

THANATOPRAXIE **in Deutschland**

– Lehrbuch zur Ausbildung der Thanatopraktiker –

von
Richard Klatt

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Klatt, Richard u.a.: Thanatopraxie in Deutschland, Lehrbuch zur Ausbildung der Thanatopraktiker – Loseblattsammlung, 1. Aufl., Stand: 1. September 2001 – Düsseldorf: Fachverlag des deutschen Bestattungsgewerbes GmbH, 2001
ISBN 3-936057-09-5



Fachverlag des deutschen Bestattungsgewerbes GmbH

Düsseldorf

www.bestatter.de

e-mail: BV-Bestatter@t-online.de

ISBN 3-936057-09-5

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie die Auswertung durch Datenbank oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Satz und Herstellung: Fensterer Druck, Pulheim

Stand: September 2001

Folgenden Damen und Herren danke ich für ihre Mitarbeit und für ihre Beiträge, ohne die dieses Werk nicht hätte erstellt werden können :

Jan Raman

Thanatopraktiker und Ausbilder für Thanatopraxie in Belgien

Dr. med. Paris Schmidt

Anatomisches Institut der Heinrich-Heine-Universität in Düsseldorf

Michael Gommel

Thanatopraktiker aus Tübingen

Volker Dischleid

Bestatter und Thanatopraktiker aus Düsseldorf

Johann Homburg

Thanatopraktiker aus Esslingen

D. James Walters

Embalmer and Restorative Artist aus Indianapolis/USA

Ricarda Sims

für die Mitarbeit an den Grafiken

und den Herren

**Christoph Kuckelkorn, Karl Ziebolz, Dr. Rolf Lichtner, Jürgen Bethke
sowie Klaus Haybach**

Inhalt :

I. ANATOMIE

(Richard Klatt)

I.1 Einführung	I.	1-1 – 7
I.2 Histologie	I.	2-1 – 8
I.3 Bewegungsapparat	I.	3-1 – 25
I.4 Kreislaufsystem	I.	4-1 – 21
I.5 Atmungssystem	I.	5-1 – 4
I.6 Verdauungssystem	I.	6-1 – 14
I.7 Urogenitalsystem	I.	7-1 – 11
I.8 Endokrines System	I.	8-1 – 4
I.9 Lymphatisches System	I.	9-1 – 3
I.10 Blut	I.	10-1 – 7
I.11 Nervensystem	I.	11-1 – 4

II. MIKROBIOLOGIE

(Richard Klatt)

II.1 Allgemeine Infektionslehre	II.	1-1 – 8
II.2 Körper eigene Abwehr	II.	2-1 – 6
II.3 Bakterien	II.	3-1 – 22
II.4 Viren	II.	4-1 – 17
II.5 Prione u.ä.	II.	5-1
II.6 Parasiten	II.	6-1 – 4
II.7 Pilze	II.	7-1 – 2

III. PATHOLOGIE

(Richard Klatt, Christoph Kuckelkorn)

III.1 Einleitung	III.	1
III.2 Grundbegriffe	III.	2
III.3 Sterben und Tod	III.	3-1 – 14
III.4 Allgemeine Pathologie	III.	4-1 – 7

IV. DIE HYGIENISCHE TOTENVERSORGUNG

(Richard Klatt, Jan Raman)

IV.1 Historischer Überblick	IV. 1-1 – 5
IV.2 Geschichte der Thanatopraxie	IV. 2-1 – 3
IV.3 Ethische Aspekte	IV. 3-1
IV.4 Religiöse Aspekte.....	IV. 4-1

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

(Johann Homburg, Richard Klatt, Michael Gommel, Volker Dischleid)

V.1 Behandlungsprinzipien	V. 1-1 – 2
V.2 Vorbereitung	V. 2-1 – 16
V.3 Behandlungsmethoden	V. 3-1 – 14
V.4 Rekonstruktion	V. 4-1 – 4

**Anhang : Literaturverzeichnis
FortbildungsVO**

Vorwort

von
Wolfgang H. Zocher
Präsident des
Bundesverbandes
Deutscher Bestatter e.V.



Liebe Kolleginnen und Kollegen,

vor ca. 150 Jahren etablierten sich die ersten Bestattungsunternehmen in Deutschland. Von Beginn an war die Versorgung der Verstorbenen wichtiger Bestandteil des neuen Berufsbildes. Der offenen Aufbahrung waren jedoch, durch den natürlichen Verfall des Körpers und vielfältiger äußerer Einflüsse, Grenzen gesetzt. Zinksärge für Fernüberführungen und verschiedenste Kälteverfahren sind nur unzureichende Hilfsmittel.

Unsere Kollegen in den USA, England und Frankreich sind schon früh einen anderen, effizienteren Weg gegangen. Den Weg des „modernen Embalming“. Bei diesem Verfahren, wir nennen es in Anlehnung an unsere belgischen und französischen Kollegen „Thanatopraxie“, wird der Körper nach verschiedenen Verfahren und mit speziellen Produkten behandelt, um eine offene Aufbahrung oder eine Fernüberführung von zeitlichen Begrenzungen unabhängig zu machen.

Bis sich allerdings der Gedanke der Thanatopraxie auch in das Bewusstsein der Angehörigen eingeprägt hat, wird noch einige Zeit vergehen. Aber das sollte kein Grund sein, mit dieser schweren Aufgabe nicht zu beginnen. Der Abschied am offenen Sarg ist nun einmal wichtiger Bestandteil der Trauerbewältigung. Mit dem Wissen um die Thanatopraxie und ihrer Anwendung helfen wir daher den Angehörigen bei der Bewältigung der Trauer.

Es ist also notwendig, diese neue Facette unseres Berufes in unser Berufsbild zu integrieren, es zu lehren und die erworbenen Fertigkeiten und Kenntnisse zu überprüfen. Das Interesse insbesondere junger Bestatter an dieser Spezialausbildung für den geprüften Bestatter und Funeralmaster ist erfreulich.

Das Ergebnis dieser Überlegungen ist das DIT, das Deutsche Institut für Thanatopraxie. Das DIT ist eine Serviceeinrichtung unseres Bundesverbandes. Die Prüfung zum Thanatopraktiker wird vor der Handwerkskammer Düsseldorf abgelegt. Sie ist ebenso staatlich anerkannt wie die Berufsbezeichnung. Dieses Lehrbuch soll Ihnen Hilfe und Begleitung auf dem Weg zum fachgeprüften Thanatopraktiker sein.

Ich wünsche Ihnen auf diesem Weg eine glückliche Hand.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'W. Zocher'. The signature is fluid and cursive, with a large initial 'W' and a long, sweeping underline.

Ihr Wolfgang H. Zocher

Einleitung

Einleitung

Als im Jahre 1993 die ersten deutschen Thanatopraktiker ihre Prüfungen ablegten, konnte ich im Rahmen dieser kleinen Gruppe (es waren 3 !) im theoretischen Unterricht noch sehr eingehend auf fast alle Aspekte eingehen, die mit der Thanatopraxie und ihren notwendigen theoretischen Kenntnissen verbunden sind. Es stellte sich aber relativ rasch heraus, dass eine Bearbeitung Zuhause – sozusagen im stillen Kämmerlein – für die Teilnehmer ohne ausreichendes Lehrmaterial nicht gut möglich ist.

Da auf dem deutschsprachigen Büchermarkt keine speziellen Bücher zu unserer Thematik vorhanden waren, schien der Gedanke, zunächst ein eigenes Skript zu erstellen, logisch. Zwar existieren in medizinischen Büchereien sicherlich einige Dutzend Werke, die sich mit Anatomie, Physiologie u. ä. befassen; sie richten sich aber sehr spezifisch nach den Bedürfnissen der jeweiligen Zielgruppe (Mediziner, Krankenpflegepersonal, Physiotherapeuten usw.). Somit kommen sie den Bedürfnissen des angehenden Thanatopraktikers nicht adäquat entgegen. An dieser Stelle sei noch erwähnt, dass auch dieses Skript keinen Anspruch auf Vollkommenheit erhob.

Der Sinn dieses Buches ist es, Grundlagen in den einzelnen Prüfungsfächern zu schaffen. Es ist also speziell für Teilnehmer an der Ausbildung zum Thanatopraktiker gedacht. Jedem Leser sei ausdrücklich empfohlen, sich Anhand von spezieller Literatur (s. Literaturempfehlungen) in den Disziplinen weiterzubilden. Besonders erwähnenswert scheint es mir darauf hinzuweisen, dass die Praxis durch kein Lehrbuch zu ersetzen ist. Dies gilt insbesondere für die Thanatopraxie, die nicht nur ein hohes Maß an theoretischem Wissen, sondern auch eine ganze Reihe von praktischen Fähigkeiten erfordert.

Da dieses Skript einen ersten Schritt in Richtung Thanatopraxie-Lehrbuch darstellt, werden Ihnen sicherlich die einen oder anderen Dinge auffallen, die vielleicht nicht allumfassend behandelt wurden. In einem solchen Fall ergeht meine Bitte an Sie, mich wissen zu lassen, was Sie verbessert sehen möchten. Im übrigen dürfen Sie ebenfalls Lob oder weitere Anregungen gerne vorbringen.

Nachdem sich in den letzten Jahren die Thanatopraxie fest in das Berufsbild des Bestatters, insbesondere unter Berücksichtigung der Ausbildung zum Funeralmaster eingefügt hat und die entsprechende Prüfung nun vor der Handwerkskammer in Düsseldorf abgelegt wird, erscheint das Herausgeben einer verbesserten und ergänzten Auflage des Scriptes fast zwingend erforderlich zu sein. Es sind gegenüber dem Skript einige Abschnitte und Kapitel hinzugefügt worden, andere Kapitel sind in wesentlichen Teilen ergänzt und auf den letzten Stand der Erkenntnis gebracht worden. An dieser Stelle sei den neu hinzugekommen Autoren und Co-Autoren noch einmal ein herzlicher Dank ausgesprochen. Die Faktenerarbeitung und die Wertung dieser Fakten können natürlich nur in enger Zusammenarbeit mit den professionell tätigen Kolleginnen und Kollegen erfolgen. Die enge Abstimmung hinterlässt naturgemäß in den Kapiteln über die praktische Arbeit ihre markantesten Spuren.

Mit diesem Buch hoffe ich, den gestiegenen Ausbildungserfordernissen Rechnung getragen zu haben; trotzdem bleibt die Aufforderung zur konstruktiven Kritik an den / die geneigte(n) Leser(-in) bestehen.

Richard Klatt

Teil I

Anatomie

I ANATOMIE

(R. Klatt)

1 Einführung

1.1 Begriffsbestimmungen

Im folgenden Kapitel wird auf den Aufbau des menschlichen Körpers eingegangen. Die zentrale Wichtigkeit der Anatomie für den Thanatopraktiker kann gar nicht oft genug betont werden. Ohne anatomische Kenntnisse ist ein Embalming oder gar eine Rekonstruktion überhaupt nicht möglich.

So wird nun in diesem Kapitel versucht den Aufbau des menschlichen Körpers verständlich aber knapp zu beschreiben. Hierbei kann naturgemäß nicht auf jedes Detail eingegangen werden, jedoch soll gewährleistet sein, dass eine Orientierung am Körper möglich wird. Immer wieder werden Sie nun auch auf die lateinischen Begriffe in der Anatomie treffen. Diese sind von Bedeutung, weil sie im internationalen Sprachgebrauch einheitlich behandelt werden. Auf die Notwendigkeit der Praktika im Ausland sei an dieser Stelle verwiesen.

Die Bezeichnung „Nierenschlagader“ wird naturgemäß in Frankreich, England oder den USA nicht verstanden; sehr wohl kennt man aber auch dort die Arteria renalis.

Ausgangspunkt der Erforschung des menschlichen Körpers war von jeher die **Anatomie** – die Lehre vom Bau des menschlichen Körpers, seiner Organe und seiner Gewebe.

Soweit deren Beschaffenheit mit dem bloßen Auge erfasst werden kann, spricht man von **makroskopischer Anatomie**.

Den feineren Gewebeaufbau, den man erst mittels Mikroskop erfassen kann, nennt man **mikroskopische Anatomie** oder **Histologie** = Gewebelehre.

Zu der mikroskopischen Anatomie gehört auch die **Cytologie** oder die Lehre vom Aufbau der Zellen.

Gewebe sind Bestandteile des Körpers (Organismus) mit gleichen Zellstrukturen, z. B. Muskelgewebe, Fettgewebe etc.

Die **Anatomie** ist strenggenommen nur die Lehre von der Form. Ausgangspunkt ist die Erforschung des toten Körpers (vom griechischen Wort „zergliedern“)

Man stellt der Anatomie die **Physiologie** (= Lehre von den Funktionen bzw. Lebenserscheinungen) gegenüber.

Die Physiologie begründet und beschreibt die „Betriebsweise“ des lebenden Organismus. Die Grundlagen hierbei sind die physikalischen und chemischen Gesetze bzw. deren Abläufe.

Aber wie das Verständnis für die Form erst durch die Kenntnis der Funktionen möglich wird, hat auch umgekehrt die Lehre von den Funktionen das Wissen um die Gesetze der Form zur Voraussetzung.

Somit wird klar, dass Form und Funktion nicht so klar von einander zu trennen sind, wie es nach der Definition erscheint. Zusammen bilden sie ein unteilbares Ganzes.

So kann der Physiologe nur unter Kenntnis der Anatomie z.B. des Herzens Vorgänge erklären und beurteilen. Andererseits fehlten dem Anatomen Erklärungsmöglichkeiten über die Form des Herzens, wüsste er nicht um die physiologischen Vorgänge.

Nun wieder zurück zu den Begriffsbestimmungen.

Gewebe: können von der reinen Form her definiert werden. Voraussetzung ist eine gleichartige Zellstruktur (s.o.).

Beispiel : Die Haut (Derma / Cutis) :

Gewebe in verschiedenen Formen vorkommend (z.B. Felderhaut, Leistenhaut) aber auch

Organ mit wichtigen Aufgaben (z.B. Schutzfunktion, Wärmeregulierung, Wasser- und Salzhaushalt, Sinnesorgan, Kommunikation, Immunabwehr)

Organe : sind Teile des Körpers, die eine bestimmte Funktion (- en) ausüben.

Organe werden also vom physiologischen Standpunkt aus definiert,

z.B. Sinnesorgane (Auge, Ohr, Nase usw.)

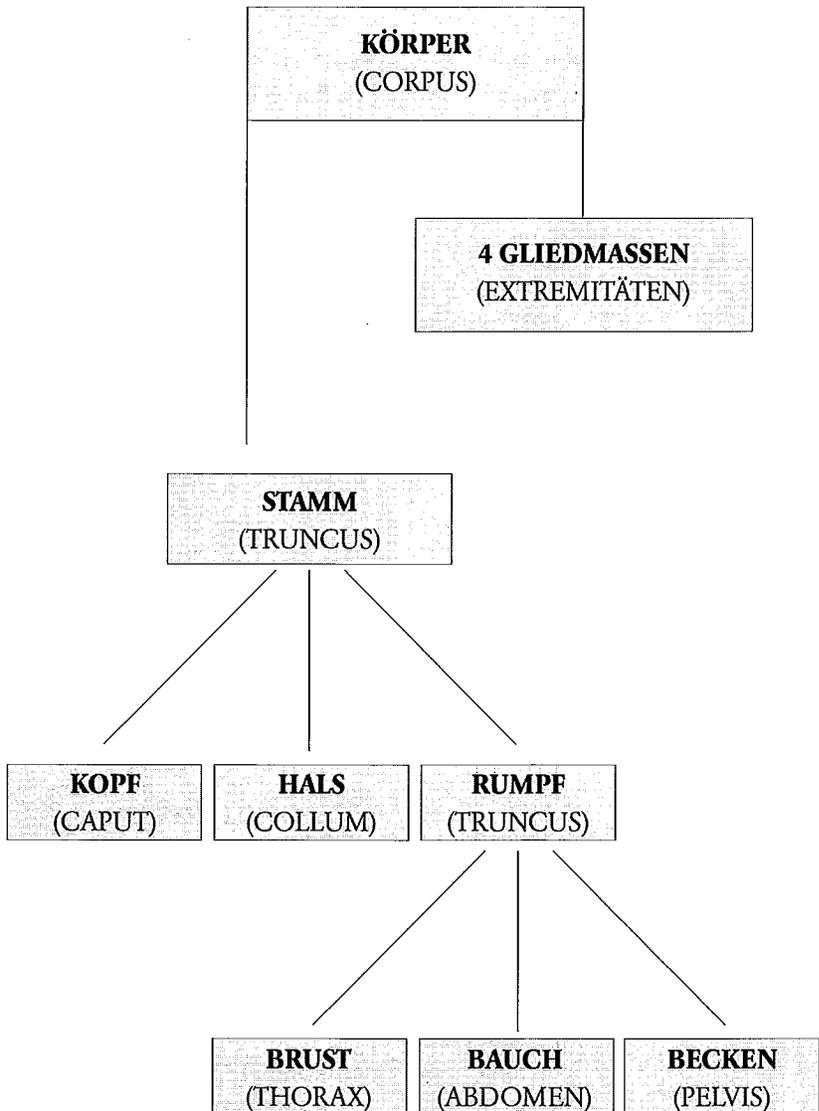
System (Apparat) : Organe, die gemeinsam eine oder mehrere übergeordnete Funktion erfüllen, bilden ein System – oder Apparat. Sie sichern den Ablauf komplexer Funktionen.

(z.B. der Bewegungsapparat mit Knochen, Muskeln, Nerven etc.

das Nervensystem mit Gehirn, Rückenmark, peripheren Nerven)

1.2 Orientierung am menschlichen Körper

Abb. 1



BEGRIFFE ZUR ORIENTIERUNG AM KÖRPER

1. **dorsal** = zum Rücken hin (hinten)
2. **ventral** = zum Bauch hin (vorne)
3. **cranial** = zum Kopf hin
4. **caudal** = steißwärts
5. **medial** = zur Mitte (Mittellinie) hin
6. **lateral** = außen
7. **anterior** = der Vordere
8. **posterior** = der Hintere
9. **superior** = der Obere
10. **inferior** = der Untere
11. **internus** = der Innere
12. **externus** = der Äußere

zentral = zum Zentrum hin
peripher = vom Zentrum weg
profundus = in der Tiefe liegend
superficialis = oberflächlich

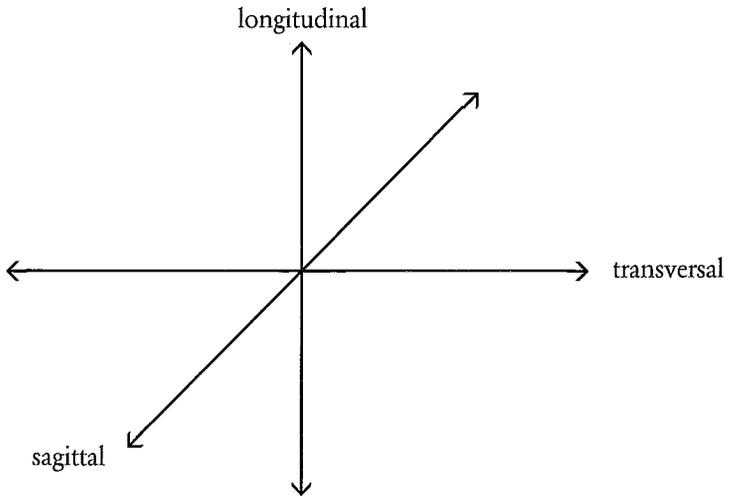
dexter = rechts, rechter (mask.)
dextra = rechte (fem.)
sinister = links, linker (mask.)
sinistra = linke (fem.)

An den Extremitäten :

proximal = zum Rumpf hin
distal = vom Rumpf weg

Abb. 2

Hauptachsen am Körper



Hauptebenen bzw. -linien

Frontalebene : teilt den Körper in vorne und hinten

Transversalebene : teilt den Körper in oben und unten

Medianebene : teilt den Körper in rechts und links

Sagittalebene : teilt den Körper in rechts und links,
jedoch als Parallele zur Medianebene

Wichtige Abkürzungen

A.	=	Arteria	Aa.	=	Arteriae
V.	=	Vena	Vv.	=	Venae
N.	=	Nervus	Nn.	=	Nervi
M.	=	Muskulus	Mm.	=	Muskuli
R.	=	Ramus	Rr.	=	Rami
Lig.	=	Ligamentum	Ligg.	=	Ligamenti

GRÖSSENEINHEITEN

Länge

1 m	=	100 Centimeter (cm)
1 cm	=	10 Millimeter (mm)
1 mm	=	1000 Mikrometer (μm)
1 μm	=	1000 Nanometer (nm)

Volumen

1 l	=	1000 Milliliter (ml)
1 ml	=	1000 Mikroliter (μl)

Druck

1 bar	=	1000 Millibar	=	100 kPa (kiloPascal)
-------	---	---------------	---	------------------------

Wichtige chemische Formeln :

Sauerstoff	(O bzw. als Molekül O ²)
Kohlenstoff	(C) Kohlendioxid (CO ²)
Stickstoff	(N bzw. als Molekül N ²)

Kleines anatomisches Glossar :

Arcus	=	der Bogen
Arteria	=	die Schlagader
Capsula	=	die Kapsel
Cavum	=	die Höhle
Cortex	=	die Rinde
Glandula	=	die Drüse
Isthmus	=	die Verengung
Ligamentum	=	das Band
Lobus	=	der Lappen
Lobulus	=	das Läppchen
Medulla	=	das Mark
Musculus	=	der Muskel
Nervus	=	der Nerv
Nodulus	=	der Knoten
Nucleus	=	der Kern
Ostium	=	die Öffnung
Pars	=	der Teil, Anteil
Ramus	=	der Ast
Septum	=	die Scheidewand
Sulcus	=	die Rinne, Furche
Tractus	=	die Bahn, der Strang
Truncus	=	der Stamm, Rumpf
Valva	=	die Klappe
Vena	=	die Vene, Ader
Vesica	=	die Blase

2 Histologie

2.1 Die Zelle

Die Zelle ist als die kleinste lebende Einheit definiert. Sie erfüllt alle Bedingungen, die die Biologie als Merkmale des Lebens definiert. Dazu gehören u.a. der Stoffwechsel, die Reizbarkeit, die Vermehrungsfähigkeit etc.

Der menschliche Körper ist also, wie alle anderen Lebewesen auf diesem Planeten aus Zellen aufgebaut. Bezüglich der Größe, der Lebensdauer, der Form bestehen große Unterschiede zwischen den Zellen.

