Peripherie zum Zentrum, „INPUT“) oder **efferent** (motorisch – Leitung der Impulse vom Zentrum zur Peripherie, „OUTPUT“).

Das ZNS steuert die Aktivität des Bewegungsapparates, hier erfolgt die Auswertung und Integration eingehender Information/Erregung. Auch die „höheren“ Leistungen, wie Lernen, Denken, Urteilen, Sprache, Gedächtnis sind an das ZNS gebunden. Die Aufgaben des ZNS sind mehrheitlich bewusst.

Das PNS steuert Vorgänge, wie die Atmung, Verdauung, Hunger, satt sein, wach sein, Stressreaktion. Es vermittelt im ZNS entstandene Impulse an die Peripherie und umgekehrt.

Die Steuerung durch das ZNS und das PNS erfolgt über 2 Systeme:

- Nerven – schnelle Steuerung, direkt
- Hormone – langsame Steuerung, indirekt

Nerven und Hormone stehen in Wechselwirkung zueinander. Bestimmte Stoffe sind gleichzeitig Hormone im Blut und auch Überträger an den Synapsen des Nervensystems, wie z. B. **Adrenalin**.

Das vegetative Nervensystem

Es kontrolliert/regelt Funktionen der Organe, die unbewusst ablaufen: Herz, Kreislauf, Atmung, Verdauung, Stoffwechsel, Ausscheidung, Wärme-/Energiehaushalt.

In jedem Organismus in der Natur (Mensch und Tier) gibt es 2 Grundzustände des Körpers:

- Ruhe (Parasympathikus)
- Stress (Sympathikus)

Diese beiden Zustände wirken als Gegenspieler.

In Ruhe: Das **parasympathische System** dominiert, wenn man ruhig und entspannt ist. Die Herzfrequenz ist niedriger, die Pupillen sind verengt, die Atemfrequenz ist langsamer. Der Körper widmet sich Vorgängen wie Verdauung, Zellerneuerung (also Wachstum), Schlafen, Träumen, Essen, Vermehrung (Sexualität). Alles, was **langfristig für das Überleben wichtig** ist, findet in diesem Zustand statt.

Im Stress: Das **sympathische System** dominiert, wenn man sich in einer Stresssituation befindet. Es besteht eine Bedrohung und der Körper bereitet sich zum Kampf oder zur Flucht vor („Neandertaler wird von Säbelzähntiger bedroht“). Muskeln beginnen verstärkt zu arbeiten, die Atem- und Herzfrequenz steigt, der Körper braucht Kraft, Energie (ATP). Dazu benötigt er den „Brennstoff“ Glucose und Sauerstoff. Der Blutdruck steigt durch Gefäßverengung, Puls steigt an, Adrenalin wird frei, der Blutzucker steigt enorm an, die Insulinproduktion wird eingestellt, sowie alle Vorgänge des Ruhezustandes eingestellt werden. Für einen besseren Überblick über die Umgebung weiten sich die Pupillen. „Dem Körper geht es ums nackte Überleben!“ Alles, was **kurzfristig für das Überleben wichtig** ist, findet in diesem Zustand statt.

Beispiele:

- Oft bekommt man im Stress kalte Hände. Grund: Die Wärme der Haut kommt über die Durchblutung mit Blut aus dem Körperinneren. Im Stresszustand wird die Hautdurchblutung durch Gefäßverengung eingeschränkt, da sie kurzfristig nicht überlebenswichtig ist.
- Ein Boxkampf, in dieser Situation ist der Körper im Stress: Einer der Boxer bekommt einen unvorhergesehenen Schlag unter den Rippenbogen auf das parasympathische Nervensystem, genauer auf den Plexus solaris (Sonnengeflecht, vegetatives Nervengeflecht für die Baucheingeweide). Es befiehlt nun den Blutgefäßen im Bauchraum zu erschlaffen, die größte Menge des Blutes sammelt sich dort, so dass das Gehirn nicht ausreichend mit Blut versorgt wird. Es folgt der Knockout (KO).
- Menschen, die gerade eine volle Mahlzeit zu sich genommen haben und dann in Bedrohung oder Lebensgefahr geraten, müssen oft erbrechen. Der Körper steuert dies so, damit er sich in dieser Situation nicht mit der Verarbeitung von Nahrung befassen muss. (Emotion Ekel)

Stress gehört zum Leben dazu. Ein Leben ohne Stress, sowie eines mit „herunter geschlucktem“ Stress kann den Menschen krank machen, wenn man den Stress nicht ausleben kann.

Adrenalin:

Adrenalin zählt zu den auf die Gefäßmuskulatur wirkenden gefäßaktiven Hormonen, die im Blutkreislauf zirkulieren. Es wird bei sympathischer Erregung aus dem Nebennierenmark freigesetzt. Adrenalin ist ein Stoff, der gleichzeitig ein Hormon und Überträger an den Synapsen ist. Es wird in der Notfallmedizin eingesetzt, damit der Körper überlebt, z. B. bei einem Schock oder bestimmten Herzerkrankungen. (**Überlebenshormon**)

Zudem wirkt es auf die Atmung, es weitet die Bronchien. Asthma-Spray ist ein adrenalinartiges Medikament. Bei Einnahme können Asthma-Patienten wieder besser durchatmen, klagen aber dann oft über Herzklopfen als unerwünschter Nebenwirkung.

Das zentrale Nervensystem

Das ZNS gliedert sich in Gehirn und Rückenmark.

Grob beschrieben ist das Großhirn der am stärksten differenzierte Gehirnabschnitt beim Menschen, es ist das höchste Integritätszentrum des ZNS. Es ist sozusagen für die „höheren“ Leistungen zuständig. Die Großhirnhemisphäre besteht aus einer grauen Rindenschicht (2-5mm) und einer

inneren weißen Marksicht. Die graue Substanz enthält mehrheitlich Zellkörper, die weiße Substanz besteht aus Nervenfasern (Axone).

Auch die Kleinhirnoberfläche ist von vielen, fast parallel verlaufenden Windungen und Furchen durchzogen (Prinzip der Oberflächenvergrößerung), die sehr viel ausgeprägter als beim Großhirn sind. Das Kleinhirn ist etwa 10mal leichter als das Großhirn, weist aber 75 % der Gesamtoberfläche des Großhirns auf. Es ist zuständig für das Gleichgewicht und die Koordination der willkürlichen Aktivität der Muskeln (Bewegungscomputer).

Darin sind alle komplexen Bewegungsabläufe wie Gehen, Auto fahren, Schwimmen, gespeichert. Bei Kleinhirnschädigung entsteht das Krankheitsbild der Ataxie, bei der zwar die Muskeln noch aktiviert werden, es aber an harmonischen Bewegungsabläufen mangelt¹⁸.

17. Hormonale Steuerung

¹⁸ Ein Beispiel für die Möglichkeit lebenslangen Bewegungslernens und für das Zusammenspiel von Groß- und Kleinhirn ist der Besuch eines Tanzkurses. Der Walzer wird von der Tanzlehrerin vorgeführt. Dies wird mit den Augen analysiert (Tätigkeit des Großhirns). Die Umsetzung des Vorgemachten, also selbst den Walzer zu tanzen, die Bewegungen zu koordinieren, ist Tätigkeit des Kleinhirns. Es erfordert Übung und anfängliche Kontrolle mit den Augen, bis sich dort etwas fest eingeprägt hat. Nach Einprägung reicht der Klang des Walzertaktes und die Bewegung funktioniert wie von selbst.