Die Größe des Zellkörpers schwankt zwischen ca. $7\ \mu\text{m}$ (Erythrozyt) und $200\ \mu\text{m}$ (Eizelle). Manche Zellausläufer erreichen eine Länge von fast 1 Meter (sog. Axone der Nervenzellen).

Einige Zellen leben nur einige Tage (Leukozyten), andere ein paar Monate lang (Erythrozyten); wieder andere hingegen bestehen ein Menschenleben lang (Nervenzellen).

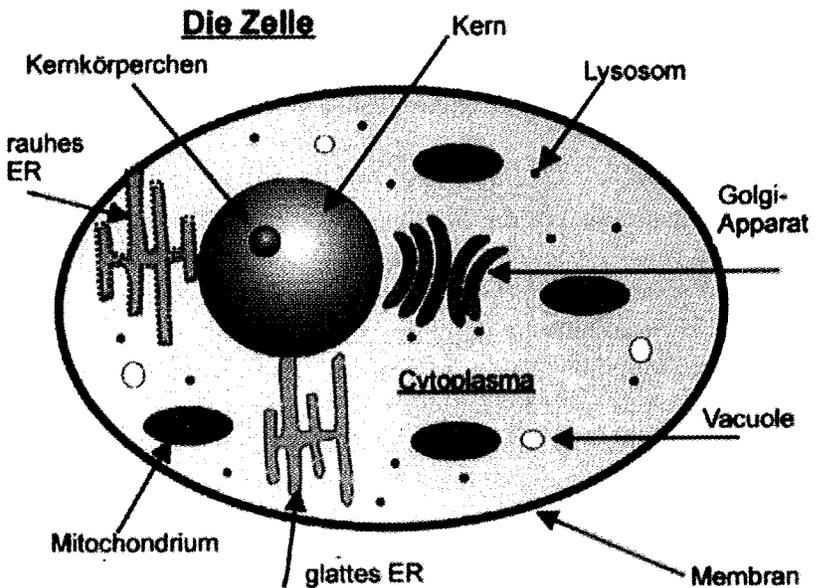


Abb. 3: Die Zelle

Allen Zellen gemein ist die folgende Grundstruktur. Jede Zelle ist von einer Zellmembran (**Cytolemma**) umgeben und besteht aus :

Cytoplasma = Zelleib

Nucleus = Zellkern

Nucleoli = Zellkörperchen

Organellen = Funktionelle Einheiten der Zelle

Der Zellkern ist von einer weiteren Membran vom Cytoplasma getrennt.

Bestandteile der Zelle mit spezifischen Funktionen = **Organellen** sind :

Endoplasmatisches Reticulum (ER)

Das ER ist ein dreidimensionales Netzwerk aus Röhren und Spalten. Es kann entweder granuliert oder ungranuliert sein. (**Granula** = feine Körnchen an der Doppelmembran des ER, die man auch **Ribosomen** nennt.)

Das ER befindet sich ständig im Umbau und nimmt folgende Funktionen wahr:

- Unterteilung (Kompartimentierung) des Zellinneren
- Stofftransport innerhalb der Zelle
- Es ist ein großes Membrandepot
- Es schafft durch seine gefaltete Form eine große Oberfläche, die für Stoffwechselreaktionen aller Art von großem Vorteil ist.

Mitochondrien

Die Mitochondrien sind ca. 2 – 6 μm lange, ca. 0,2 μm dicke Zellorganellen. Sie sind aus einer Doppelmembran aufgebaut, wobei die äußere das Mitochondrium gegen das Cytoplasma abschließt, während die innere Membran zur Oberflächenmaximierung aufgefalten wird.

Man kann die Mitochondrien als die „Kraftwerke“ im Inneren der Zellen auffassen. Hier sind die wichtigen Enzyme zur Energieherstellung lokalisiert.

Als wichtiger Energieträger wird das **Adenosintriphosphat (ATP)** synthetisiert und den energieabhängigen Stoffwechselprozessen zur Verfügung gestellt.

Golgi-Apparat

Der Golgi-Apparat besteht aus einer Reihe von feinen Filamenten – also bandartigen Strukturen – die polar angeordnet sind. Die konvexe Seite ist die Auf-

nahme- oder Wachstumsseite, die konkave die Abgabe- oder Reifungsseite. Die Aufgaben der Golgiapparate sind davon abhängig, welche Funktionen die jeweilige Zelle inne hat. So wird hier z.B. bei Bindegewebszellen die Reifung der Grundsubstanz vorgenommen. Bei Drüsenzellen werden verschiedene Vorstufen des Drüsensekretes in den Golgi-Apparat eingeschleust, hier zusammengesetzt (Kondensiert), in Transportvesikeln verpackt und aus der Zelle ausgeschleust.

Desweiteren werden im Golgi-Apparat die Lysosomen produziert.

Lysosomen

Lysosomen sind ca. $0,25 - 0,5 \mu\text{m}$ große Körperchen, deren Form und Inhalt je nach ihrem Funktionszustand variiert. Man kann sie als zelluläres Verdauungsorgan ansehen, welches z.B. überalterte Zellorganellen abbaut und phagozytiertes Material verdaut. Beispielsweise werden in den Lysosomen einiger weißer Blutzellen aufgenommene Bakterien oder andere Fremdstoffe abgebaut. Die Aufnahme fremden Materials in die Zelle nennt man Phagozytose.

Zentriolen

Sie befinden sich in Zellkernnähe als teilungsfähige, meist paarige Körperchen. Sie bilden mit dem Kern das Mikrozentrum der Zelle. Ihre Aufgabe ist der Aufbau von Spindelfasern, die im Rahmen der Zellteilung von essenzieller Bedeutung sind.

Desweiteren finden sich in den Zellen zahlreiche Vakuolen, in den zelleigenes Material (Pigmente, Hormone und Glykogen sowie Lipide u.a.) gespeichert wird.

Zellmembran

Sie besteht u.a. aus Lipiden (Fetten) und Proteinen (Eiweißen) und regelt einerseits den Stoffaustausch und andererseits die Kontaktaufnahme zwischen benachbarten Zellen (Reizaufnahme, Erregungsleitung).

Zellkern

Zellkerne sind die zentrale Einheit einer Zelle. Sie steuern die Zellteilung. Hier sind die Informationen bzw. das Erbgut gespeichert. Die Eiweißbausteine im

Zellkern bilden die Grundsubstanz der Chromosomen, den eigentlichen Trägern der Erbinformationen.

Die Kennzeichen einer lebenden Zelle sind:

Stoffwechsel oder Metabolismus. Man unterscheidet den sog. Stoffaufbau (Anabolismus) und den Stoffabbau (Katabolismus)

Reizbarkeit

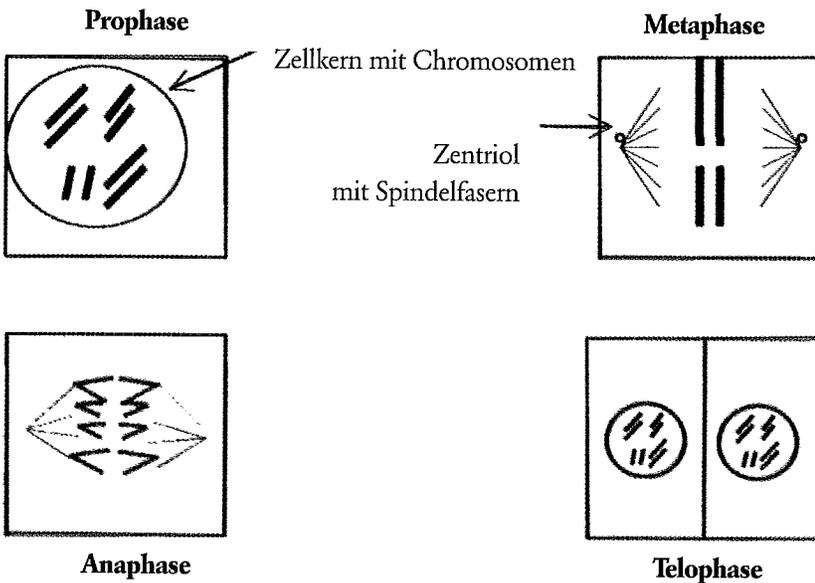
Fortpflanzung bzw. Teilbarkeit

Regenerationsfähigkeit

Zellteilung

Die Teilung einer Zellen in zwei gleichartige Tochterzellen wird als Mitose bezeichnet

Abb. 4



Die Mitose läuft im allgemeinen in 4 Schritten (Phasen) ab.

In der Prophase (1. Schritt) werden die Chromosomen sichtbar und die Kernmembran löst sich auf. Im 2. Schritt (Metaphase) ordnen sich die Chromosomen an den Spindelfasern in der Äquatorialebene an. Nun erfolgt im 3. Schritt (Anaphase) die Spaltung der Chromosomen. Die nun gespaltenen Teile der Chromosomen werden von den Spindelfasern zu den Polen gezogen.

In der letzten Phase (Telophase) werden die Chromosomen erneut von einer Kernmembran umgeben; die Zellmembran schnürt sich ein – zwei neue und identische Tochterzellen sind entstanden.

2.2 Gewebe

Gewebe sind Verbände von gleichartig differenzierten Zellen und deren Abkömmlingen.

Mehrere Gewebe verbinden sich zu einem Organ.

Man unterscheidet 4 Grundgewebetypen:

Epithel- oder Deckgewebe

Binde- oder Stützgewebe (→ Bindegewebe, Knorpelgewebe, Knochengewebe)

Muskelgewebe

Nervengewebe

1.) Epithelgewebe

Oberflächenepithel

Sinnesepithel

Drüsenepithel

Das **Oberflächenepithel** (Schutzepithel) bildet den Überzug der äußeren und inneren Körperoberflächen (Haut, Schleimhaut).

Die Aufgaben des Oberflächenepithels sind vielfältig. So verhindert es zum einen das Eindringen von z.B. Bakterien in den Körper und zum anderen den Verlust von körpereigenen Substanzen.

Desweiteren dient es dem Stoffaustausch (Resorption und Sekretion von verschiedensten Materialien) und der Reizaufnahme.

Sinnesepithel ist das spezifische Gewebe der Sinnesorgane. Zum Sinnesepithel gehört z.B. die Netzhaut im Auge, die es ermöglicht Licht zu verarbeiten.

Drüsenepithel kennzeichnet die Fähigkeit der Zellen, ein Sekret, Hormone o.ä. zu bilden und auf verschiedene Weise an äußere oder innere Oberflächen (exokrine Drüsen) bzw. an das Blut abzugeben (endokrine Drüsen).

Man unterscheidet von ihrer Funktionsweise her folgende Drüsentypen :

ekkrine Drüsen

apokrine Drüsen

holokrine Drüsen.

Entscheidend ist der Typ der Sekretion, d.h. die Art und Weise aus welche die Drüsen ihr Produkt – das Sekret – bilden und abgeben.

Sie können das Sekret entweder ohne Zellmembrananteile (ekkrine Drüsen – Verdauungstrakt, Atemwege, Genitaltrakt – mit ständiger Sekretionsbereitschaft) oder in Zellmembrananteile eingekapselt

(apokrine Drüsen – Milchdrüsen, Prostata, Samenblase –) freisetzen.

Eine Sonderform stellen die holokrinen Drüsen (Talgdrüsen) dar – in ihren Zellen findet keine Freisetzung der Produkte statt; vielmehr füllt sich der Zellleib solange mit ihnen auf bis die Zelle zugrunde geht. Bei diesem Vorgang werden die Produkte freigesetzt.

2.) **Binde- und Stützgewebe**

Das Bindegewebe füllt, wie es der Name schon sagt, die Zwischenräume zwischen andersartigen Geweben aus. Es besteht aus weitmaschigen Zellverbänden mit fixen und freien Zellen und der Interzellulärsubstanz.

Fixe (d.h. ortsgebundene Zellen) sind je nach ihrer Gewebeart Bindegewebs-, Knorpel- oder Knochenzellen. Freie Zellen sind nicht ortsgebundene Zellen mit speziellen Funktionen.

Die Interzellulärsubstanz besteht aus der Grundsubstanz und differenzierten Fasern. Hierbei gibt es drei verschiedenen Faserarten, die von den eigentlichen Bindegewebszellen, den **Fibroblasten** gebildet werden.

Retikuläre Fasern finden sich netzförmig ausgebreitet z.B. in Membranen. Ebenfalls mit netzförmiger Struktur gibt es die **elastischen Fasern** z.B. in Ge-

fäßwänden der herznahen Arterien und in bestimmten Bändern. Die kaum dehnbaren **kollagenen Fasern**, die in gewellter Form zu finden sind, sind zumeist in Bündeln angeordnet und finden sich insbesondere im Sehngewebe.

Es gibt verschiedene Arten des Bindegewebes, die auch in ihrer Feinstruktur ihre Funktion erkennen lassen. Es gibt eher lockeres Gewebe mit relativ wenig Fasern (**Interstitielles Bgw.**) und festes Bindegewebe mit ausgeprägtem Faserreichtum (**straffes Bgw.**).

Als Sonderform des Bgw. kann man das **Fettgewebe** ansehen. Es besteht aus großen Zellen mit flachem, randständigen Kernen. Man unterscheidet das Speichfett, welches vom allgemeinen Ernährungszustand abhängt, vom Bau-fett (Fußsohle, Knochenmark, Wangen und in Gelenken), welches relativ unabhängig vom Ernährungszustand ist.

Zum Bindegewebe gehört ebenfalls das **Knorpelgewebe**, welches durch besondere mechanische Eigenschaften auffällt. Das Gewebe ist druck- und liege-elastisch zugleich. Es werden drei Typen von Knorpel unterschieden. Der sog. **hyaline Knorpel** ist von milchig-blauer Farbe, enthält reichlich kollagene Fasern, aber auch elastische Fasern, die netzförmig angelegt sind. Er findet sich insbesondere als Überzug der Gelenke, bildet die Rippenverbindungen und die Knorpelspannen der Luftröhre.

Elastischer Knorpel ist dagegen von gelblicher Farbe, besitzt mehr elastische Fasern und bildet die Ohrmuschel und den Kehlkopfdeckel (Epiglottis) aus.

Der **Faserknorpel** hingegen besitzt eine große Anzahl kollagener Fasern und Faserbündel. Man findet ihn in den Bandscheiben und in der Symphyse, einer bandförmigen Verbindung zwischen den Schambeinen.

Die Knorpelzellen (**Chondrozyten**) sind kugelig-rund mit einem blasigen Kern. Sie enthalten Fett, Wasser und Glykogen. Die Interzellulärsubstanz des Knorpel ist nahezu gefäß- und nervenfrei und besteht zu 70 % aus Wasser. Das Gewebe, insbesondere des hyalinen Knorpels, wird daher nur sehr langsam mit Nährstoffen versorgt und begünstigt daher relativ frühzeitig degenerative Prozesse und Kalkeinlagerungen.

Das **Knochengewebe** besteht aus folgenden Bestandteilen : Die Knochenzellen (**Osteozyten**), kollagene Fibrillen, Grundsubstanz, Kittsubstanz und Salze. Diese vielen Bestandteile gewährleisten die zahlreichen Eigenschaften, die das Knochengewebe zur Erfüllung seiner Funktionen braucht. Auf den detaillierten Aufbau wird im Kapitel Osteologie eingegangen.

3.) **Muskelgewebe**

Für eine aktive Beweglichkeit des Körpers sind Muskeln unverzichtbar. Muskelgewebe findet sich nicht nur als Teil des aktiven Bewegungsapparates, sondern auch im Herzen und im gesamten Verdauungstrakt. Im menschlichen Körper kommt er in drei Formen vor.

Quergestreifte Muskulatur als Teil des Bewegungsapparates

Glatte Muskulatur im Magen-Darm-Trakt, Gefäßen und Drüsen

Herzmuskulatur

Die verschiedenen Muskelgewebe zeigen funktionsabhängig einen unterschiedlichen feingeweblichen Aufbau. Die **quergestreifte Muskulatur** unterliegt dem Bewusstsein und ermöglicht es, willkürliche Bewegungen auszuführen. Zudem hat sie wichtige Aufgaben bei der Aufrechterhaltung der Körperachsen und ist für den Organismus ein wichtiger Part zur Wärmebereitstellung. Die Muskeln sind von einer Hülle, der sog. Faszie umgeben und sind reichlich mit Nervenfasern und Blutgefäßen versorgt.

Die glatte Muskulatur hingegen ist willkürlich nicht steuerbar. Sie sorgt für Bewegungen im Verdauungstrakt, im Urogenitaltrakt und in den Gefäßwänden.

Eine Sonderstellung nimmt die Herzmuskulatur ein, die auch nicht der Willkür unterliegt, sich aber in Funktion und feingeweblichen Bild von den anderen Muskelformen unterscheidet.

2.3 **Organe**

Auf den histologischen Aufbau der einzelnen Organe wird bei der Besprechung derselben eingegangen.

3 Bewegungsapparat

3.1 Passiver Bewegungsapparat

Die Knochen bilden das Skelett und gemeinsam mit den Gelenken und den Bändern den **passiven Bewegungsapparat**.

3.1.1. Osteologie

Das **Knochengewebe** zeichnet sich durch Härte, Druck- und Zugfestigkeit, Tragfähigkeit aber auch durch Elastizität aus.

Zu unterscheiden sind prinzipiell 2 Arten von Knochen : **Geflechtknochen**, welcher einem verknöcherten Bindegewebe entspricht und der **Lamellenknochen**, der den eigentlich charakteristischen Aufbau des Knochengewebes besitzt.

Knochengewebe zeigt einen bindegewebstypischen Aufbau. Es besteht aus den Knochenzellen (**Osteozyten**), der Grundsubstanz, kollagenen Fibrillen, der Kittsubstanz und verschiedenen Salzen. Diese Bestandteile gewährleisten die Eigenschaften, die das Knochengewebe zur Erfüllung seiner Funktionen braucht. Gerade die Fähigkeit des Knochengewebes anorganische Salze zu speichern verleiht ihm die für seine Aufgaben nötigen physikalischen Eigenschaften. Die Salze verleihen ihm die Härte und seine Festigkeit.

Die Hauptgruppe der Salze sind Calciumverbindungen, insbesondere Calciumphosphat und Calciumcarbonat (Kalk). So sind ca. 46 % der Knochen Grundsubstanz Salze, insbesondere Calciumverbindungen.

Jedoch zeichnet sich das Knochengewebe nicht nur durch seine Härte aus. Es ist durch die besondere Zusammensetzung gleichzeitig auch flexibel. Eine nicht flexible Substanz, welche nur aus den o.g. Salzen bestünde, wäre spröde und würde den Anforderungen des Knochens nicht gerecht. Der organische Anteil (ca. 22 %) ist verantwortlich für die Elastizität des Knochens.

Die Flexibilität und auch seine Zugfestigkeit verdankt der Knochen seiner Interzellulsubstanz. Diese besteht aus der Grundsubstanz und den kollagenen Fasern, die für das Bindegewebe typisch sind.

Diese Interzellulsubstanz wird als **Osteoid** bezeichnet.

Die Ernährung der Knochen erfolgt von der Knochenhaut (**Periost**) her. Der Knochen ist gut durchblutet und weist eine hohe Regenerationsfähigkeit auf.

Der Knochen befindet sich zeitlebens im ständigen Auf- und Abbau. Sein Stoffwechsel garantiert seine typische Zusammensetzung. Für dieses Gleichgewicht sind die Knochenzellen verantwortlich. Sie liegen normalerweise als undifferenzierte Zellen vor. Erst unter Hormoneinfluss reifen sie aus und werden entweder zu den knochenaufbauenden Zellen (**Osteoblasten**) oder zu Abbauzellen (**Osteoklasten**).

Es gibt ein komplexes System verschiedener Hormone und Vitamin D, welches den Calciumhaushalt des Körpers steuert. Wenn man berücksichtigt, dass ca. 99% des körpereigenen Calciums in den Knochen gebunden vorliegt, dann kann man erahnen, welche Umbauprozesse im Knochen stattfinden. Gerät dieses beschriebene Gleichgewicht aus der Balance, verliert der Knochen seine physikalischen Eigenschaften.

Als Beispiel hierfür sei der Vitamin D-Mangel (Rachitis) genannt. Hierbei kommt es zum Calciumverlust im Knochengewebe, welches zur Deformierung und erhöhter Bruchanfälligkeit des Knochens führt.

Ein weiteres Beispiel ist die **Osteoporose**, bei der es zum Verlust von Knochensubstanz, insbesondere bei Frauen nach den Wechseljahren, kommt. Man führt dies auf den Mangel von Hormonen zurück. Bei der Osteoporose sind alle Bestandteile der Knochensubstanz relativ gleichmäßig betroffen.

Kommen wir nun wieder zur Anatomie zurück. Man unterscheidet beim Menschen 2 Arten von Knochengewebe. Erstens den **Geflechtknochen** und zweitens den **Lamellenknochen**.

Sie unterscheiden sich in ihrem feingeweblichen Aufbau deutlich voneinander. Man kann beim Geflechtknochen die Nähe zur Bauweise des Bindegewebes erkennen. Man kann ihn als verknöchertes Bindegewebe bezeichnen. Er kommt eigentlich nur in der frühen Phase der Entwicklung des Menschen vor.

Wichtiger ist der Lamellenknochen. Er zeigt in seinem feingeweblichen Aufbau eine deutliche Schichtung. Schichten von Interzellulärsubstanz wechseln sich mit Knochenzellschichten ab.

Die Schichtungen erfolgen zentriert um die Gefäßkanäle. Ein Gefäßkanal mit den lamellären Schichten wird als **Havers-System** (oder **Osteon**) bezeichnet. Zwischen den Osteonen finden sich Schaltlamellen, die von ehemaligen Osteonen abstammen.

Die Gefäße der Osteone sind untereinander durch schräg verlaufende Kanäle verbunden. Diese Kanäle bezeichnet man als **Volkmannsche Kanäle** (**Canales perforantes**).

Ernährt wird der Knochen über die Knochenhaut (**Periost**), die gefäß- und nervenreich ist.

Dies kann jeder aus eigener Erfahrung nachvollziehen, der schon einmal einen Tritt gegen das Schienbein erhalten hat. Dies tut nicht nur außerordentlich weh, sondern führt auch zur Ausbildung kräftiger Blutergüsse. Aufgrund der guten Durchblutung ist der Knochen zu umfassender Regeneration nach einem Bruch (**Fraktur**) fähig.

Formbedingt werden folgende Arten von Knochen unterschieden:

Lange Knochen (*Ossa longa*) → Oberarmknochen, Fingerknochen
 Kurze Knochen (*Ossa brevia*) → Handwurzel- u. Fußwurzelknochen
 Flache Knochen (*Ossa plana*) → Schädelknochen, Beckenschaufel
 Unregelmäßige Knochen (*Ossa irregularia*) → Wirbelkörper
 Lufthaltige Knochen (*Ossa pneumatica*) → Siebbein, Oberkiefer
 Sesambeine (*Ossa sesamoidea*) → Kniescheibe

Bei dieser Einteilung geht es hauptsächlich um die **Wachstumsrichtungen**, in die sich der betreffende Knochen entwickelt.

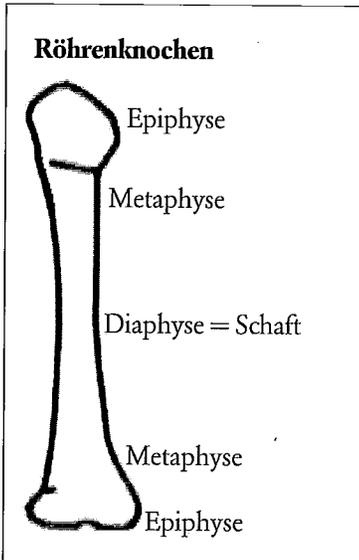
So entwickeln sich lange Knochen hauptsächlich entlang einer Achse, flache Knochen entlang zweier Achsen und kurze Knochen in alle Richtungen.

Unregelmäßige Knochen wie die Wirbelkörper lassen sich keiner der Gruppen unterordnen, so dass sie eine eigenständige Kategorie bilden.

Die Sesambeine sind Knochen, die in Sehnen eingelagert sind. Sie kommen aber auch besonders im Hand- und Fußskelett als Zusatzknöchelchen vor.

Als lange Knochen sind die Röhrenknochen beispielhaft.

Die beiden Endungen der Röhrenknochen bezeichnet man als **Epiphysen**. Hier findet während der Wachstumsphase des Kindes und des Jugendlichen das Knochenwachstum statt.



Während dieser Zeit ist die Epiphysenfuge mit Knorpelgewebe ausgefüllt, welches sich schrittweise in Kochengewebe umwandelt. Dies geschieht bei langen Knochen hauptsächlich in Längsrichtung.

Der Epiphyse folgt auf der Seite zum Schaft (**Diaphyse**) hin die **Metaphyse**, die zwischen den beiden Vorgenannten liegt.

Knochen sind, um das Skelett zu bilden, in verschiedener Weise untereinander verbunden.

Abb.5: Röhrenknochen

Hierbei stehen sich grundsätzlich 2 Arten von Verbindungen gegenüber : Kontinuierliche und diskontinuierliche Verbindungen.

Die kontinuierlichen Verbindungen (**Synarthrosen**) verbinden 2 Knochen durch verschiedene Bindegewebe direkt miteinander.

Als erstes seien aus dieser Gruppe die **Syndesmosen** genannt. Sie verbinden die Knochen mit einem flächenhaft ausgebildetem Bindegewebe. → z. B. **Membrana interossea** des Unterarmes, des Unterschenkels oder die Ligg. flavae der Wirbelbögen. Als Sonderformen der Syndesmosen sind die **Schädelnähte**, die Zahnverankerungen (Einkeilung → **Gomphosis**) zu nennen.

Ihr folgt die Gruppe der **Synchondrosen**, die die Verbindung mittels Knorpelgewebe schaffen. Zu dieser Gruppe gehören die Epiphysenfugen der Röhrenknochen. Zudem findet man eine ähnliche Verbindung zwischen 1. Rippe und dem Brustbein (Sternum).

Die **Symphyse** kann man als Zwischenform ansehen. Sie verbindet die Knochen mittels Faserknorpel und Bindegewebe. Man findet sie z.B. zwischen den zwei Schambeinen.

Als letzte Form sei die **Synostose** genannt, die die Verbindung mittels Knorpelgewebe herstellt. Hierbei wird in der Regel nach Abschluss des Wachstums das vorhandene Knorpelgewebe durch Knochen ersetzt.

Die Synostose ist die festeste aller denkbaren Verbindungen. Man findet sie u.a. im Bereich des Beckens, wo die beteiligten Knochen im Laufe des Lebens durch Knorpelgewebe zu einer Einheit verschmolzen werden.

Im Gegensatz zu den vorher genannten Verbindungen stehen die diskontinuierlichen Knochenverbindungen oder **Gelenke** (**Diarthrosen, Juncturae synoviales**).

Sie bestehen aus den Gelenkflächen der beteiligten Knochen, einer Gelenkkapsel, einem Gelenkspalt und je nach Bauart und Bedarf zusätzlichen Strukturen (Bänder, Schleimbeutel, Menisken etc.) zur Unterstützung.

Die Gelenkflächen sind in der Regel mit hyalinem Knorpel (selten auch mit Faserknorpel) überzogen. Der Knorpel ist meist 2 – 5 mm dick und fest mit dem darunterliegenden Knochen verbunden. Die Ernährung des Knorpels wird in der Hauptsache durch die Gelenkflüssigkeit, welche von der Gelenkinnenhaut gebildet wird, gewährleistet. Er selbst ist nahezu gefäß- und nervenfrei.

Der Gelenkverschleiß (Arthrose) ist durch die Zerstörung des Gelenkknorpels charakterisiert. Da der Knorpel keine ausgeprägte Regenerationsfähigkeit besitzt, ist ein Verlust von Knorpelgewebe im Gelenk nicht kompensierbar. Die Ursachen des Knorpeluntergangs in Gelenkes sind vielfältig – das Resultat jedoch ist meist ein schmerzhafter Funktionsverlust des Gelenkes.

Das Gelenk ist umgeben von der **Gelenkkapsel**. Sie umschließt das gesamte Gelenk und ist nach Bedarf straff oder locker. Sie besteht in der äußeren Schicht aus gefäß- und nervenreichem Bindegewebe mit vielen Fasern und in ihrem inneren Anteil aus der Gelenkinnenhaut, der **Membrana synovialis**.

Zudem gibt es besondere Einrichtungen im und am Gelenk.

Zu ihnen zählen die verschiedenen Bandverbindungen, die je nach Aufgabe Bewegungen ausrichten oder einschränken.

Als weitere Gelenkeinrichtungen seien die sog. Zwischenscheiben; die **Disci oder Menisci articulares** erwähnt. Man findet diese aus Faserknorpel bestehenden (Halb-)Scheiben in verschiedenen Gelenken.

Da sind zunächst einmal die zwischen den Wirbelkörpern gelegenen Bandscheiben (**Discus intervertebralis**). Diese sind als runde Scheiben im eigentlichen Sinne ausgebildet. Sie dienen als Druckpuffer zwischen den Wirbelkörpern.

Weiteres Vorkommen von Knorpelscheiben : u.a. im Kiefergelenk, Sternoklavikulargelenk (Brustbein und Schlüsselbeinverbindung) und im Handgelenk. Halbrunde Scheiben finden sich im Kniegelenk. Der Innen - und der Außenmeniskus. Sie besitzen Führungs- und Pufferfunktionen. Verletzungen und degenerative Zerreibungen sind relativ häufig.

EINTEILUNG DER GELENKE

Scharniergelenk (Ellenbogengelenk, Fingergelenke)

Kugelgelenk (Schultergelenk)

Sattelgelenk (Daumengrundgelenk)

Drehgelenk (Radioulnargelenke zwischen Elle und Speiche)

Eigelenk (Handgelenk)

Diese Gelenktypen werden aufgrund ihrer Form unterschieden. Sie besitzen verschiedene Freiheitsgrade und Achsen nach denen sie sich bewegen lassen. Die möglichen Ausmaße der Bewegung werden bei den einzelnen Gelenken selbst beschrieben werden.

BEWEGUNGEN / BEWEGUNGSRICHTUNGEN

Die möglichen Bewegungen der Körperabschnitte werden wie folgt beschrieben :

- FLEXION :** Beschreibt eine BEUGUNG eines Gelenkes zum Körper hin oder die Bewegung der Wirbelsäule nach vorne.
- EXTENSION :** Beschreibt eine STRECKUNG in einem Gelenk vom Körper weg oder die Bewegung der Wirbelsäule nach hinten.
- ABDUKTION :** Beschreibt die Bewegung eines Gelenkes seitlich vom Körper weg.
- ADDUKTION :** Beschreibt die Seitenbewegung eines Gelenkes zum Körper hin.
- PRONATION :** Beschreibt die Einwärtsdrehung des Unterarmes / Unterschenkels.
- SUPINATION :** Beschreibt die Auswärtsdrehung des Unterarmes / Unterschenkels.
- ROTATION :** Beschreibt eine DREHUNG; z.B. als Innenrotation oder Außenrotation.

3.1.2. Systematische Anatomie des Skeletts

Die systematische Besprechung des Skelettsystems erfolgt nun in den folgenden Abschnitten :

- Wirbelsäule
- Brustkorb
- Becken
- Obere Extremität
- Untere Extremität
- Schädel

Die Wirbelsäule (**Columna vertebralis**)

Die Wirbelsäule, Columna vertebralis, ist die Hauptstütze für den Rumpf und damit für den ganzen Körper. Sie besteht aus 33 – 34 Wirbelkörpern und den dazwischen liegenden Bandscheiben, den **Disci intervertebrales**. Sie gliedert

sich in die Halswirbelsäule (HWS) mit ihren 7 Wirbeln, die Brustwirbelsäule (BWS) mit 12 Wirbeln, die Lendenwirbelsäule (LWS) mit 5 Wirbeln und die Kreuz- und Steißbeinwirbelsäule mit 5 bzw. 3 – 4 Wirbeln. Die beiden zuletzt genannten verschmelzen zum Kreuzbein (Os sacrum) bzw. zum Steißbein (Os coccygis). Sie werden daher als falsche Wirbel bezeichnet.

Die Wirbelsäule weist als Ganzes eine sog. Doppel-S-Form auf. Sie ist also nicht kerzengerade, sondern besitzt in der Sagittalebene Krümmungen, die es ihr erlauben, das Körpergewicht, welches durch den aufrechten Gang auf ihr lastet, besser abzufedern.

Hierzu sind die HWS und die LWS in ihrem Verlauf zur Körpermitte hin gekrümmt (**Lordose**), die BWS jedoch gegenläufig nach dorsal außen hin (**Kyphose**). Krümmungen, die nicht in der Sagittalebene angelegt sind sondern in der Transversalebene bezeichnet man als Skoliose. Diese sind nicht physiologisch, sondern als krankhafte Veränderung anzusehen.

Die Wirbelsäule ist vornehmlich nach vorne und hinten beweglich. Seitwärts- und Drehbewegungen sind hingegen eingeschränkt möglich. Die Halswirbelsäule ist hierbei der beweglichste Abschnitt.

Geschützt in der Wirbelsäule liegt hinter den Wirbelkörpern ruhend das Rückenmark, in welchem die Nerven des Körpers gebündelt werden und zum Gehirn laufen. Daher sind schwerere Verletzungen der Wirbelsäule leider oft mit Schäden des Rückenmarks verbunden, die schlimmstenfalls zu Lähmungen, oder im HWS-Bereich auch zum Tode führen können.

Die **Bandscheiben (Disci intervertebrales)**, welche als Puffer zwischen den Wirbelkörpern liegen, bestehen aus einem äußeren straffen Faserring und einem innen gelegenen, weichen gallertartigen Kern. Diese Zusammensetzung erlaubt es den Bandscheiben, sowohl das Gewicht zu puffern als auch eine Knickbewegung zuzulassen. Im Alter nimmt aber auch ihre Elastizität ab und es kommt zu Verschleißerscheinungen.

Ein Hexenschuss z. B. bedeutet, dass der Kern der Bandscheibe den Faserring durchbricht und auf das Rückenmark oder Nerven drücken kann. Dies führt einerseits zu starken Schmerzen und andererseits zu Gefühlsstörungen und

Lähmungserscheinungen; klassischerweise passiert dies im Bereich der LWS mit Ausstrahlung der Symptomatik in die Beine. Bandscheibenvorfälle gibt es aber auch im Bereich der HWS.

Wirbelkörper

Die Wirbelkörper der verschiedenen Abschnitte der Wirbelsäule haben eine unterschiedliche Form und Anatomie. Es gibt hier einige Unterschiede, die durch die verschiedenen Bewegungsebenen und Aufgaben begründet sind.

Betrachten wir zunächst die HWS.

Man unterscheidet den 1. (**Atlas**), den 2. (**Axis**), den 7. (**Vertebra prominenz**) und die übrigen Halswirbel. Zwischen den Wirbeln 3 – 6 gibt es nur geringfügige anatomische Unterschiede.

Der Wirbelkörper setzt sich nach hinten zum Wirbelbogen (**Arcus vertebrae**) fort.

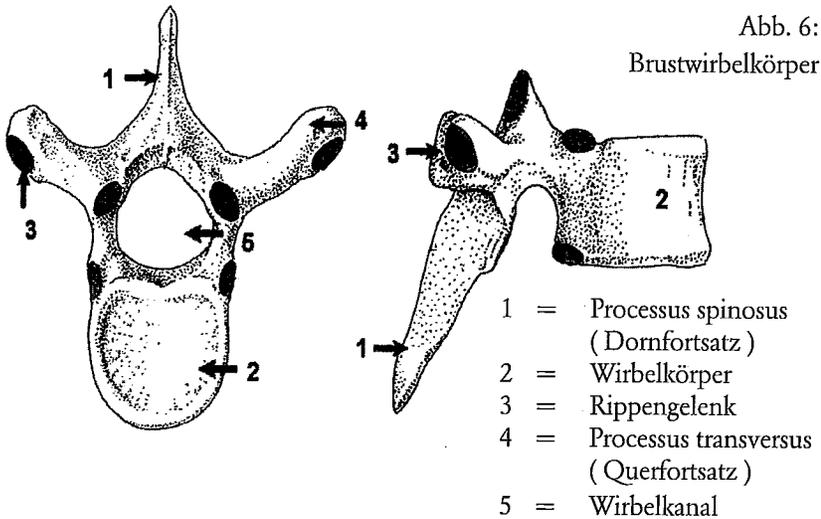
Im Wirbelbogen findet das Rückenmark seinen Platz. Die Wirbelbögen vereinigen sich dorsal zum Dornfortsatz (**Processus spinosus**). Die Wirbelkörper selbst werden nach caudal hin – bedingt durch die zunehmende Körpergewichtsbelastung – immer massiver.

Der 7. Halswirbel besitzt einen besonders ausgeprägten Dornfortsatz. Man kann ihn als ersten durch die Haut hindurch tasten.

Atlas und Axis beteiligen sich direkt am Kopfgelenk und besitzen daher eine Sonderstellung. Bei ihnen ist der Wirbelkörper nicht so ausgeprägt wie bei den anderen Wirbeln. Vielmehr besteht der Atlas grob gesagt aus einem großen Wirbelbogen, in den der nach oben gerichtete zahnartige Fortsatz des Axis greift.

Der sog. „Genickbruch“ spielt sich in diesem HWS-Bereich ab.

Die 12 Brustwirbel sind ähnlich aufgebaut wie die Halswirbel 3 – 6. Mit gut ausgebildeten Wirbelkörpern zollen sie aber schon der zunehmenden Gewichtsbelastung Tribut. Sie unterscheiden sich von den Halswirbeln durch die lateral gut ausgebildeten Querfortsätze (**Processus transversus**). An ihren Enden setzen die Rippen an.



Die Lendenwirbel sind durch die mächtige Ausbildung der Wirbelkörper gekennzeichnet. Der Dornfortsatz ist bei den Lendenwirbeln dagegen nicht so ausladend und ist abgeplattet.

Die Querfortsätze sind mit dem Wirbelkörper verschmolzen und nur noch sehr reduziert vorhanden.

Obwohl die Lendenwirbel vom Aufbau her die kompaktesten Wirbelkörper besitzen, spielen sich die alters- und osteoporosebedingten Ermüdungsbrüche der Wirbelsäule zu einem Großteil im BWS / LWS-Übergangsbereich ab. Das Kreuzbein (*Os sacrum*) kann man als Resultat einer Verschmelzung von 5 Wirbeln betrachten. Man unterscheidet die zum Becken hin gerichtete Fläche (*Facies pelvina*) und die nach hinten weisende Fläche, die (*Facies dorsalis*). Das meistens aus drei bis vier Wirbeln gebildete Steißbein (*Os coccygis*) kann man als rudimentären Schwanz des Menschen betrachten. Diese, bei unseren stammesgeschichtlich nahen Verwandten teilweise gut ausgebildete Extremität, ist beim Menschen nur noch als kümmerlicher Rest vorhanden.

Der Brustkorb (Thorax)

Der Brustkorb besteht aus 12 Brustwirbeln, den dazugehörigen Bandscheiben, 12 Rippenpaaren und dem Brustbein. Da wir die Brustwirbel und die

Bandscheiben schon erwähnt hatten, möchte ich jetzt die Rippen besprechen. Jede Rippe (**Costa**) nimmt ihren Ursprung vom Querfortsatz des betreffenden Brustwirbels und verbindet sich direkt (echte Rippen) über Knorpelspangen (unechte Rippen) oder gar nicht (freie oder falsche Rippen) mit dem Brustbein.

Die Rippen des 11. und 12. Brustwirbels haben keine Verbindung mehr zum Brustbein und werden als freie Rippen bezeichnet.

Die Rippen dienen einerseits dem Schutz der Brustorgane (z.B. Herz und Lunge); andererseits geben sie der Brust ein stabiles Korsett, welches es ermöglicht, einen Unterdruck für die Atmung aufzubauen. Der Mechanismus der Atmung wird später noch besprochen.

Das Brustbein (**Sternum**) besteht aus dem sogenannten Griff (**Manubrium sterni**), dem Körper (**Corpus sterni**) und dem Schwertfortsatz (**Processus xyphoideus**).

Am Manubrium setzen die beiden Schlüsselbeine an. Im Korpusbereich findet man die Gelenke welche das Sternum mit den Rippenpaaren 2 – 5 verbinden.

Das Xyphoid ist eine wesentliche Markierung zur Orientierung am Körper. Hierbei sei erwähnt, dass man es aufsuchen muss wenn man eine Herzmassage fachgerecht und effizient durchführen will. Für die Durchführung der Thanaopraktischen Behandlung dient er ebenfalls als eminent wichtiger Orientierungspunkt. Ähnlich wichtig ist dieser Punkt für die sachgerechte Durchführung einer Herzdruckmassage im Rahmen einer Reanimation (Wiederbelebung), da der effizienteste Druckpunkt ca. 3 Querfinger oberhalb des Xyphoids liegt.

Das Becken (**Pelvis**)

Das Becken setzt sich aus folgenden Knochen zusammen:

Kreuzbein	(Os sacrum)	
Darmbein	(Os ilium)	} je 2
Sitzbein	(Os ischii)	
Schambein	(Os pubis)	

Es ist das Bindeglied zwischen dem Rumpfskelett (Brustkorb, Wirbelsäule, Schultergürtel und Arme) und der unteren Extremität.

Es überträgt das Körpergewicht über die Hüftgelenke gleichmäßig auf die Beine. In ihm finden die Bauchorgane ihre Stütze. Man kann das Becken auch als Beckenring bezeichnen, weil die beteiligten Knochen ringförmig angeordnet sind. Insgesamt stellt das Becken eine, sich nach cranial ausweitende Schale mit trichterförmigem Boden dar. Man unterteilt es in das große Becken (Darm- und Schambein) und das kleine Becken, welches allseitig von Knochen umgeben ist.

Die Verbindung zur Wirbelsäule wird im dorsalen Anteil des Beckenrings durch das Kreuzbein geschaffen. Das Kreuzbein ist durch die **Iliosacralgelenke** mit den Darmbeinen (Beckenschaufel) verbunden. Diese Gelenke sind durch feste Bandverbindungen praktisch bewegungsunfähig.

Der Ring wird ventral durch die **Symphyse** zwischen den Schambeinästen geschlossen. Auch hier ist eine Verschiebung der beiden Knochen durch das feste Bindegewebe nicht möglich.

Eine Ausnahme gibt es jedoch am Ende der Schwangerschaft. Hormonbedingt kommt es zu einer Aufweichung des Bindegewebes, um dem Kind den Durchtritt durch das Becken zu ermöglichen. Zahlreiche Bänder verspannen das ganze Becken; nicht nur zur Gelenkverstärkung, sondern auch zur Unterstützung des sog. „**Beckenbodens**“, welcher als muskulär-sehnige Unterlage für die Eingeweide dient.

Das **Os ilium** ist eine breit ausladende Schaufel, welche den Eingeweiden eine feste Basis gibt.

An ihnen finden sich die Verbindungen zur Wirbelsäule und zu den Beinen. Der Kopf des Oberschenkelknochens setzt in den pfannenartig ausgebildeten Gelenkanteilen der Darmbeine an. Diese Gelenkpfannen bezeichnet man als **Acetabulum** (bedeutet „Essigschälchen“).

Im Knochenmark der Darmbeine findet ein Großteil der Blutbildung beim Erwachsenen statt.

Deshalb werden hier (aber auch im Brustbein) Punktionen vorgenommen um entweder Blutkrankheiten zu diagnostizieren oder aber Knochenmark für eine Transplantation zu gewinnen.

Der vordere obere Darmbeinstachel (**Spina iliaca anterior superior**) ist ein weiterer wichtiger anatomischer Orientierungspunkt.

Dieser stets gut tastbare Knochenvorsprung ist u.a. der Ursprung des Leistenbandes, welches dem Thanatopraktiker für das Aufsuchen der Oberschenkelarterie als Orientierungspunkt dient.

Die beiden Sitzbeine (**Os ischii**) schließen sich caudalwärts an. Sie sind die Hauptstütze des Körpers beim Sitzen. In stehender Position verschwinden sie praktisch unter der Muskulatur; beim Sitzen jedoch sind sie gut zu tasten. Sie bestehen aus je einem, nach vorne gebogenen Knochenarm, der sich ventral mit dem Schambein verbindet.

Das Schambein (**Os pubis**) ist ein verwinkelter Knochen, der sich mit Darm und Sitzbein verbindet. Die beiden Schambeine sind mit einander über die Schamfuge (**Symphyse**) verbunden.

Die obere Extremität

Die obere Extremität besteht aus dem Schultergürtel, dem Oberarm, dem Unterarm und der Hand. Der Schultergürtel wird von drei Knochen gebildet die sich gelenkig zur Schulter vereinigen.

Das Schlüsselbein (**Clavicula**), das Schulterblatt (**Scapula**) und der Oberarmknochen (**Humerus**). Das Schlüsselbein (*Clavicula*) ist ein S-förmig gebogener, röhrenförmiger Knochen, der vom Schultergelenk bis zum Brustbein reicht. Seine Form erinnert an einen Türgriff, und diese Form hat ihm seinen Namen gegeben.

(Schlüssel = Türgriff im Altertum) Seine Verbindung zum Brustbein ist durch feste Bänder gewährleistet. In diesem Gelenk findet man einen Diskus. Er dient zur Anpassung des Gelenkes, da beide Knochen nicht exakt aufeinander passen.

Das Schulterblatt (**Scapula**) liegt als dreieckiger, flacher Knochen dorsal den Rippen auf. Die Außenseite des Knochens bildet einen kräftigen Wulst (**Acromion**) an den einige wichtige Muskeln ansetzen. Es bildet mit dem Humerus das Schultergelenk und mit der Clavicula das Schulterreckgelenk, welches schützend über der Schultergelenkspfanne liegt.

Die Gelenkpfanne liegt in dem äußeren, verbreiterten Anteil des Schulterblattes. Nach vorne bildet das Schulterblatt einen kräftigen Fortsatz (**Processus coracoideus** = Rabenschnabelfortsatz) aus, welcher das Schultergelenk nach ventral schützt und an dem wiederum einige Muskeln ansetzen.

Das **Schultergelenk** (**Articulatio humero-scapularis**) ist ein sehr bewegliches Gelenk. Es ermöglicht dem Arm eine Vielzahl von Bewegungen. Es ist durch ein gewisses Missverhältnis zwischen dem relativ großen Oberarmkopf und der relativ kleinen Gelenkpfanne gekennzeichnet. Dieses Missverhältnis ermöglicht seinen großen Bewegungsumfang macht es auf der anderen Seite jedoch leicht anfällig für **Luxationen** (Verrenkung). Um dem Gelenk zusätzliche Führung zu verleihen, wird die knöcherne Gelenkpfanne von einem Ring aus Bindegewebe dem sog. Labrum glenoidale umgeben, welcher zu einer Vergrößerung der Gelenkpfanne führt, ohne die Beweglichkeit einzuschränken. Trotzdem ist dieses Gelenk am häufigsten betroffen, wenn es um Luxationen geht.

Das Schultergelenk ist ein Beispiel für ein muskelgeführtes Gelenk, da keine stärkeren Bänder vorhanden sind. Bänder würden wiederum zu einer Bewegungseinschränkung führen. So ist die Schulter von starken Muskeln umgeben.

Der Arm mit seinen drei Knochen schließt an der Schulter an. Man unterscheidet am Arm den Oberarmknochen (**Humerus**) und die beiden Unterarmknochen Elle (**Ulna**) und Speiche (**Radius**).

Der Oberarmknochen bildet an seinem proximalen Ende den Gelenkkopf des Schultergelenkes aus (**Caput humeri**). Sein distales Ende verbreitert sich zum Ellenbogen hin und bildet zwei Gelenkrollen (**Epicondylus ulnaris** und **radialis**) aus. Unterhalb des halbkugeligen Kopfes findet sich der Hals gefolgt vom Schaft. Der Humerus ist das klassische Beispiel für einen langen (Röhren-) Knochen. Am Humerus setzen eine Reihe von stark ausgebildeten Muskeln an, die für die Beweglichkeit des Armes und der Schulter von entscheidender Bedeutung sind. Auf die Muskeln werden wir noch im Verlauf des Kurses eingehen. Der Humerus ist an seinem distalen Ende am Ellenbogengelenk, welches er in der Hauptsache mit der Elle (**Ulna**) bildet, beteiligt. Das Ellenbogengelenk weist im Gegensatz zur Schulter vollkommen andere Charakteristika auf.

Das Ellenbogengelenk ist ein knochen- und bandgesichertes Gelenk. Die knöcherne Sicherung wird durch die Aussparung des distal verbreiterten Humerus (**Trochlea humeri**) in die Einpassung der auf der anderen Seite durch die Elle gebildeten **Incisura trochlearis ulnae** gewährleistet.

Die Bandführung erfolgt durch das um den Radiuskopf verlaufende Lig. anulare radii und die Seitenbänder (**Ligg. collateralia**). Zusätzlichen Halt gibt die **Fossa olecrani** des Humerus, in die der Ellenbogen (**Olecranon**) dorsal greift. Das Ellenbogengelenk ist in der Hauptsache funktionell ein Scharniergelenk (**Art. Humero – ulnaris et radialis**); gleichzeitig ist es ein Drehgelenk (**Art. Radio – ulnaris proximalis**). Es besteht eigentlich aus drei Gelenken:

Articulatio humero – ulnaris

Articulatio humero – radialis

Articulatio radio – ulnaris proximalis

Die beiden erstgenannten Gelenke wirken wie ein Scharniergelenk und ermöglichen die Beugung und die Streckung des Unterarms gegenüber dem Oberarm. Die Articulatio radio – ulnaris proximalis ermöglicht die Umwendbewegung des Unterarms.

Die beiden Knochen des Unterarms sind durch eine derbe Bindegewebsschicht, der **Membrana interossea**, längsseits miteinander verbunden. Sie verhindert ein Auseinanderweichen der Unterarmgabel bei entsprechender Belastung.

Die Elle (**Ulna**) ist mit ihrem breiteren Ende am Ellenbogengelenk beteiligt und verjüngt sich in ihrem Verlauf zum Handgelenk hin. Die Speiche (**Radius**) hingegen beteiligt sich mit ihrem schmaleren Ende und dem daran befindlichen Köpfchen am Ellenbogengelenk und verläuft dann unter beständiger Kaliberzunahme auf der Daumenseite zum Handgelenk. Der Radius bildet mit seinem distalen Ende den Hauptanteil des prox. Handgelenkparts. Bei der Umwendbewegung legt sich der Radius über die Ulna. Diese Stellung wird als **Pronation** bezeichnet. Liegen beide Knochen parallel zueinander bezeichnet man dies als **Supination**.

Mit den Handwurzelknochen bilden Elle und Speiche am distalen Unterarm das Handgelenk. Es kann zwei Bewegungsrichtungen ermöglichen. Die Beugung

(Flexion) und Streckung (Extension) und eine Seitwärtsbewegung (Adduktion = zur Körperachse hin; und Abduktion = von der Körperachse weg). Damit ist das Handgelenk ein Eigelenk.

Die Handwurzel (Carpus) besteht aus insgesamt 8 Handwurzelknochen (Ossa carpi), die in 2 Reihen angeordnet sind.

In der proximalen Reihe von lateral nach medial sind dies:

- Das Kahnbein (Os scaphoideum)
- Das Mondbein (Os lunatum)
- Das Dreiecksbein (Os triquetrum)
- Das Erbsenbein (Os pisiforme)

In der distalen Reihe :

- Das gr. Vielecksbein (Os trapezium)
- Das kl. Vielecksbein (Os trapezoideum)
- Das Kopfbein (Os capitatum)
- Das Hakenbein (Os hamatum)

Zu diesen Knochen kommen im Handskelett jeweils die 5 Mittelhandknochen (Ossa metacarpalia) und 14 Fingerknochen (Phalangen). Jeder Finger besteht je aus einem Mittelhandknochen, einem Grundglied, einem Mittelglied und einem Endglied. Diese Knochen sind untereinander durch Scharniergelenke miteinander verbunden. Eine Ausnahme bildet der Daumen. Es besteht lediglich aus einem Grund- und einem Endglied. Das Grundgelenk des Daumens weist zudem eine weitere Besonderheit auf. Es ist als Sattelgelenk ausgebildet und ermöglicht dem Daumen damit seine große Beweglichkeit.

Die untere Extremität

Die untere Extremität wird in drei Teile differenziert :

- Oberschenkel
- Unterschenkel
- Fuß

Der Oberschenkelknochen (**Femur**) ist der größte Röhrenknochen des Körpers. Sein kugelförmiger, knorpelüberzogener Kopf bildet mit dem **Acetabulum** das Hüftgelenk. Ihm folgt distal davon der Oberschenkelhals, der in einem Winkel von 130 Grad vom Schaft nach schräg oben verläuft.

An der Ansatzstelle des Halses zum Schaft besitzt der Oberschenkelknochen zwei unterschiedlich große knorrige Ausbuchtungen; den **Trochanter major** und den **Trochanter minor**.

Der Schaft endet distal an den beiden knorpelüberzogenen Femurkondylen, zwischen welchen eine Ausbuchtung (**Trochlea**) liegt, über die die Kniescheibe bei der Beugung des Kniegelenkes läuft.

Die Trochlea ist ebenfalls von einer Knorpelschicht überzogen und gewährleistet damit einen reibungsarmen Bewegungsablauf der Kniescheibe.

Somit bildet der Femur den proximalen Anteil des Kniegelenkes.

Das **Kniegelenk** ist als Scharniergelenk ausgebildet. Somit sind eigentlich nur Flexion und Extension möglich. Jedoch besteht auch eine gewisse Rotationsmöglichkeit. Der distale Anteil wird vom Schienbeinkopf gebildet.

Der Schienbeinkopf trägt mit seiner breit ausladenden Fläche die Femurkondylen. Man findet in seinem Zentrum zwei Erhöhungen, an denen das vordere und das hintere Kreuzband ansetzen.

Zudem bilden die ebenfalls auf dem Schienbeinkopf gelegenen Menisken (**Meniscus medialis** und **lateralis**) eine Art Führungsschiene für die Femurkondylen und dienen als Puffereinrichtung.

Zum Kniegelenk gehört als dritter Knochen noch die Kniescheibe (**Patella**) ein Sesambein, welches in die große Oberschenkelstrecksehne integriert ist. Die Rückseite der Patella ist ebenfalls mit einer Knorpelschicht überzogen. Hieran kann man sehr gut verdeutlichen, dass die eigentlichen Gelenkflächen zur Sicherstellung eines möglichst reibungsarmen Bewegungsablaufes möglichst glatte Knorpelflächen benötigen. Ein wichtiger anderer Faktor ist die Gelenkflüssigkeit, die zwischen den Knorpelflächen einen Flüssigkeitsfilm aufbaut, auf dem der Knorpel gleiten kann.

Betrachtet man das Schienbein (**Tibia**) in seinem weiteren Verlauf so erkennt man, dass das mediale distale Ende zapfenförmig verdickt ist. Diesen, auch

gut durch die Haut tastbaren, Vorsprung nennt man **Malleolus medialis** oder Innenknöchel. Hinter dem Innenknöchel lässt sich eine der Unterschenkel-schlagadern freilegen.

Der Außenknöchel oder **Malleolus lateralis** wird von dem distalen Ende des zweiten langen Unterschenkelknochens, des Wadenbeins (**Fibula**) gebildet. Zusammen bilden beide die Malleolengabel, welche als proximaler Anteil des oberen Sprunggelenkes anzusehen ist. Um ein Auseinanderweichen der Gabel unter Belastung zu verhindern, sind beide Knochen durch eine Membran im gesamten Verlauf verbunden und im Bereich des Sprunggelenkes zusätzlich mit einem breiten Band (**Syndesmose**) versorgt.

Den distalen Anteil des sogenannten oberen Sprunggelenkes bildet das Sprungbein (**Talus**).

Es gehört zu den Fußwurzelknochen. Diese haben sich im Laufe der Entwicklung zu kräftigen Stützpfählern entwickelt. Auf ihnen lastet schließlich fast das gesamte Körpergewicht. Der größte Fußwurzelknochen ist das Fersenbein (**Calcaneus**), an dem die dickste Sehne des Körpers – die Achillessehne – ansetzt.

Die Fußwurzel (**Tarsus**) besteht aus 7 Knochen.

- Fersenbein (**Calcaneus**)
- Sprungbein (**Talus**)
- Kahnbein (**Os naviculare**)
- Würfelbein (**Os cuboideum**)
- 3 Keilbeine (**Ossa cuneiforme**)

Ihnen folgen die 5 Metatarsal- oder Mittelfußknochen und die Zehenknochen (**Phalanges**).

Die Knochen im Fußbereich sind so angeordnet, dass sie dem Fuß ein Längs- und Quergewölbe geben.

Dieses ist von großer Bedeutung für die gesamte Statik des Körpers. Kommt es hier zu Veränderungen (z. B. einem „Plattfuß“), kann dies Auswirkungen auf alle proximal gelegene Gelenke und auch die Wirbelsäule haben.

Zwischen dem 1. und 2. Mittelfußknochen kann man die Fußrückenschlagader auffinden und zur Injektion im Rahmen des Embalming gebrauchen.

Der Schädel

Man unterscheidet prinzipiell den Gesichtsschädel und den Hirnschädel.

Der Hirnschädel besteht aus dem Schädeldach und aus dem Schädelboden. Sie bilden eine kräftige Hülle für das Gehirn. Die einzelnen Knochen sind gegeneinander unbeweglich durch Nähte fest miteinander verbunden. Man unterscheidet vorne das *Os frontale* (Stirnbein), welches aus zwei Teilen zusammengewachsen ist. In seinem Basisbereich finden sich die Stirnhöhlen.

An den Seiten des Schädels findet sich je ein *Os parietale* (Scheitelbein) und ein *Os temporale* (Schläfenbein). Dorsal liegt das Hinterhauptsbein an; das *Os occipitale*. Dieses bildet mit dem Atlas das Kopfgelenk.

Die Schädelbasis wird von den o. g. Knochen mit Ausnahme der Scheitelbeine gebildet. Zusätzlich sind noch zwei weitere Knochen an der Schädelbasis beteiligt: Das Keilbein (*Os sphenoidale*) und das Siebbein (*Os ethmoidale*). Zu erwähnen ist noch ein Teil des Schläfenbeines das sog. Felsenbein. In ihm sind das Hör- und Gleichgewichtsorgan sowie – nach außen führend – der knöcherne Gehörgang lokalisiert.

Der Gesichtsschädel setzt sich u.a. aus folgenden Knochen zusammen:

Nasenbein → *Os nasale*

Jochbein → *Os zygomaticum*

Oberkiefer → *Maxilla*

Unterkiefer → *Mandibula*

Gaumenbein → *Os palatinum*

und weitere Knochen, auf die ich im Rahmen dieses Skripts nicht eingehen möchte, da mir eine Vertiefung dieses Themas als nicht relevant erscheint.

Erwähnen möchte ich hingegen, dass es im Bereich des Gesichtsschädels die sog. Nebenhöhlen gibt. Sie sind abgeschlossene, untereinander verbundene Hohlräume in den Knochen des Gesichtsschädels. Die größten sind die beiden Kieferhöhlen im Oberkiefer. Dazu gibt es noch die beiden Stirnhöhlen im *Os frontale*. Die Nebenhöhlen sind mit dem Rachenbereich durch einen Ausgang verbunden, sie sind also von hier aus zugänglich. Die Nebenhöhlen sind bei der Behandlung insofern von Bedeutung, als dass sich in ihnen größere Schleim- und Eiteransammlungen befinden können, die eine potenzielle Infektionsquelle darstellen.

3.2 Aktiver Bewegungsapparat

Nachdem wir nun den passiven Bewegungsapparat besprochen haben, möchte ich nun den zweiten Teil, nämlich den Aktiven, besprechen.

Der aktive Teil besteht aus den Muskeln und den Hilfsapparaten der Muskulatur (Sehnen, Schleimbeutel, Sehnenscheiden etc.)

3.2.1. MYOLOGIE

Die Bewegung ist eines der Kennzeichen des Lebendigen. Sie erst ermöglicht es dem Lebewesen, einen Orts- oder Lagewechsel vorzunehmen. Es gibt hierbei jedoch gewaltige Unterschiede, sowohl was die Art als auch den Umfang der Fortbewegung betrifft. So bewegen sich primitive Lebensformen wie Einzeller, indem sie ihre Zellmembran in die Bewegungsrichtung ausstülpen oder durch die Bewegung bestimmter Zellorganellen, wie z.B. Flimmerhaare oder Geißeln.

Beispiel sei hierfür die Bewegungsart der Samenzellen.

Die dritte Art sich zu bewegen oder Fortzubewegen ist die Ausbildung von bestimmten Zellen, welche sich kraftvoll verkürzen können; → Muskelzellen. Die Muskulatur macht ca. 40 % unseres Körpergewichtes aus, wobei im Laufe des Lebens der relative Anreil der Muskulatur stetig abnimmt. Über 400 Muskeln sorgen in unserem Körper für Bewegung.

Histologisch betrachtet gibt es drei Typen von Muskelzellen, die beim Menschen zu unterscheiden sind:

- Glatte Muskulatur
- Herzmuskulatur
- Quergestreifte Muskulatur

Ihre Unterschiede beruhen nicht nur auf dem anatomisch unterschiedlichen Aufbau, sie sind auch funktionell begründet.

Die Muskeln spielen im Körper eine wesentliche Rolle bei folgenden Prozessen :

- Aktive Bewegung des Skeletts
- Geburtsbewegung (Uterus)
- Körperhaltung

- Transport von Stoffen im Magen-Darm-Trakt und Urogenital-Trakt (Peristaltik von Ösophagus/Magen/Darm, Harnleiter, Samenleiter)
- Kreislaufregulation (Muskulatur der Gefäße; „Muskelpumpe“ des venösen Rückstromes)
- Temperaturregulierung (Wärmeerzeugung und Isolierung)

Tab. 1 : Histologische und funktionelle Unterschiede der Muskelarten :

	Quergestreifte Muskulatur	Glatte Muskulatur	Herz-muskulatur
Länge der Muskelfaser	Einige mm – 15 cm	0,1 – 0,5 mm	Millimeter
Anzahl der Zellkerne	Einige Hundert	1	1
Kontraktions-Geschwindigkeit	Schnell 15 – 60 msec	Langsam 2 – 20 sec	Mittel 0,2 – 0,3 sec
Ermüdung	schnell	langsam	langsam
Innervation	Zentrales + Peri- pheres Nerven- system (willkürlich)	Autonomes Nervensystem	Erregungsleitsys- tem (Autonomes Nervensystem)
Querstreifung ?	Ja	Nein	Ja
Anordnung	Zylinder	Länglich	Netz

Im Rahmen des aktiven Bewegungsapparates spielt jedoch lediglich die quergestreifte Muskulatur eine Rolle.

Wollen wir also einmal das Bauprinzip eines quergestreiften Muskels betrachten. Die Muskelzelle ist eine Faser, die zwischen 10 – 100 μm dick und bis zu 15 cm lang ist. Die mit dem bloßen Auge erkennbaren Fasern sind eigentlich Faserbündel, die ca. 0,1 – 1 mm dick sind. Eine Muskelfaser besteht aus rund 1000 Myofibrillen, die in ca. 2,5 μm lange Abschnitte unterteilt werden

(Sarkomere). Innerhalb dieser Sarkomere liegen die sog. Mikrofilamente, die eigentlichen kontraktile Elemente. Es sind dies die dicken Myosin- und die dünnen Aktinfilamente. Die Aktinfilamente sind an den Z-Scheiben befestigt. Die Myofilamente liegen, von den Aktinfilamenten umgeben, in der Mitte des Sarkomers. Wenn nun die Köpfe der Myosinfilamente nach einem Erregungsimpuls abknicken kommt es zu einer Verkürzung des Sarkomers. Die vielen hintereinandergeschalteten Sarkomere erreichen nun bei gemeinsamer Verkürzung eine Kontraktion der Muskelfaser. (siehe Abbildung)

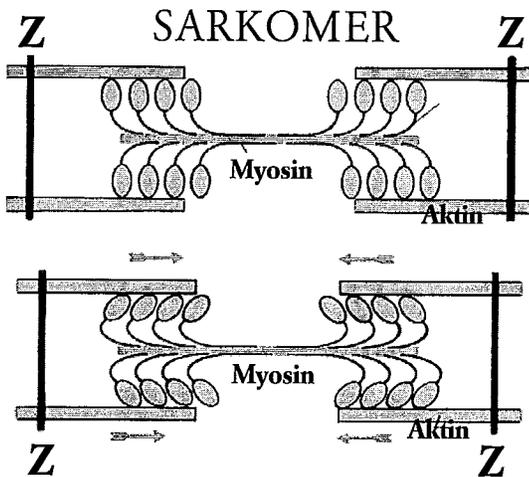


Abb.7

Nach einem Erregungsimpuls strömt Calcium in die Muskelzellen und führt zum Abkippen der Myosinköpfe. Das Sarkomer verkürzt sich hierdurch. Die Lösung der Myosinköpfe vom Aktinfilament ist der Vorgang der Energie in Form von ATP verbraucht.

Nach dem Tode kann kein ATP mehr zur Verfügung gestellt werden und die Myosinköpfe können sich nicht mehr lösen, so dass eine Dauerkontraktion der Muskeln einsetzt. Da die Zellmembranen nach dem Tode ihre Barrierefunktionen ebenfalls nicht mehr aufrecht erhalten können, strömen ungehindert Calciumionen in die Zelle und führen somit zur Kontraktion. Dies äußert sich im Phänomen der Leichenstarre, die erst mit dem zunehmenden Zerfall des Körpers gelöst wird. Kommen wir nun wieder zur Anatomie der Skelettmuskeln zurück.

Zunächst hat der Muskel einen willkürlich festgelegten Ursprung und einen Ansatz. In der Regel wird die proximale Anhaftsstelle bei Extremitäten als Ursprung und die distale als Ansatz bezeichnet.

Man unterscheidet den unterschiedlich geformten Muskelbauch und die meist deutlich dünneren Sehnen, die die Verbindung zum passiven Bewegungsapparat direkt oder über Bindegewebsfasern herstellen.

Zudem differenziert man :

- Ein-, zwei- und mehrköpfige Muskeln (bei Muskel mit mehreren Ursprüngen)
- Ein- und mehrbäuchige Muskeln (bei Muskeln mit eingelagerten Zwischensehnen)
- Ein-, zwei- oder mehrgelenkige Muskeln (bei Muskeln, die über ein oder mehrere Gelenke ziehen)

Wie häufig in der Anatomie gibt uns die Form Hinweise auf die Funktion eines Organs. So ist es auch bei den Muskeln. Betrachtet man das Verhältnis eines Muskels zu seiner Sehne, kann man über seine Aufgaben schon Aussagen treffen. Zum Organ Muskel gehören aber nicht nur die Muskelfasern, sondern auch eine Reihe von verschiedenen anderen Geweben. Sie grenzen die Einheiten des Muskels voneinander ab und schaffen die Verbindung zu Gefäßen und Nerven. So umgibt das lockere **Endomysium** die einzelnen Fasern, gefolgt vom strafferen **Perimysium** internum. Das Perimysium internum fasst die Fasern zu den Primärbündeln zusammen. Mehrere Primärbündel werden vom Perimysium externum umschlossen, welche die mit dem Auge sichtbaren Sekundärbündel bilden.

Der Muskel als Ganzes wird von der **Muskelfaszie**, einem wiederum derben Bindegewebe umgeben.

Lockerer Bindegewebe, das **Epimysium** trennt die Muskelbündel von der Faszie.

3.2.2. Sehnen

Sehnen übertragen die Kräfteinwirkung der Muskeln auf den passiven Bewegungsapparat. Sie bestehen aus sehr zugfesten kollagenen Fasern und Bündeln. Man unterscheidet die Sehnen anhand ihrer Form. Es gibt kurze, lange und flächenhafte Sehnen.

Kurze Sehnen können zuweilen makroskopisch gar nicht erkannt werden, so dass man den Eindruck hat, dass der dazugehörige Muskel direkt am Knochen ansetzt.

Man spricht daher von einem fleischigen Ansatz oder Ursprung. Flächenhafte Sehnen bezeichnet man als **Aponeurosen**. Verläuft eine Sehne in der Hauptzugrichtung des Muskels, so wird sie Zugsehne genannt. Ändern sie hingegen ihre Verlaufsrichtung und üben dadurch Druck aus, so nennt man sie Drucksehnen.

Verlaufsänderungen werden dadurch bewirkt, dass die Sehne einen Knochen umläuft, um auf der nun muskelabgewandten Seite Druck auszuüben. Dieser Knochen dient nun als Dreh- oder Stützpunkt (**Hypomochlion**).

Erwähnen möchte ich noch die Hilfseinrichtungen der Muskeln und Sehnen. Sie dienen alle dem Zweck die Muskelwirkung zu optimieren, indem sie die Muskelkraft, möglichst ungemindert, auf den betreffenden Knochen leiten.

Faszien ermöglichen die Abgrenzung verschiedener Muskelgruppen und eine Bündelung der Zugkräfte.

Knochen stellen den Sehnen gelegentlich Führungskanäle und breite Ansatzstellen zur Verfügung um der Kraft eine große Angriffsfläche zu bieten und die Gleitfähigkeit der Sehne zu erhöhen.

Sehnenscheiden (**Vaginae synoviales**) ermöglichen der Sehne ein reibungsarmes Gleiten über Knochen und Gelenke. Man kann eine Sehnenscheide mit einer Gelenkkapsel vergleichen, die auf ähnliche Weise ein Gleitlager bereitstellt. Schleimbeutel (**Bursa**) schützen Muskeln und Sehnen, wenn diese unmittelbar über einen Knochen(-vorsprung) verlaufen. Sie wirken dann wie ein Wasserkissen, das den Druck abfängt und verteilt.

Sesambeine – wie die Kniescheibe – sind in Sehnen eingearbeitet und verbessern die Kraftübertragung, indem sie den Hebelarm verlängern.

Ansatzstellen von Sehnen, sowie Schleimbeutel sind von großer klinischer Bedeutung. Bei Überbelastungen können sie mit hartnäckigen Entzündungen reagieren. Als Beispiele sind der Tennisellenbogen oder auch die Entzündung des Kniescheibenschleimbeutels („Bursitis präpatellaris“) zum Beispiel bei Fliesenlegern oder der Tennisellenbogen zu nennen.

Ich werde nun einige wichtige Muskeln anführen. Ich weise darauf hin, dass Sie zwar nicht alle Muskeln des Körpers kennen müssen, jedoch sind die nun folgenden prüfungsrelevant.

Neben dem Namen des Muskels finden Sie seine Hauptfunktionen.

Oberarm/Schulter

M. biceps brachialis (Unterarmbeugung, Supination)

M. triceps brachialis (Unterarmstreckung)

M. deltoideus (Abduktion, Anteversion)

Unterarm/Hand

M. extensor digitorum (Fingerstrecker)

M. brachioradialis (Beugung d. UA)

M. pronator teres (Pronation)

Stamm/Thorax

M. pectoralis major (Adduktion, IRO des Armes)

M. trapezius (Schulterblatthebung)

M. latissimus dorsi (Adduktion, IRO des Armes)

Abdomen

M. rectus abdominis (Flexion d. LWS)

M. obliquus externus (Seitwärtsneigung der LWS)

M. obliquus internus (Seitwärtsneigung der LWS)

Becken

M. spincter ani (Schließmuskel d. Afters)

M. spincter urethrae (Schließmuskel d. Harnröhre)

Hüfte

M. glutaesus maximus (Extension d. OS)

M. Iliopsoas (Flexion d. OS)

Oberschenkel

M. quadriceps femoris (Extension d. US)

M. biceps femoris (Flexion d US)

M. adduktor magnus (Adduktion d. OS)

Unterschenkel

M. triceps surae (Extension im OSG)

M. tibialis anterior (Flexion im OSG)

M. extensor hallucis longus (Großzehenstrecker)

Hals

M. sternocleidomastoideus (Kopfdrehung)

Kopf

M. masseter (Kaumuskel)

M. orbicularis oris (Ringmuskel d. Mundes)

4 Das Kreislaufsystem

4.1 Herz und Blutkreislauf

Sämtliche Organsysteme und Organe werden über das Blut ernährt und mit Sauerstoff versorgt. Um das Blut zu allen Teilen des Körpers zu bringen bedarf es eines Transportsystems.

Dieses Transportsystem muss gewährleisten, dass das Blut a.) alle Regionen des Körpers erreicht und somit b.) ein regelmäßiger Stoffaustausch möglich wird. Zu den Kreislauforganen gehören das Herz und das Gefäßsystem.

4.1.1. Herz

Form und Lage

Das Herz ist funktionell betrachtet eine Pumpe. Es bewegt das Blut durch den gesamten Körper.

Es ist ein muskuläres Hohlorgan, welches sein Binnenraumvolumen durch Kontraktion reduzieren kann und damit das in ihm befindliche Blut in die angeschlossenen Gefäße auswirft.

Topographisch ist es im Thorax angesiedelt und liegt im Mediastinum zwischen Sternum und Wirbelsäule. Umgeben wird es von dem Herzbeutel (**Pericard**). An seinen Seiten grenzt es an die beiden Lungenflügel, nach distal an das Zwerchfell.

Seine Größe liegt etwa bei der 1,5-fachen einer Faust und es wiegt ca. 350 g.

Die Herzbasis ist über die großen Gefäße im Mediastinum fixiert. Frei beweglich hingegen ist die Herzspitze im Pericard. Die Herzspitze liegt im Bereich des 5. Zwischenrippenraum (Intercostalraum) auf der Medioclavicularlinie (Mittlere Sagittalschnittebene durch das Schlüsselbein).

Der innere Aufbau des Herzens

Das Herz ist durch die Herzscheidewand in eine rechte und eine linke Hälfte geteilt. Die rechte Hälfte versorgt den Lungenkreislauf mit Blut, die linke hingegen den Körperkreislauf.

Jede Herzhälfte ist unterteilt in einen Vorhof (**Atrium**) und eine Kammer (**Ventriculus**).

Die Herzwand besteht aus drei Schichten :

der Herzinnenhaut (**Endocard**)

der Herzmuskulatur (**Myocard**)

der Herzaußenhaut (**Epicard**)

Zwischen dem Epicard und dem aus derbem Bindegewebe bestehenden **Pericard** liegt ein schmaler Flüssigkeitssaum, der ein reibungsarmes Gleiten gewährleistet.

Das **Endocard** ist ein einschichtiges Epithel, welches die Herzbinnenräume auskleidet und durch seine glatte Oberfläche Verwirbelungen im Blutstrom verhindert.

Das **Myocard** besteht aus der Herzmuskulatur und ist ca. zwischen 0,7 cm (re. Ventrikel) und 1,4 cm (li. Ventrikel) dick. Histologisch liegt es zwischen der quergestreiften Skelettmuskulatur und der glatten Muskulatur der Eingeweide. Es ist zwar quergestreift, aber es ist nicht in Bündeln wie die Skelettmuskulatur angelegt, sondern netzartig. (s. Kapitel Myologie)

Im Herzinnenraum werden verschiedene Strukturen unterschieden. Nur ein kleiner Teil der Wände ist glatt. Wichtigste Strukturen im Herzen sind die Klappen zwischen Vorhof und Kammer bzw. Kammer und den Hauptgefäßstämmen. Die Klappen besitzen eine Ventilfunktion. Sie gewährleisten den Blutstrom in nur einer Richtung. Zwischen den Vorhöfen und den Kammern finden sich die Segelklappen. Im linken Herzen ist dies die **Mitralklappe**, die aus zwei Segeln besteht. Die Segel entspringen an ihrer Basis dem Endocard und sind an ihren freien Enden über Sehnenfäden mit den **Papillarmuskeln** verbunden. Im rechten Herzen besteht diese Klappe aus drei Segeln und heißt **Trikuspidalklappe**. Zwischen den Kammern und den Hauptgefäßen finden sich die Taschenklappen. Zwischen der linken Kammer und der Aorta findet sich die aus drei Taschen bestehende **Aortenklappe**, zwischen der rechten Kammer und der Lungenschlagader (**Arteria pulmonalis**) die **Pulmonalklappe**.

Das Erregungsleitungssystem

Die Herzmuskulatur wird wie die übrige Muskulatur durch elektrische Impulse zur Kontraktion gebracht.

Jedoch gibt es beim Herzen eine Reihe von Besonderheiten im Vergleich zur Skelettmuskulatur oder zur glatten Muskulatur. Unter normalen Umständen schlägt das Herz ca. 70 mal pro Minute.

Das Herz schlägt unabhängig vom ZNS, es ist autonom. Es besitzt ein eigenständiges Erregungszentrum, von welchem der Impuls zur Kontraktion ausgeht. Durch die enge Verbindung der Herzmuskelzellen untereinander gibt es im Gegensatz zur Skelettmuskulatur ein Alles-oder-Nichts-Phänomen; d.h. entweder alle Herzmuskelzellen kontrahieren sich oder keine.

Das Erregungszentrum oder Schrittmacher liegt im rechten Vorhof und wird **Sinusknoten** genannt.

Von hier aus breitet sich die Erregung gleichförmig über die beiden Vorhöfe aus. Die Kammern können nicht direkt von den Vorhöfen aus erregt werden. Der Impuls muss über die einzig elektrisch leitende Stelle, dem **AV-Knoten** zu den Kammern gelangen. Über das Reizleitungssystem gelangt er dann zum Myocard der Kammern, wobei sich zunächst die Spitze des Herzens kontrahiert. Dem AV-Knoten folgt das **His-Bündel**, gefolgt von den beiden **Tawara-Schenkeln** und den vielen **Purkinje-Fasern**, die ins Myocard führen.

Die Erregung muss diesem Weg folgen, um eine effiziente und rhythmische Kontraktion des Herzens zu gewährleisten.

Der normale Ablauf der Erregung wird durch vegetative Nervenfasern und Hormone beeinflusst, so dass bei Bedarf die Herzleistung angepasst werden kann. So wird bei einer Stress- oder Fluchtreaktion das Hormon **Adrenalin** ausgeschüttet, welches die Herzfrequenz und den Blutdruck erhöht.

Die Wichtigkeit des Herzrhythmus kann daran ermessend werden, dass Arrhythmien des Herzens zu den häufigsten Todesursachen in unserem Lande gehören. Man unterscheidet bei den Arrhythmien zwischen tachycarden (Frequenz zu hoch) und bradycarden (Frequenz zu niedrig).

Herzzyklus

Abhängig von dem Erregungsimpuls läuft der Herzzyklus in zwei Phasen ab. Der **Systole** (Anspannungsphase und Austreibungsphase) folgt die **Diastole** (Erschlaffungsphase und Füllungsphase). Zu Beginn der Systole kommt es zur sogenannten **Anspannungsphase**. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass durch den Verschluss der Segelklappen und der noch nicht geöffneten Ta-

schenklappen, der Kammerdruck bei gleichem Kammervolumen stark ansteigt. Übersteigt der Kammerdruck den Druck, der in den nachfolgenden Gefäßen (Aorta und Arteria pulmonalis) besteht, beginnt die **Austreibungsphase**. Hierbei wird durch die Kontraktion des Kammermyocarids das Blut, welches sich in den Ventrikeln befindet, durch die nun geöffneten Taschenklappen in den Lungen- bzw. Körperkreislauf ausgeworfen. Hierdurch sinkt der Druck in der Kammer erneut unter den der Hauptgefäße, so dass sich die Taschenklappen wieder schließen. Nun beginnt die erste Phase der Diastole; die **Erschlaffungsphase**. Das Ventrikelmuskel entspannt sich; der Druck in der Kammer sinkt unter den Druck des Vorhofes, so dass sich die Segelklappen öffnen und das Blut aus den Vorhöfen in die Kammern gelangt. Nach der Füllung der Kammern werden, aufgrund des nun hier höheren Druckes die Segelklappen geschlossen und die Systole kann erneut beginnen. Um eine effiziente Kontraktion zu gewährleisten, müssen selbstverständlich alle Klappen einwandfrei funktionieren. Angeborene oder erworbene Herzklappenfehler führen daher oft zur Verminderung der Herzleistung (**Herzinsuffizienz**).

Blutversorgung des Herzens

Das Herz wird von zwei Arterien – den Herzkranzgefäßen – **Arteria coronaria dextra** und **sinistra** versorgt. Sie entspringen als erste Äste der Aorta unmittelbar hinter der Aortenklappe. Sie verlaufen auf dem Myocard und versorgen es mit ihren Aufzweigungen und Ästen von außen her. Die Arteria coronaria dextra verläuft nach ihrem Abgang aus der Aorta zunächst in der Herzkranzfurche (Sulcus coronarius) um den rechten Herzrand zur Hinterwand und zieht mit ihrem Endast, dem Ramus interventricularis posterior, in Richtung Herzspitze.

Die Arteria coronaria sinistra teilt sich kurz nach ihrem Abgang in den Ramus interventricularis anterior und den auf die Rückseite ziehenden Ramus circumflexus.

Die Venen sammeln das Blut in den Kranzvenen, die parallel zu den Arterien in der Kranzfurche verlaufen und geben es als (**Sinus coronarius**), in den rechten Vorhof. Das Myocard wird während der Diastole mit Blut versorgt, da es ja während der Systole kontrahiert ist. Damit hat das Herz eine Sonderstellung im Körper inne, weil es das einzige Organ ist, das nicht in der Systole versorgt wird.

Durch Verschluss der Herzkranzarterien kann es zum Untergang von Herzmuskelgewebe kommen. Diese Verschlüsse können ganz akut auftreten oder sich langsam entwickeln. Diese langsame Entwicklung äußert sich im Auftreten von starken Schmerzen im Brustbereich mit Ausstrahlungen z. B. in die Arme (besonders links) in den Hals- oder Rückenbereich. Man bezeichnet diese Schmerzattacken als **Angina pectoris** („Brustenge“).

Im schlimmsten Falle kann diese Symptomatik auch das Zeichen für einen **Herzinfarkt** sein. Hierbei geht Herzmuskelgewebe durch die Unterversorgung mit Sauerstoff zugrunde.

Damit verliert das Muskelgewebe einerseits seine Kontraktionsfähigkeit und zum anderen wird die Erregungsausbreitung gestört. Das hierdurch manchmal ausgelöste akute Herz-Kreislaufversagen ist in Deutschland und den sog. Industrienationen die häufigste Todesursache.

4.2 Gefäßsystem

Das Gefäßsystem ist ein geschlossenes Röhrensystem in dem das Blut, angetrieben durch die Pumpleistung des Herzens, durch den gesamten Körper geleitet wird. Funktionell lässt es sich in drei Teilbereiche untergliedern : Das Herz (Pumpe), die sog. Endstrombahn (Haargefäßsystem oder Kapillarsystem) und die Arterien und Venen die Herz und Endstrombahn verbinden. Prinzipiell werden alle Gefäße, die Blut vom Herzen wegtransportieren als Arterien bezeichnet und alle Gefäße, die Blut zum Herzen hin transportieren als Venen.

Als Faustregel kann jedoch auch gelten, dass in den Arterien sauerstoffreiches und in den Venen sauerstoffarmes Blut fließt. Ausnahmen bestehen bei den Lungengefäßen und im fetalen Kreislauf, auf den wir noch später eingehen werden.

Wie schon im Herzkapitel erwähnt, unterscheidet man im Kreislaufsystem den großen Körperkreislauf und den kleineren Lungenkreislauf.

Aus den Körperregionen wird das sauerstoffarme Blut über die Hohlvenen zum rechten Vorhof gebracht. Von hier aus gelangt es über die rechte Herzkammer und die Pulmonalarterie in die Lunge, wird hier vom Kohlendioxid befreit und mit Sauerstoff angereichert. Das nun sauerstoffreiche Blut gelangt über die Lungenvenen in den linken Vorhof und wird via linker Herzkammer und Aorta in

KREISLAUFSHEMA

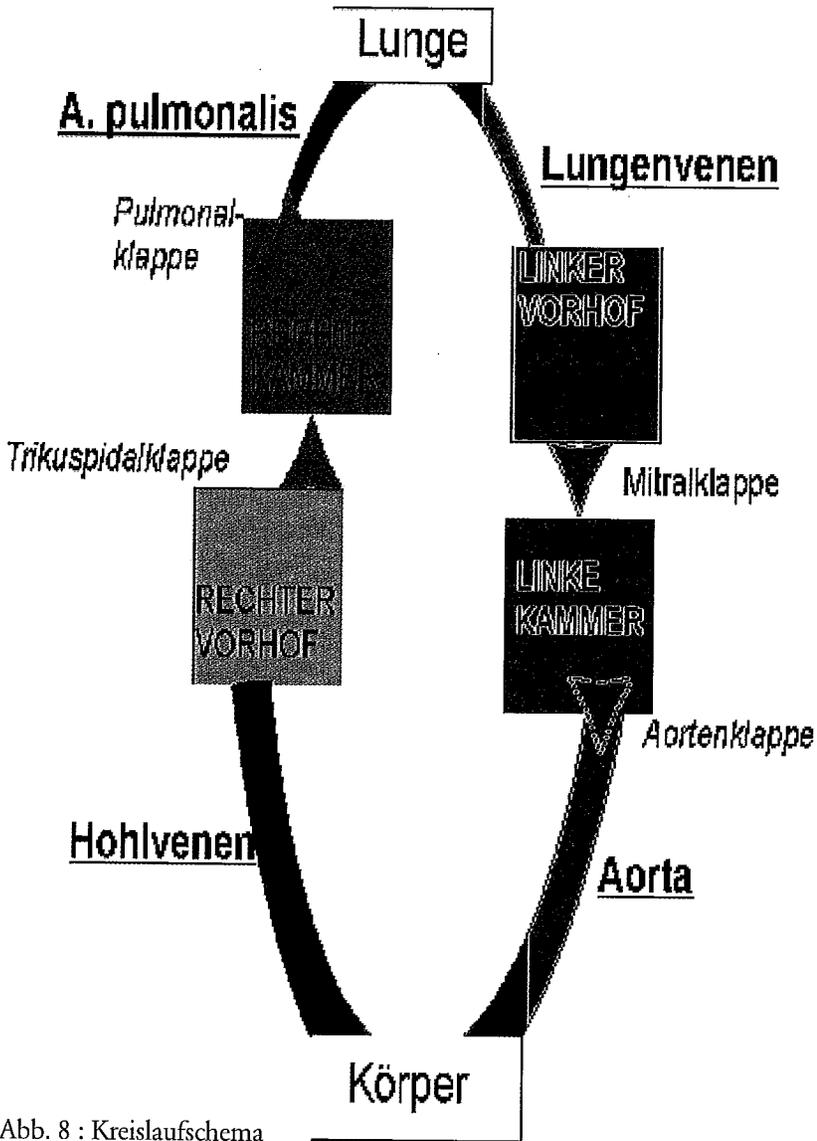


Abb. 8 : Kreislaufschema

den Körperkreislauf gepumpt. Es gelangt nun wieder in die Endstrombahn der Kapillaren und versorgt die verschiedenen Gewebe und Organe mit Sauerstoff und Nährstoffen.

Fetaler Kreislauf

Der vorgeburtliche Kreislauf unterscheidet sich vom Kreislauf des geborenen Menschen.

Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass der Lungenkreislauf über verschiedene Kurzschlüsse zwischen dem venösen und arteriellen Abschnitt ausgeschaltet wird. Dies geschieht weil die Lunge vor der Geburt natürlich noch nicht die Stoffwechselfunktion hat, die sie nach der Geburt annimmt.

Der fetale Organismus wird über die Gebärmutter und den Mutterkuchen mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt. Dies geschieht über die in die Nabelschnur liegenden Gefäße. In der Nabelschnur befinden sich drei Gefäße; zwei Arterien (Aa. umbilicales) und eine Vene (V. umbilicales). Die Nabelschnurvenen transportieren sauerstoffreiches Blut von der Gebärmutter zur unteren Hohlvene (Ductus venosus) und vermischt sich mit dem sauerstoffarmen Blut, welches aus den unteren Körperregionen zum Herzen zurückfließt. Von hier aus gelangt es über den rechten Vorhof einerseits über das **Foramen ovale** in den linken Vorhof und andererseits über die rechte Kammer und die Lungenarterie zum **Ductus arteriosus (-Botalli)**, einem Kurzschluss zwischen Arteria pulmonalis und Aorta. Über die Aorta und die sich anschließenden Beckenarterien gelang das Blut in die beiden Nabelschnurarterien zurück in den Mutterkuchen (Plazenta), um dort erneut mit Sauerstoff und Nährstoffen angereichert zu werden.

Nach der Geburt verschließen sich die Nabelschnurgefäße und die Lungen entfalten sich. Die vorgeburtlichen Druckverhältnisse ändern sich drastisch, so dass sich das Foramen ovale und der Ductus arteriosus verschließen und beide Kreisläufe hintereinander geschaltet werden.

4.2.1. Blutgefäße

Wie bereits erwähnt, finden sich im Körper Gefäße, die das Blut vom Herzen wegtransportieren (**Arterien**) und solche die Blut zum Herzen hinführen (**Venen**).

Arterien und Venen unterscheiden sich hinsichtlich ihres Wandaufbaus. Dies hat nicht mit der Sauerstoffsättigung des Blutes zu tun, sondern mit den Druckverhältnissen innerhalb der Gefäße. Prinzipiell sind Arterien und Venen gleichartig aufgebaut. Jedes Gefäß besteht aus drei Schichten. Die innere Schicht besteht aus einem einschichtigen Epithel dem sog. Endothel. Ihr folgt die mittlere Schicht, die sich aus glatter Muskulatur und elastischen Fasern zusammensetzt. Die äußere Schicht besteht aus Bindegewebe und schafft die Verbindung zum umliegenden Gewebe.

4.2.2. Arterien

Arterien besitzen, als Teil des Hochdrucksystems, eine gut entwickelte Muskelschicht und zwei Schichten einer elastischen Membran, die zwischen innerer und mittlerer, sowie zwischen mittlerer und äußerer Schicht zusätzlich angelegt ist.

Arterien können über ihre Muskelschicht ihren Durchmesser bedarfsangepasst ändern. Sie unterliegen einer hormonellen Steuerung. So gibt es Hormone, die zu einer Verengung der Gefäße führen und Hormone, die eine Erweiterung der Arterien ermöglichen.

Die herznahen Arterien besitzen einen hohen Anteil elastischer Fasern, die es ihnen ermöglichen, die vom Herzen ausgeworfene Blutmenge verteilt in den Körper weiterzuleiten. So kann die Wand sich ausdehnen und das Blut kontinuierlich weitergeben und einen gewissen Druck im Gefäßsystem aufrechtzuerhalten. Dies bezeichnet man als **Windkesselfunktion**.

4.2.3. Venen

Venen sind den Bedingungen im Niederdruckkreislauf angepasst. Sie besitzen keine so ausgeprägte Muskelschicht wie die Arterien. Sie sind insgesamt dünnwandiger, haben aber zumeist einen größeren Durchmesser als die entsprechenden Arterien. Die meisten Venen besitzen Klappen, die ein Zurückfließen des Blutes durch ihren Ventilmechanismus verhindern. Ausnahmen hiervon sind die herznahen Venen und die von Kopf und Hals.

4.3 Das arterielle System

Das arterielle System beginnt mit der Aorta, die aus der linken Herzkammer entspringt. Über sie wird der gesamte Körper mit Blut versorgt. Man unterscheidet den thorakalen Anteil und den abdominellen Anteil der Aorta. Die Grenze für beide Abschnitte liegt in der Höhe des Zwerchfelldurchtrittes der Aorta. Sie endet an ihrer Aufteilung in die beiden Beckenarterien in Höhe LWK 4.

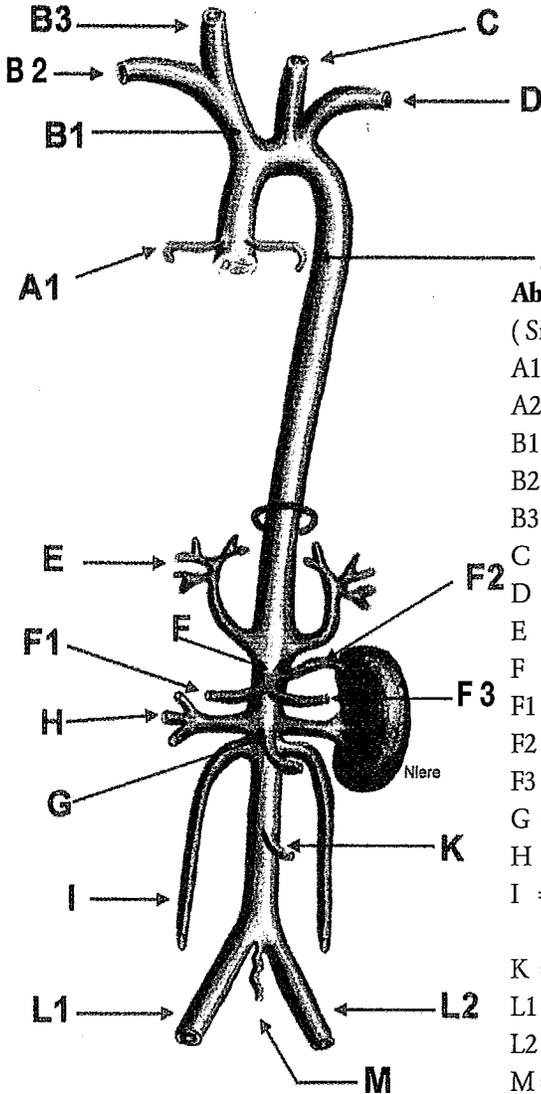
Die thorakale Aorta wird in folgende Abschnitte eingeteilt. Der aufsteigende Anteil nach dem Austritt aus dem Herzen – Aorta ascendens –; den Aortenbogen – Arcus aortae – und den vor der Wirbelsäule absteigenden Anteil – Aorta descendens. Die Aorta descendens wird noch in 2 Teile unterschieden : Den Anteil oberhalb des Zwerchfells – die Aorta thoracica und den Anteil unterhalb des Zwerchfells – die Aorta abdominalis.

Die Aorta teilt sich nahezu symmetrisch in die beiden großen Beckenarterien – A. iliaca communis sinistra und dextra – auf.

Auf den folgenden Abbildungen können sie schematisch den Verlauf der Arterien betrachten.

(Die jeweiligen Gefäße werden im Rahmen des Kurses eingehend besprochen werden !)

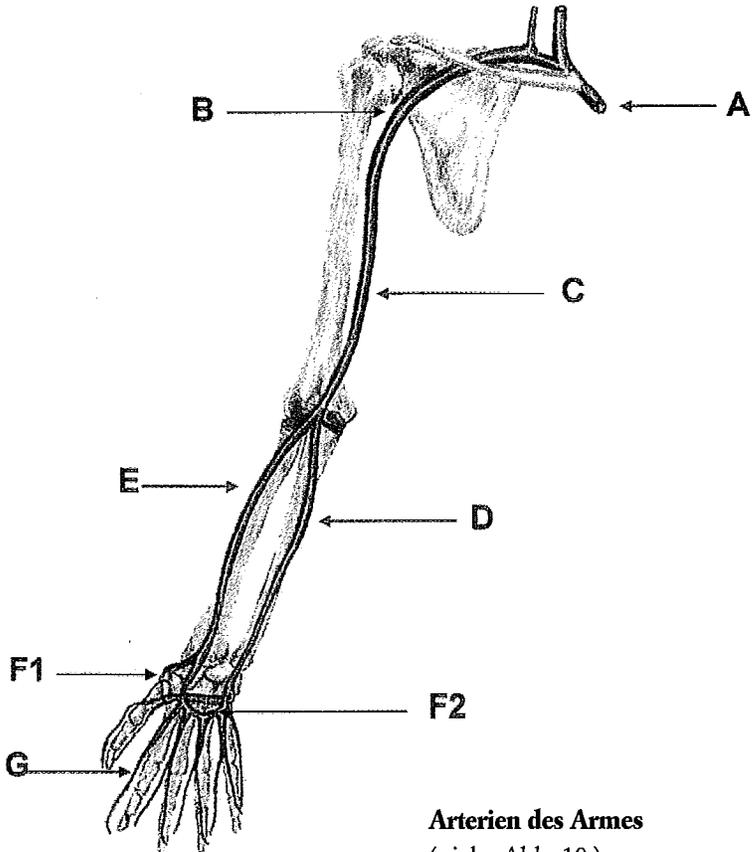
Abgänge aus der Aorta



Abgänge aus der Aorta :
(Siehe Abb. 9)

- A1 = Arteria coronaria dextra
- A2 = A. coronaria sinistra
- B1 = Truncus brachiocephalicus
- B2 = A. subclavia dextra
- B3 = A. carotis communis dextra
- C = A. carotis communis sinistra
- D = A. subclavia sinistra
- E = A. phrenica inferior
- F = Truncus coeliacus
- F1 = A. hepatica communis
- F2 = A. gastrica sinistra
- F3 = A. lienalis
- G = A. mesenterica superior
- H = A. renalis
- I = A. ovarica (Frau)
A. testicularis (Mann)
- K = A. mesenterica inferior
- L1 = A. iliaca communis dextra
- L2 = A. iliaca communis sinistra
- M = A. sacralis mediana

ARTERIEN DER OBEREN EXTREMITÄT



Arterien des Armes

(siehe Abb. 10)

A= A. subclavia

B= A. axillaris

C= A. brachialis

D= A. ulnaris

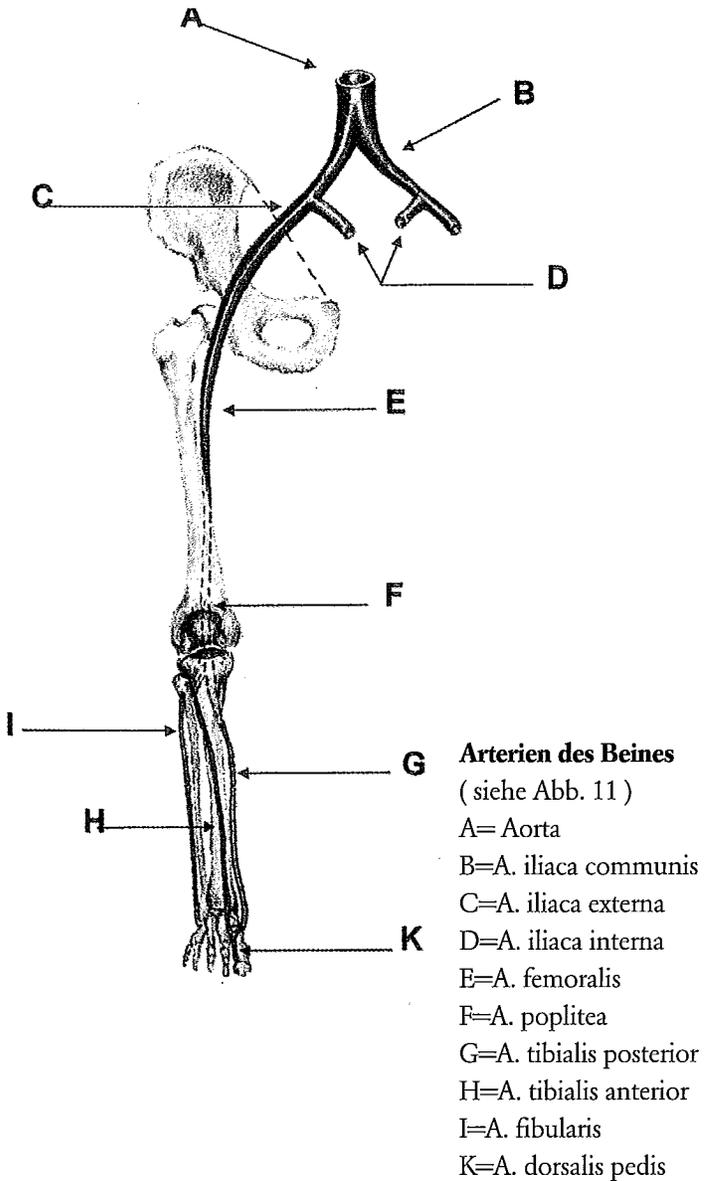
E= A. radialis

F1= Arcus palmaris superficialis

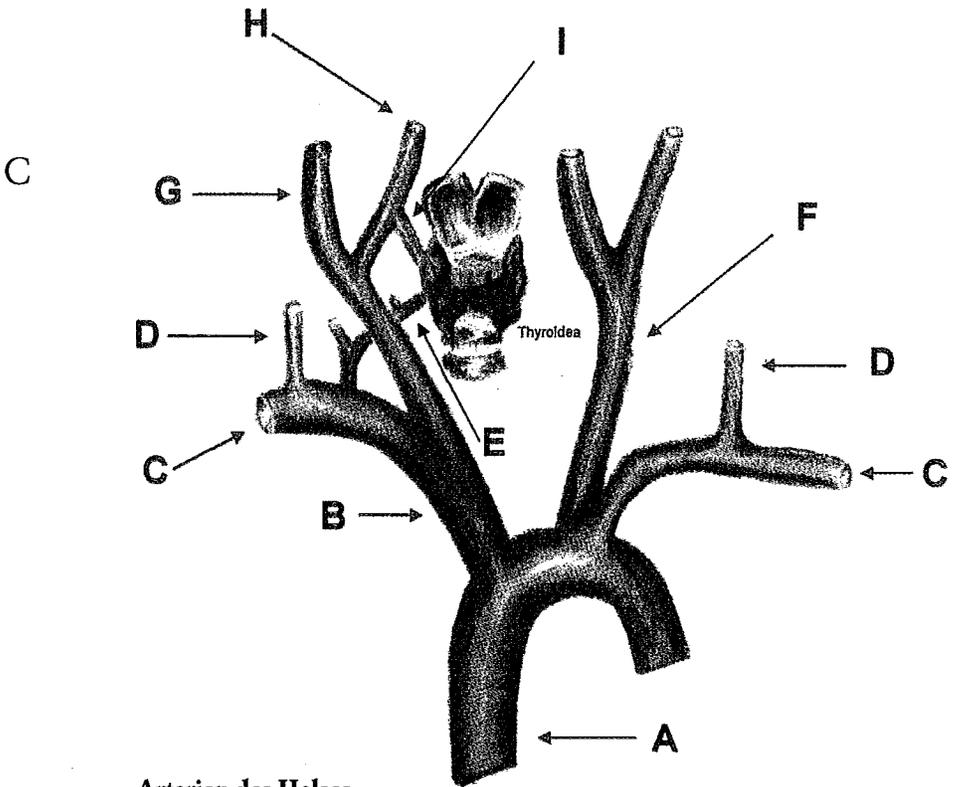
F2= Arcus palmaris profundus

G= A. digitalis

ARTERIEN DER UNTEREN EXTREMITÄT



ARTERIEN DES HALSES



Arterien des Halses

(siehe Abb. 12)

A= Aorta

B= Truncus brachiocephalicus

C=A. subclavia

D=A. vertebralis

E=A. thyroidea inferior

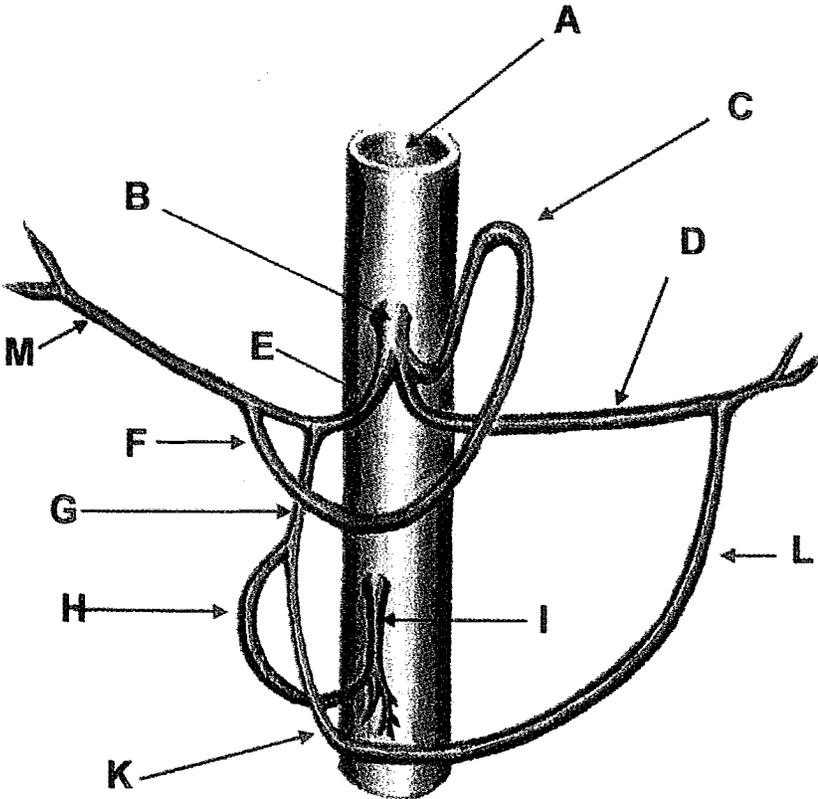
F=A. carotis communis

G=A. carotis interna

H=A. carotis externa

I=A. thyroidea superior

TRUNCUS COELIACUS



Truncus coeliacus

(siehe Abb. 13)

A=Aorta abdominalis

B=Truncus coeliacus

C=A. gastrica sinistra

D=A. lienalis

E=A. hepatica communis

F=A. gastrica dextra

G=A. gastro - duodenalis

H=A. pancreatico - duodenalis

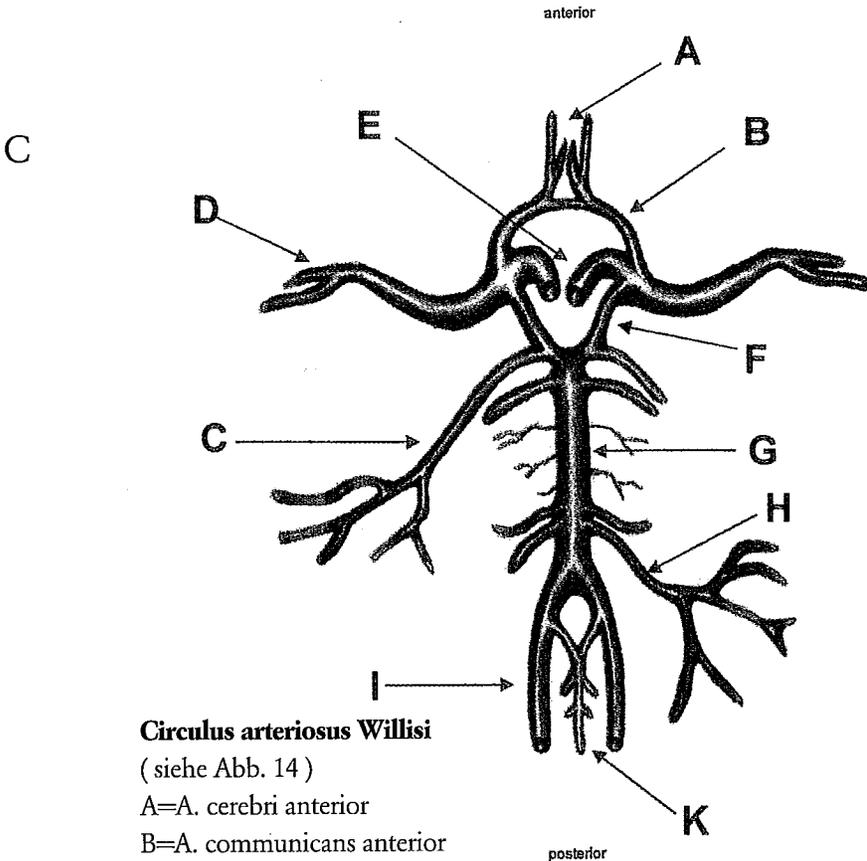
I=A. mesenterica superior

K=A. gastroepiploica dextra

L=A. gastroepiploica sinistra

M=A. hepatica propria

CIRCULUS ARTERIOSUS WILLISI



Circulus arteriosus Willisii

(siehe Abb. 14)

A=A. cerebri anterior

B=A. communicans anterior

C=A. cerebri posterior

D=A. cerebri media

E=A. carotis interna

F=A. communicans posterior

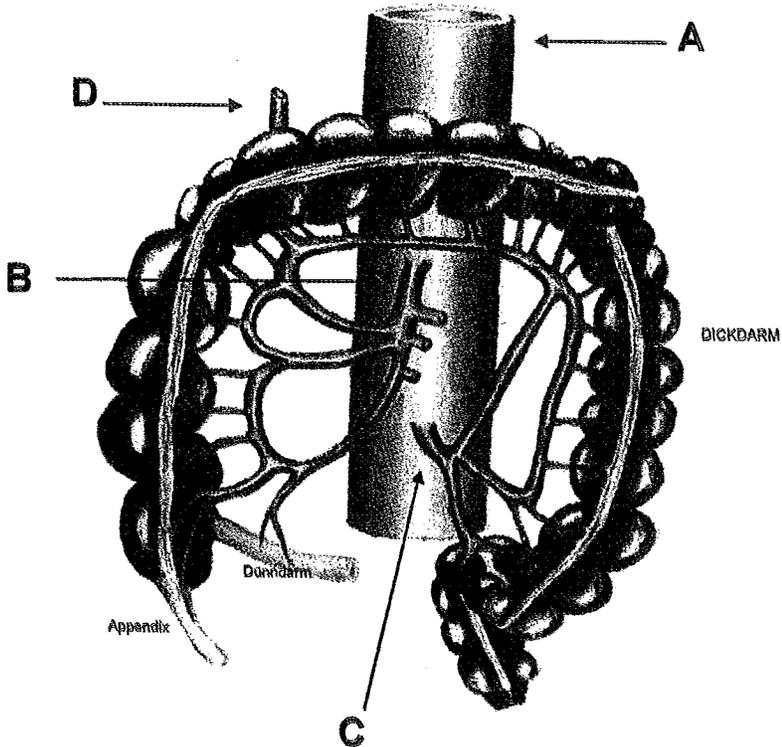
G=A. basilaris

H=A. cerebelli anterior inferior

I=A. vertebralis

K=A. spinalis anterior

BLUTVERSORGUNG DES DARMS



Blutversorgung des Darms

(siehe Abb. 15)

A=Aorta abdominalis

B=A. mesenterica superior

C=A. mesenterica inferior

D=A. pancreatico-duodenalis

Das venöse System

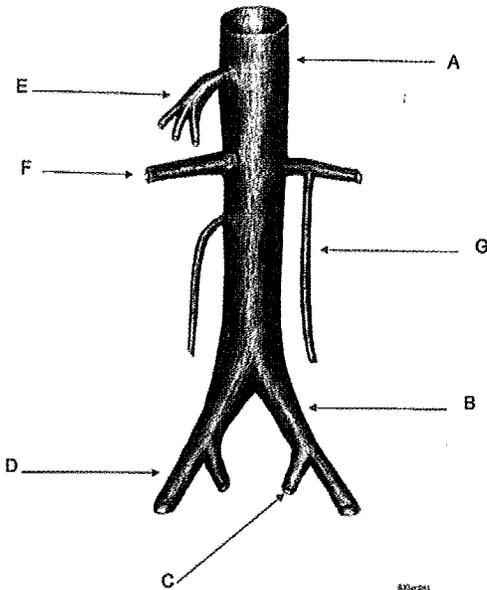
Das venöse System sammelt das Blut aus den Kapillarbetten der Gewebe und Organe und transportiert es über die beiden Hohlvenen V. cava superior und inferior zum rechten Herzen. Im Gegensatz zum arteriellen System ist das venöse durch seinen geringen Binnendruck gekennzeichnet. Es dient somit auch als Blutreservoir welches bedarfsangepasst ausgeschöpft werden kann. Die Venenwände sind erheblich dünner als die der Arterien und ihr Durchmesser ist meist größer. Die **V. cava inferior** ist bezüglich ihres Binnendurchmessers von rund 3,5 cm das größte Gefäß im menschlichen Körper. Sie sammelt das Blut der unteren Extremität und des kleinen Beckens in den Vv. iliacae comm., die sich in Höhe der Aortenbifurkation zur V. cava inferior vereinigen. In ihren weiteren Verlauf nimmt sie Blut aus den Nieren (V. renalis dextra und sinistra) und den Baueingeweiden (zunächst über die V. porta und dann über die drei Lebervenen) auf.

Sie tritt dann durch das Zwerchfell und mündet in den rechten Vorhof des Herzens.

Die **V. cava superior** entsteht aus dem Zusammenfluss der V. brachio-cephalica dextra und sinistra. Sie sammelt das Blut der Kopf und Halsorgane sowie den oberen Extremitäten und leitet es zum rechten Vorhof.

Neben diesen Hauptvenen gibt es aber noch andere Zuflüsse (Umgehungskreisläufe), die Blut aus verschiedenen Regionen des Körpers zu den großen Venen leiten, die aber beim gesunden Menschen nur eine untergeordnete Rolle spielen und auf die ich daher nicht näher eingehen möchte.

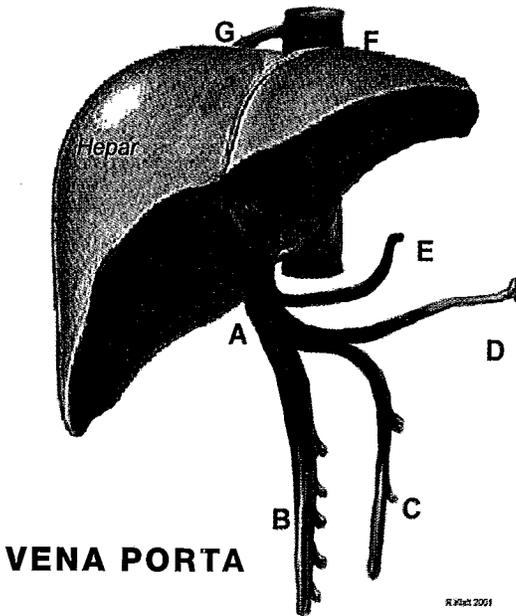
Den schematischen Verlauf des venösen Systems können sie in den folgenden Abbildungen entnehmen.



Vena cava inferior

(siehe Abb. 16)

- A= Vena cava inferior
- B= V. iliaca communis
- C= V. iliaca interna
- D= V. iliaca externa
- E= V. hepatica
- F= V. renalis
- G= V. ovarica (testicularis)

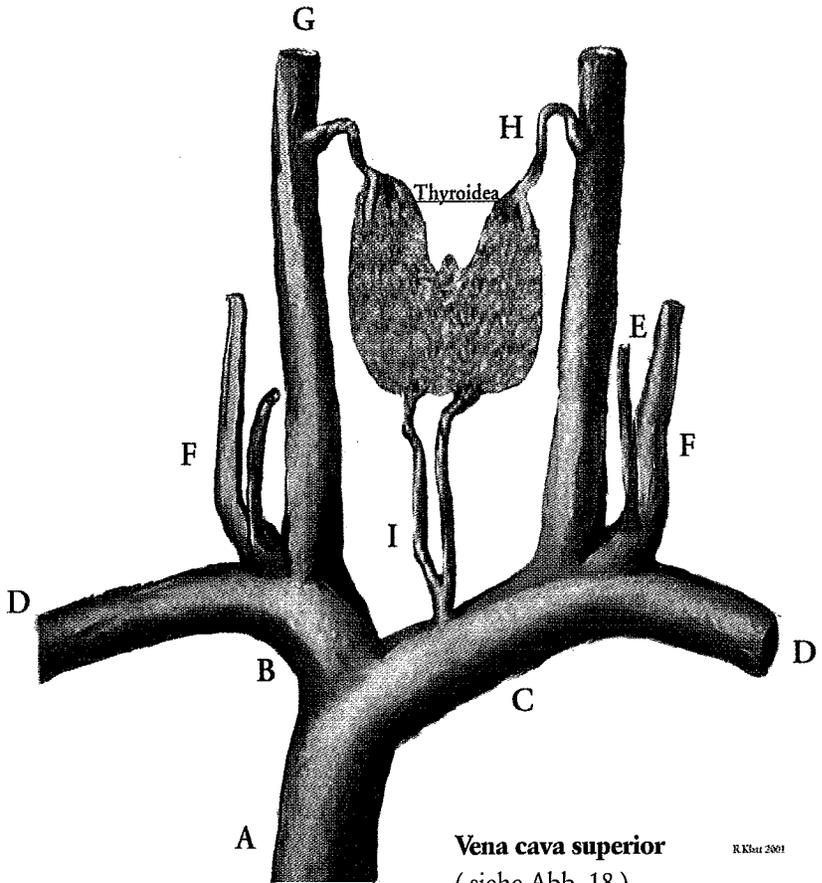


VENA PORTA

Vena porta

(siehe Abb. 17)

- A= Vena porta
- B= V. mesenterica superior
- C= V. mesenterica inferior
- D= V. lienalis
- E= V. gastrica sinistra
- F= V. cava inferior
- G= V. hepatica



Vena cava superior

RKStt 2001

(siehe Abb. 18)

A= Vena cava superior

B= Vena brachiocephalica dextra

C= Vena brachiocephalica sinistra

D= Vena subclavia dextra

E= Vena jugularis anterior

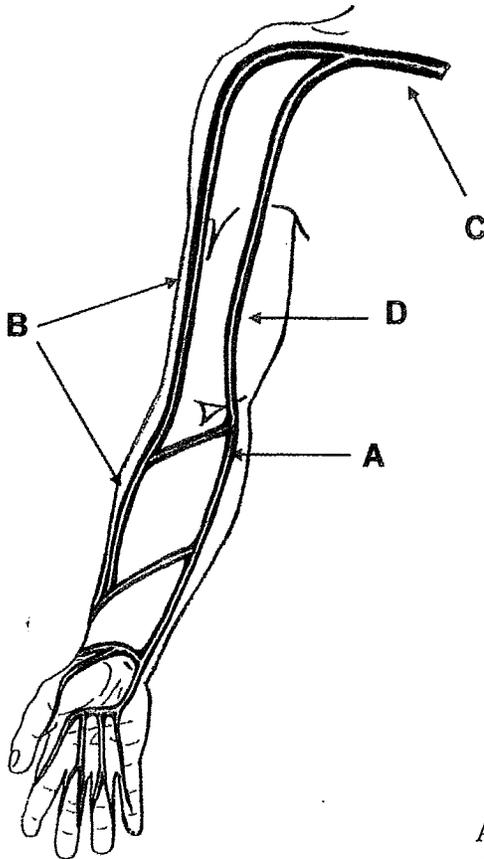
F= Vena jugularis externa

G= Vena jugularis interna

H= Vena thyroidea superior

I= Vena thyroidea inferior

ARMVENEN



Armvenen

(siehe Abb. 19)

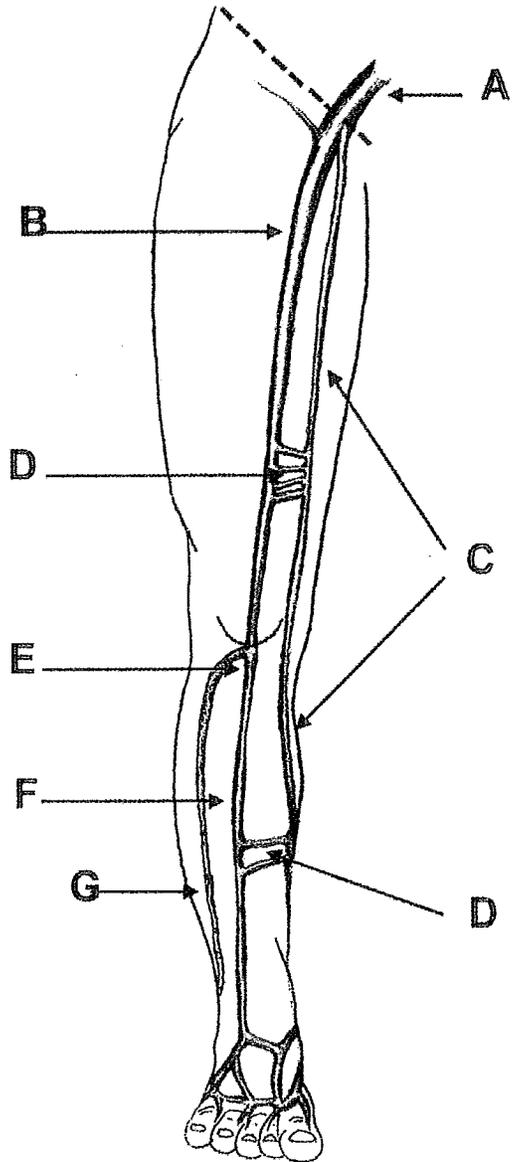
A = V. basilica

B = V. cephalica

C = V. subclavia

D = V. brachialis

BEINVENEN



Beinvenen

(siehe Abb. 20)

A = V. iliaca externa

B = V. femoralis

C = V. saphena magna

D = Vv. perforantes

E = V. poplitea

F = V. tibialis anterior

G = V. tibialis posterior

5 Das Atmungssystem

5.1 Grundlagen

Das Atmungssystem gewährleistet die Sauerstoffversorgung aller Organe des Körpers. Da unsere Körperzellen in ihrem Stoffwechsel auf Sauerstoff (O_2) angewiesen sind, um ihre Funktionen aufrecht zu erhalten, ist die kontinuierliche Versorgung mit Sauerstoff lebenswichtig. Hierbei verhalten sich die verschiedenen Zellen unterschiedlich. Während einige Zellen (z.B. Nervenzellen) sehr empfindlich auf Sauerstoffmangel reagieren, können andere einen Mangel besser tolerieren und stellen ihren Stoffwechsel recht schnell auf „anaerobe“ Verhältnisse um (Muskelzellen).

Wie schon erwähnt wird der Sauerstoff über das Blut zu den Organen transportiert.

Das Atmungssystem stellt das Bindeglied zwischen der Luft und dem Blut dar. Luft und damit Sauerstoff wird in den Körper eingeholt, der Sauerstoff herausfiltriert und ins Blut befördert. Gleichzeitig werden gasförmige Abfallprodukte des Stoffwechsels wie Kohlendioxid (CO_2) aus dem Blut in die Atemluft gebracht.

Das Atmen

Unter normalen Bedingungen gebrauchen wir die Atemmuskulatur nur zum Einatmen, während die Ausatmung ein passives Zusammensinken der Lunge in die Ausgangsposition darstellt. Prinzipiell sind zwei Muskelgruppen an der Atmung beteiligt.

Zum einen stellt das Zwerchfell (**Diaphragma**) den wichtigsten Atemmuskel dar; zum anderen sind die **Zwischenrippenmuskeln (Interkostalmuskulatur)** an der Atemarbeit beteiligt.

Das Zwerchfell ist ein flacher Muskel, der von den unteren Rippen entspringt und an einer zentral gelegenen Sehnenplatte ansetzt. Es trennt den Brust- vom Bauchraum. Bei der Einatmung (**Inspiration**) ziehen sich die Muskelzüge des Zwerchfells zusammen und drücken die Baueingeweide ein Stück weit nach unten, so dass sich das Brustkorbvolumen erhöht und Luft eingesogen wird.

Unter Ruhebedingungen übernimmt das Zwerchfell mehr als die Hälfte der Atemarbeit, erst wenn sich der Bedarf unter Belastung erhöht, kommt der Interkostalmuskulatur eine größere Bedeutung zu.

Die Interkostalmuskeln heben die Rippen an und schaffen so ein größeres intrathorakales Volumen, welches sich dann mit Luft füllt.

Die Führung der Atmung wird vom Atemzentrum im Gehirn übernommen. Wichtige Messwerte sind nicht nur der Sauerstoffgehalt, die Kohlendioxidkonzentration sondern auch das Säure- / Basenverhältnis im Blut. Der O_2 Gehalt wird im Blut der A. carotis durch spezielle Rezeptoren gemessen und die Messwerte werden an das Atemzentrum weitergegeben. Der CO_2 -Gehalt wird im Gehirn und im Liquor gemessen und ebenfalls an das Atemzentrum weitergegeben. Sinkt der O_2 -Gehalt oder steigt der CO_2 -Gehalt an, so reagiert das Atemzentrum mit einer verstärkten Aktivierung der Atemmuskulatur. Auch körperliche Aktivität führt zu einer Aktivierung des Atemzentrums, noch bevor sich die Blutgase in ihren Konzentrationen verändert haben. Damit greift das Atemzentrum dem zu erwartenden erhöhten Bedarf vor und stellt die Atmung frühzeitig auf höhere Aktivität ein.

5.2 Der Gasaustausch

Die Lunge ist das Organ, in dem dieser Vorgang stattfindet. Aber das Atmungssystem beginnt schon bei Mund und Nase. In der Nase wird die Luft befeuchtet und Staubpartikel werden gefiltert. Gleichzeitig warnt das Riechorgan vor schädlichen Bestandteilen in der Luft oder meldet mehr oder weniger angenehme Gerüche.

Die Luft passiert den Rachen (**Pharynx**) und gelangt durch den Kehlkopf (**Larynx**) in die Luftröhre (**Trachea**). Von hier aus wird sie über die beiden Hauptbronchien in die beiden Lungenflügel verteilt. Durch weitere Aufteilungen verzweigen sich die Bronchien in immer kleinere Abschnitte auf.

Schließlich erreicht die Luft in die Lungenbläschen (**Alveolen**). Hier findet dann der eigentliche **Gasaustausch** zwischen der Atemluft auf der einen und dem Blut auf der anderen Seite statt.

Wie auch bei vielen anderen Stoffwechselfvorgängen, ist der Gasaustausch ein passiver physikalischer Vorgang, der in diesem Fall durch die Gasdruckunterschiede zwischen dem Blut und der Luft ausgelöst wird.

Flüssige und gasförmige Stoffe verteilen sich in einem bestimmten Raum immer gleichmäßig. Trennt man zwei verschiedene Räume durch eine Membran, die

für einen bestimmten Stoff durchlässig ist, stellt sich auf beiden Seiten der Membran bald ein sog. osmotisches Gleichgewicht dieses Stoffes ein. Der Stoff durchdringt die Membran in die Richtung, in der seine Konzentration niedriger ist bis die Konzentration auf beiden Seiten der Membran gleich hoch ist. Dieses Durchdringen der Membran wird auch als **Diffusion** bezeichnet.

Kommen wir nun auf die beiden Gase zurück, die am Gasaustausch beteiligt sind; der **Sauerstoff** (O_2) und das **Kohlendioxid** (CO_2). Beide Gase werden auf der Körperseite mit dem Blut transportiert; Sauerstoff durch die Erythrozyten, Kohlendioxid überwiegend durch das Blutplasma. Das Blut kommt aus der rechten Herzhälfte in die Lunge und zu den Alveolen. Es ist sauerstoffarm und enthält relativ viel Kohlendioxid, welches als Abfallprodukt beim Zellstoffwechsel anfällt und von den Zellen in das Blut abgegeben wird. Die Lunge erhält ihr Blut also aus dem kleinen Kreislauf – der Arteria pulmonalis und ihren Aufzweigungen. Die Alveolen sind von einem dichten Kapillarnetz umgeben. Die Gase müssen insgesamt drei Membranen hinter sich bringen, um von der Luft ins Blut und in die umgekehrte Richtung zu gelangen. Zunächst das Kapillarendothel, dann die Basalmembran der Lungenbläschen und zuletzt die Zellen der Alveolarwand selber.

Betrachtet man beide Seiten abstrakt als Räume (Blutseite und Atemluftseite der Membran), so diffundieren die beiden Gase, in die Richtung der Membranseite, auf der die Konzentration des Gases geringer ist.

Konzentrationen von Gasen werden als sogenannter Partialdruck angegeben. Der Partialdruck auf der Seite der Atemluft lässt sich, Anhand des prozentualen Anteils des entsprechenden Gases an der Luft, errechnen. Der Luftdruck beträgt ca. 1 Atmosphäre oder ca. 750 mmHg. Der Anteil des Sauerstoffs an der Luft beträgt ca. 20 %, also entfällt rund ein Fünftel des Luftdrucks auf den Sauerstoff; $\cong 150$ mmHg. Für CO_2 sind es $\cong 40$ mmHg.

Im venösen Blut betragen die Drücke etwa 40 mmHg für den Sauerstoff und 46 mmHg für Kohlendioxid.

Je größer die Differenz auf beiden Seiten der Membran ist, desto schneller läuft die Diffusion ab. Für den Sauerstoff ist die Differenz recht hoch, beim CO_2 hingegen sind es aber nur ca. 6 mmHg. Diese Differenz reicht aber aus, weil CO_2 etwa 23 mal besser diffundieren kann als Sauerstoff.

Also diffundiert Sauerstoff aus der Atemluft in die roten Blutkörperchen und CO_2 aus dem Blutplasma in die Atemluft. Die Drücke im arteriellen Blut betragen etwa 100 mmHg für O_2 und 40 mmHg für CO_2 .

Bestimmt Gase diffundieren noch erheblich schneller und binden sich an die roten Blutkörperchen und können den Sauerstofftransport unmöglich machen. Dies gilt besonders für Kohlenmonoxid (CO), welches bei unvollständigen Verbrennungsprozessen, aber auch z.B. in Automotoren entsteht und welches hierdurch schon in relativ geringer Konzentration tödlich sein kann.

Die Lunge

Die Lunge, oder besser die beiden Lungenflügel liegen im Thorax und füllen diesen fast vollständig aus. Sie sind von allen Seiten von der Pleura, dem Rippenfell, umgeben. Das Rippenfell besteht aus zwei Blättern welche durch einen schmalen, flüssigkeitsgefüllten Raum getrennt sind. So werden einerseits Reibungskräfte, die bei den Atemexkursionen entstehen aufgehoben; zu anderen wird durch diesen Raum ein Unterdruck erzeugt, welcher für die Entfaltung der Lunge von entscheidender Bedeutung ist.

Die Lungenflügel unterteilen sich in drei (rechts) bzw. zwei (links) Lungenlappen (Lobus). Der Unterschied zwischen den Flügeln ist durch die linksthorakale Lage des Herzens bedingt. Aus räumlichen Gründen bildet daher der linke Lungenflügel lediglich zwei Lappen aus.

Sämtliche zuführenden Strukturen wie Gefäße, Bronchien und Nerven treten durch den sogenannten Hilus ein. Sie verzweigen sich analog zum weiteren Feinbau der Lunge. Jeder Lungenlappen teilt sich in Segmente auf. So besteht der rechte Lungenflügel schließlich aus 10 Segmenten der linke meist aus 9.

Die kleinste noch mit dem bloßen Auge sichtbare Einheit ist das Lungenläppchen. Es besteht aus einem kleinen Bronchienast und einigen Tausend Lungenbläschen, den sogenannten Alveolen, in denen der Gasaustausch stattfindet.

6 Das Verdauungssystem

6.1 Der Stoffwechsel

Das Verdauungssystem stellt dem Körper die von ihm benötigten Nährstoffe bereit, die er braucht um den Stoffwechsel seiner Zellen aufrecht erhalten zu können. Anders als die Pflanzen, die ja aus UV-Licht, Wasser und CO_2 -Zucker und damit Energie schaffen können, sind tierische Organismen zu solch einer Leistung nicht fähig. Alle tierischen Organismen, und somit auch der Mensch, sind darauf angewiesen, sich die benötigten Stoffe zuzuführen. Auch die Pflanzen können nicht alle Nährstoffe synthetisieren, sie müssen sich auch Salze, Wasser u.a. über die Wurzeln zuführen, um zu überleben.

Der Verdauungstrakt

Das Herzstück des Verdauungssystems ist der Verdauungstrakt. Er nimmt die Nahrung auf, zerkleinert sie und bereitet sie auf, gibt sie über den Blutweg als Nährstoff an die Zellen weiter und entsorgt schädliche Rest- und Abbauprodukte. Transporthilfe ist eine wellenförmige Pressbewegung (**Peristaltik**), die vom Magen her durch den gesamten GI-Trakt in Richtung After verläuft. Die Peristaltik wird durch die glatte Muskulatur, die im gesamten Trakt vorhanden ist, unwillkürlich ausgeführt. Die Steuerung der Peristaltik wird von Reflexbahnen innerhalb der Magen-Darmmuskulatur unter zentraler Kontrolle des autonomen Nervensystems über den N. vagus reguliert.

Der sogenannte **Gastro-Intestinal-Trakt (GI-Trakt)** beginnt mit der Mundhöhle und den damit verbunden Hilfsorganen (Zähne, Zunge, Gaumen, Speicheldrüsen etc.).

Hier wird die Nahrung zerkleinert, mit Speichel vermischt und auf ihren Geschmack hin überprüft. Der Speichel erhöht nicht nur die Gleitfähigkeit der Nahrung, sondern spaltet auch schon Zuckermoleküle und tötet Keime ab.

Von hier aus gelangt die Nahrung über die **Speiseröhre (Ösophagus)** rasch in den **Magen (Ventrikulus, Gaster)**, wo sie mit den Magensäften vermischt wird. Über den Magensaft erfolgt die weitere Aufspaltung und Vermischung des Nahrungsbreis. Zudem sorgt die im Magensaft enthaltene **Salzsäure** (chem. HCl , in einer Konzentration von ca. 0,2–0,5 %) für die Abtötung von Bakterien und die

Vorverdauung von Fleisch und Eiweißen durch die Aktivierung von **Pepsin**, einem Enzym, welches eben für die Aufspaltung von Eiweißen verantwortlich ist. Der Magen ist der weiteste Teil des Verdauungstraktes. Er ermöglicht die Speicherung von relativ großen Nahrungsmengen, die er in kleinen Teilen an den Dünndarm weitergibt. Daher kann man mit wenigen Mahlzeiten am Tage auskommen. Je nach Art der Speise verbleibt die Nahrung 1 – 5 Stunden im Magen. Fettreiche Speisen verbleiben relativ lange im Magen, wohingegen Flüssigkeiten den Magen rasch passieren. Dieser Umstand liefert die Erklärung dafür, dass die Übertragung von bakteriellen Infektionskrankheiten des Magen-Darm-Traktes (z.B. Typhus) über Getränke leichter möglich ist als über feste Speisen.

Der Magen schützt sich selbst vor den aggressiven Bestandteilen des Magensaftes (und somit vor der Selbstverdauung) durch die Ausbildung einer Schleimschicht, die die gesamte Magenschleimhaut überzieht.

Nach dem Tode kann jedoch dieser Schleim nicht mehr produziert werden, so dass die Salzsäure und das Pepsin rasch beginnen die Magenschleimhaut aufzulösen (**Autolyse**). Dieser Mechanismus wird von den Gerichtsmedizinern zur Bestimmung des Todeszeitpunktes genutzt.

Vom Magen aus werden kleine Portionen des Mageninhaltes nun an den **Zwölffingerdarm** (**Duodenum**) abgegeben, wird hier mit Verdauungsenzymen aus der **Bauchspeicheldrüse** (**Pankreas**) und mit **Gallensaft**, der aus der Leber stammt, vermengt und der noch saure Mageninhalt wird durch die Galle und den alkalischen Pankreassaft neutralisiert. Diese Verdauungssäfte enthalten Enzyme um Kohlenhydrate, Eiweiße und Fette in resorbierbare Produkte aufzutrennen. Nachdem die Nahrung in Traubenzucker, Aminosäuren und Fettsäuren aufgespalten worden ist, wird sie über die Dünndarmschleimhaut aufgenommen und über den Blutweg in die Leber und die anderen Körperorgane verbracht. Der Dünndarm bildet den längsten Teil des GI-Traktes. Man unterteilt ihn in das **Jejunum** (Leerdarm) und das **Ileum** (Krummdarm). Diese Unterteilung hat allerdings nur historisch-anatomische Bedeutung, wobei eine genaue Grenze nicht festgelegt werden kann.

Definitionsgemäß unterteilt man den Dünndarm also in drei Teile :

Duodenum, die ersten 25 – 30 cm ab Magen (also ca. zwölffingerbreit)

Jejunum, die ersten 40 % des Dünndarms

Ilium, die restlichen 60 % des Dünndarms, bis hin zum Dickdarm.

Nach der Dünndarmpassage gelangt der Nahrungsbrei in den Dickdarm (**Colon**), wird hier weitgehend von Wasser und Salzen befreit und schließlich ausgeschieden.

6.3 Histologischer Aufbau der Wände des Magen-Darm-Traktes

Obwohl die einzelnen Abschnitte des Magen-Darm-Traktes eine unterschiedliche Anatomie haben, besteht hinsichtlich des Wandaufbaus eine weitgehende Übereinstimmung in allen Abschnitten vom Oesophagus bis zum Anus.

Man kann den gesamten Trakt als eingestülpte Körperoberfläche betrachten. Um effektiv arbeiten zu können müssen einige Voraussetzungen von dieser Körperoberfläche erfüllt werden. Ähnlich wie die Haut, spielt der Intestinaltrakt bei der Abgrenzung des Körperinneren zur Außenwelt eine große Rolle.

Aber anders als die Haut muss die Schleimhaut des Intestinaltraktes eine weitaus größere Resorptionsrolle erfüllen. Um eine gute Resorption zu ermöglichen, gilt es zunächst einmal, die Resorptionsfläche möglichst groß zu gestalten. Dies geschieht durch die Ausbildung von Falten und Zotten, insbesondere in den Abschnitten, die weitgehend der Resorption dienen (Dünndarm, Dickdarm). Die resorbierende Fläche des Dünndarms beträgt ca. 2000 m² ! Zudem sind Falten besser in der Lage, sich auf unterschiedliche Füllungsstände einzustellen. Dies ist bedeutend für Speiseröhre und Magen, die sich auf großen Volumenunterschiede einstellen können.

Die grundsätzliche Wandstruktur ist also in allen Abschnitten im großen und ganzen gleich.

Die **Schleimhaut (Mukosa)** besteht aus einem Epithel, einer bindegewebigen Schicht (Lamina propria) und einer schwach ausgebildeten Muskelschicht (Lamina muskularis mukosae). Das Epithel besteht in Speiseröhre und dem letzten Dickdarmabschnitt aus einem mehrschichtigen Plattenepithel, die übrigen Abschnitte, denen die Resorptionsaufgabe zukommt, sind mit einem einschichtigen, hochzylindrischen Epithel ausgekleidet.

Dieses Epithel ist seinerseits stark gefältelt, bildet Zotten aus und die Zellen sind mit fingerförmigen Ausläufern, den **Microvilli** besetzt.

Zudem sind alle Abschnitte mit vielen Lymphgefäßen und Lymphknoten besetzt. Dies ist einerseits dadurch begründet, dass der Darm ja zur Körperoberfläche gehört und somit Abwehraufgaben übernehmen muss; zum anderen werden über die Lymphbahnen in den Dünndarmabschnitten die resorbierten Fette transportiert.

An die Schleimhaut schließt sich die **Submukosa** an. Sie besteht aus lockeren Bindegewebe und enthält die wichtigen Blutgefäße, Nerven und Lymphgefäße. An die Submukosa schließt sich eine Muskelschicht (**Muskularis**) an, die für die Peristaltik verantwortlich ist. Diese Muskelschicht besteht aus einer inneren Ringmuskelschicht und der äußeren Längsmuskelschicht. Zwischen den beiden Schichten verläuft ein dichtes Nervengeflecht, welches für die Steuerung der Muskeln zuständig ist.

An die Längsmuskelschicht schließt sich eine weitere Bindegewebsschicht an (**Adventitia**), die entweder mit den Strukturen der Umgebung verwachsen ist (z.B. bei der Speiseröhre oder dem Duodenum) oder an das Bauchfell (**Peritoneum**) haftet.

6.4 Speiseröhre (Oesophagus)

Die Speiseröhre ist ca. 30 cm lang und reicht vom Rachen bis zum Mageneingang. Sie wird nach vorne zunächst von der Luftröhre begrenzt und liegt hinten der Wirbelsäule an. Sie tritt durch eine Zwerchfellücke den sog. (**Hiatus oesophageus**) in den Bauchraum ein und endet am Mageneingang, der **Kardia**.

Die Längsmuskelschicht des Oesophagus umgibt ihn spiralförmig, um einen raschen und effektiven Transport der Nahrung in den Magen zu gewährleisten. Die Blutversorgung erfolgt über direkte Äste der benachbarten Aorta.

6.5 Magen (Ventriculus, Gaster)

Der Magen ist der voluminöseste Anteil des GI-Traktes. Sein Fassungsvermögen beträgt bis zu 2l. Er liegt, vollständig von Peritoneum umgeben (intraperitoneal), im li. Oberbauch. Er wird in folgende Abschnitte unterteilt :

Kardia, oder Mageneingang

Magenfundus, der Anteil der sich der Kardia nach cranial anschließt

Korpus, der größte Magenanteil, der sich dem Fundus nach caudal anschließt und für die Durchmischung und den Weitertransport der Nahrung hauptverantwortlich ist

Antrum, ist der Magenanteil der kurz vor den Magenausgang dem **Pylorus** (Pfortner) liegt. Der Pylorus ist ein starker Schließmuskel, der den geordneten Übertritt der Nahrung in das Duodenum reguliert

Die Magenschleimhaut produziert ca. 2 l Magensaft am Tage. Er enthält Pepsin und HCl, als aktive Bestandteile. Diese Anteile werden von verschiedenen Drüsenzellen, die in der Magenschleimhaut angelegt sind produziert.

Die **Hauptzellen** produzieren **Pepsinogen**, welches unter dem Einfluss von HCl in **Pepsin** umgewandelt wird. Die **Salzsäure** (HCl) wird in den Belegzellen des Magen synthetisiert und sorgt für ein saures Milieu im Mageninneren. Zudem wird der **intrinsic factor** von ihnen abgegeben, mit dessen Hilfe der Dünndarm Vitamin B₁₂ resorbieren kann. Die **Nebenzellen** produzieren einen zähen, alkalischen Schleim, um die Magenwand vor den aggressiven Substanzen des Magensafts zu schützen.

In diesem Milieu schaffen es nur wenige Bakterien zu überleben. Zu ihnen zählt der *Helicobacter pylori*, welcher maßgeblich und ursächlich an der Bildung von Magenschleimhautentzündungen (Gastritis) und an der Entstehung der Geschwüre von Magen und Zwölffingerdarm (*Ulcus ventriculi* und *Ulcus duodeni*) beteiligt ist.

Blutversorgung des Magens : Der Magen wird von einem Kreis von Schlagadern umgeben, der ihn mit Blut versorgt. Im einzelnen sind dies :

- A. gastrica sinistra aus dem Truncus coeliacus
- A. gastrica dextra aus der A. hepatica propria (ebenfalls a.d. Truncus coeliacus)
- A. gastroepiploica dextra aus der A. hepatica communis
- A. gastroepiploica sinistra aus der A. lienalis (ebenfalls a.d. Truncus coeliacus)
- A. gastrica brevis aus der A. lienalis (ebenfalls a.d. Truncus coeliacus)

Der venöse Abfluss schließt sich den entsprechenden Venen an und führt fast ausschließlich in die V. porta.

6.6 Dünndarm

6.6.1. Zwölffingerdarm (Duodenum)

Das Duodenum schließt sich dem Pylorus an, verläuft C-förmig um den Pankreaskopf und endet nach einer Länge von ca. 25 cm am Übergang zum Jejunum

num. Es liegt extraperitoneal, ist also nicht vom Bauchfell umgeben. In das Duodenum münden die Ausführungsgänge der beide wichtigsten Verdauungsdrüsen des Körpers – der Leber und der Bauchspeicheldrüse; zumeist über einen gemeinsamen Ausgang.

Über den **Ductus choledochus (Hauptgallengang)** gelangt die in der Leber produzierte und in der Gallenblase gelagerte Galle bei Bedarf in das Duodenum. Der **Ductus pancreaticus** führt dem Duodenum den Pankreassaft zu.

Beide Gänge münden meist über einen gemeinsamen Ausführungsgang, welcher von einem kleinen Schließmuskel reguliert wird. Dieser Gang liegt im Bereich des Pankreaskopfes und kann vom Duodenum aus sondiert werden.

Kommt es zum Verschluss dieses Ganges z.B. durch Gallensteine, Entzündungen oder Tumoren des Pankreaskopfes, so stauen sich die Verdauungssäfte zurück und führen einerseits zu einer Schädigung und Entzündung der Bauchspeicheldrüse (**Pankreatitis**) und andererseits zu einem Galleaufstau mit Schmerzen im Oberbauch und Gelbsucht der Haut.

Weitere Symptome sind die Entfärbung des Stuhlganges und die braune Verfärbung des Urins.

Der Name Zwölffingerdarm bezieht sich auf die Länge des Duodenums, welche von den alten Anatomen eben mit 12 Fingern Breite angegeben wurde. Die Blutversorgung erfolgt über die A. gastroduodenalis aus der A. hepatica communis und A. pancreaticoduodenalis, einer Kurzschussarterie zwischen der A. gastroduodenalis und der A. mesenterica superior. Der venöse Abfluss erfolgt über die entsprechenden Venen.

6.6.2. Jejunum und Ileum

Jejunum und Ileum sind die Abschnitte des GI-Traktes in denen der Großteil der Resorption stattfindet. Sie liegen vollständig intraperitoneal. Die Gesamtlänge der beiden Abschnitte beträgt ca. 5 – 6 m. Die Schleimhaut ist hier besonders stark aufgefalten und das Epithel führt mit der Ausbildung von Zotten und Microvilli zu einer enormen Vergrößerung der Oberfläche.

Die Auffaltung geschieht zunächst durch die ringförmige Ausbildung von Falten, die quer zur Verlaufsrichtung liegen.

Auf diesen Falten (**Plicae**) sitzen einige Hundert von 0,5–1 mm großen **Zotten**, auf denen nun ihrerseits die Epithelzellen mit ihren fingerförmigen **Microvilli** platziert sind.

Betrachtet man die Zotten im Querschnitt, so erkennt man ein zentral angelegtes Lymphgefäß mit einer Begleitarterie und einem peripher angelegten Kapillarnetz. Aufgelagert findet sich das Epithel mit eingelagerten Becherzellen, die für die Schleimbildung zuständig sind.

Hier werden die Nahrungsbestandteile in ihre resorbierbaren Formen zerlegt und über die Blutbahn oder die Lymphbahnen (Fette) in den Organismus weitergegeben. Zudem werden auch Vitamine und Spurenelemente im Dünndarm aufgenommen. Die Dünndarmepithelien unterliegen massiven Auf- und Abbauprozessen. Zudem werden einige Liter an Flüssigkeit dem Nahrungsbrei hinzugefügt. Nach der Dünndarmpassage besteht der Nahrungsbrei zu einem großen Teil aus abgeschilfferten Epithelien und nicht-resorbierbaren Nahrungsresten (Ballaststoffen), die teilweise im Colon durch die dort vorhandene Bakterienflora weiter zerlegt werden.

Die Blutversorgung erfolgt über die A. mesenterica superior, die den gesamten Dünndarm unter Ausbildung von Arterienbögen (**Arkaden**) versorgt.

Über diese Arkaden bestehen zudem Kurzschlüsse zur A. mesenterica inferior und über die A. pancreaticoduodenalis zum Truncus coeliacus.

6.7 Dickdarm (Colon)

Der Dickdarm bildet den letzten Abschnitt des Verdauungstraktes, er wird in folgende Abschnitte unterteilt :

Blinddarm (**Coecum**) mit dem Wurmfortsatz (**Appendix**)

aufsteigender Dickdarm (**Colon ascendens**)

querer Dickdarm (**Colon transversum**)

absteigender Dickdarm (**Colon descendens**)

S-förmiger Dickdarm (**Sigma**)

Mastdarm (**Rektum**) und After (**Anus**)

Das Colon liegt zum größten Teil intraperitoneal und umrahmt den Bauchraum von re. unten quer über den Oberbauch verlaufend nach li. unten.

Der gesamte Dickdarm ist ca. 1,5 m lang. Er beginnt im re. Unterbauch an der sog. **Ileozökalklappe**, einem Schließmuskel, der einen Übertritt von Dickdarminhalt in das Ileum verhindern soll. Der Darminhalt unterscheidet sich zwischen Dünndarm und Dickdarm ganz erheblich. Dies betrifft insbesondere die bakterielle Besiedlung der verschiedenen Darmabschnitte.

Während der gesamte Dünndarm relativ keimarm ist, wird der Dickdarm von einer Vielzahl von Bakterien besiedelt. Diese können im Dünndarm Entzündungen auslösen. Aus diesem Grunde besteht also offenbar diese relativ strenge Trennung der Darmabschnitte. Die Hauptaufgabe des Dickdarmes ist es, dem Nahrungsbrei Wasser und Salze zu entziehen, damit diese dem Körper nicht verloren gehen. Zudem sorgt die Bakterienflora im Dickdarm für die Aufspaltung von, für den Körper nicht resorbierbaren Ballaststoffen.

Der Ileozökalklappe schließt sich der **Blinddarm** an. Der Blinddarm verläuft entgegen der Hauptrichtung des Darmes nach caudal und endet sackgassenartig (eben „blind“).

Ihm schließt sich der bis zu 10 cm lange und rund 1 cm dicke Wurmfortsatz (**Appendix vermiformis**) an. Seine Funktion wird dem Abwehrsystem zugeordnet, wobei Details bis heute nicht bekannt sind.

Die klassische „Blinddarmentzündung“ ist eigentlich eine Entzündung der Appendix (**Appendicitis**). Also wird auch nicht der Blinddarm entfernt, sondern lediglich der Wurmfortsatz (**Appendektomie**).

Dem Blinddarm folgt das **Colon ascendens**, **Colon transversum** und **Colon descendens**. Dem C. descendens schließt sich das **Sigma** an. Es verläuft im li. Unterbauch wie ein Siphon von vorn nach hinten, um schließlich in das **Rectum** (**Mastdarm**) zu münden. Ihm folgt der **Analkanal**, über den die nun wirklich nicht mehr verwertbaren Reste der Mahlzeit ausgeschieden werden.

Die **Blutversorgung** des Dickdarms erfolgt über die A. mesenterica superior, die A. mesenterica inferior. Ein Teil des Rektums wird über einen Ast der A. iliaca interna versorgt. Der venöse Abfluss wird über die entsprechenden Venen gewährleistet.

Also wird der größte Anteil des Blutes über die V. porta durch die Leber in die V. cava inferior transportiert. Eine Ausnahme macht erneut der distale

Rektumabschnitt. Hier gelangt das Blut über die Vena iliaca interna direkt in die V. cava inferior, ohne durch die Leber zu laufen.

Dies ist aus mehreren Gründen erwähnenswert. Erstens begründet dieser Umstand die Notwendigkeit der Gabe von bestimmten Medikamenten als Zäpfchen (**Suppositorien**), weil die Medikamente hierbei in die Blutbahn gelangen, ohne direkt in der Leber abgebaut zu werden. (Alle Tabletten, Pillen und Säfte werden ja vom restlichen GI-Trakt resorbiert und samt und sonders über die V. porta in die Leber gebracht. Sie werden hier gefiltert und teilweise schon abgebaut, bevor sie überhaupt den eigentlichen Wirkungsort im Körper erreichen. Dieses wird als „**first-pass“-Mechanismus**, bezeichnet. Bei einigen Medikamenten ist dieser Mechanismus so stark, dass nach der Leberpassage kaum noch Wirkstoffe im Blut sind.)

Zweitens bestehen einige Unterschiede bei der Ausbreitung von Krebserkrankungen (**Metastasierung**) des Dickdarmes. Während sich Tochtergeschwülste von Dickdarmtumoren der oberen Abschnitte hauptsächlich auf die Leber konzentrieren, können sich tiefe Rektumtumoren auch schon frühzeitig in den Lungen u.a. Organen festsetzen.

6.8 Leber (Hepar)

6.8.1. Anatomie und Lage

Die Leber wird hier im Zusammenhang mit dem Verdauungssystem besprochen. Sie ist nicht nur die größte Drüse, das größte Einzelorgan, sondern auch eines der wichtigsten Stoffwechsel-, Speicher- und Entgiftungsorgane. Sie ist ca. 2 kg schwer und füllt den re. Oberbauch bis weit unter die Rippenrandgrenze aus. Zudem reicht sie weit, bis in die Milzloge nach links. Ihre craniale Seite (**Facies diaphragmatika**) legt sich der Zwerchfellkuppel an und stellt die rechte Zwerchfellgrenze höher als die linke. Die Unterseite (**Facies visceralis**) schließt sich den Baucheingeweiden an. Hier findet man die Leberpforte, in die die Lebergefäße (**Arteria hepatica propria, Vena porta**) eintreten und aus der der Leberabschnitt des Gallengangs (**Ductus hepaticus**) entspringt.

Die Leber besteht aus vier Leberlappen, die eine sehr unterschiedliche Größe aufweisen. Der rechte Leberlappen ist der bei weitem Größte. Er reicht von der Rippengrenze lateral bis zur Körpermitte. Getrennt durch das **Ligamentum teres**

hepatis, schließt sich nach links der erheblich kleinere linke Leberlappen an. An der Unterseite der Leber erkennt man noch zwei weitere Läppchen. Den **Lobus quadratus** mit dem Gallenblasenbett und den dorsal gelegenen **Lobus caudatus**, der in unmittelbarer Nachbarschaft zur V. cava inferior liegt.

Fast die gesamte Leber liegt intraperitoneal, lediglich ein Teil der Oberseite unter dem Zwerchfell und die Leberpforte bilden eine Ausnahme.

Das Ligamentum teres hepatis ist der verkümmerte Rest der Nabelvene, die in der Schwangerschaft den Körper des Fetus, von der Plazenta kommend und in die V. cava inferior einmündend, mit Sauerstoff versorgt.

Bei Erwachsenen ist sie zu einem Bindegewebsstrang (eben dem Ligamentum teres hepatis) degeneriert.

6.8.2. Blutversorgung der Leber

Die **Blutversorgung** der Leber wird von der **A. hepatica propria** (aus der A. hepatica communis (Truncus coeliacus) und der **Vena porta** gewährleistet. Obwohl das Blut in der V. porta erheblich sauerstoffärmer als das der A. hepatica propria ist, wird die Versorgung mit O₂ zum großen Teil von der V. porta gestellt. Die Vena porta sammelt fast das gesamte Blut des GI - Traktes aus der V. lienalis, Vena mesenterica superior und inferior. Eigentlich ist der Name Vene irreführend, weil ja die Pfortader Blut zur Leber hin transportiert.

Sie teilt sich, noch vor ihrem Eintritt in die Leberpforte, in zwei große Äste zu den Leberlappen auf. Ihre weitere Aufteilung in der Leber reicht bis zur Ausbildung eines eigenen Kapillarsystems innerhalb des Organs, so dass man die Leber als Filter zwischen dem Blut des Verdauungssystems und dem übrigen Kreislauf ansehen kann.

Dies erscheint aus mehreren Gründen sinnvoll. Zunächst können starke Schwankungen des Blutnährstoffgehaltes von der Leber ausgeglichen werden. Dann werden Giftstoffe in der Leber abgebaut, bevor sie in den großen Kreislauf gelangen und Schäden anrichten können.

Das Blut von Pfortader und Leberarterie wird schließlich aus dem gemeinsamen Kapillarnetz gesammelt und über die drei Lebervenen die Vv. hepaticae (dies sind „richtige“ Venen) an die V. cava inferior weitergegeben.

6.8.3. Feinbau der Leber

Die kleinste funktionelle Einheit innerhalb der Leber ist das **Leberläppchen** (**Lobulus hepatis**). In ihm sind die zu und ableitenden Strukturen auf kleinsten Raum vereinigt. Es sind die Äste der Pfortader und der Leberarterie als Zuführung und die Äste der Lebervenen und des Gallenganges als Abflüsse. Die Leberläppchen sind wie ein Zylinder um einen Ast der Lebervenen angeordnet. Betrachtet man den Zylinder im Querschnitt so findet man den Venenast zentral.

Um die Zentralvene herum liegen die Leberzellen (**Hepatozyten**). Sie sind in Reihen parallel angeordnet, die exzentrisch zu Rand des Zylinders hin verlaufen. So entstehen zwischen den Reihen Lücken.

Diese sogenannten **Sinusoid**e führen also ebenfalls zur Zentralvene hin. In ihnen fließt Blut aus den peripher liegenden Ästen der A. hepatica propria und der Vena porta zwischen den Hepatozyten zur Zentralvene hin. Es wird in den Sinusoiden gemischt, Giftstoffen und Nährstoffen werden von den Zellen bei der Passage aufgenommen, Endprodukte wie Aminosäuren, Glucose etc. werden an das Blut abgegeben. Das aufbereitete Blut wird nun in der Zentralvene gesammelt und schließlich an die V. cava inferior abgegeben.

Die Hepatozyten tauschen nicht nur auf der Blutseite Stoffe aus sondern geben an die gegenüberliegende Zellseite Gallenflüssigkeit ab, die ihrerseits nun von den kleinsten Ästen des Gallengangs gesammelt wird und schließlich in das Duodenum gelangt. Unter Ruhebedingungen wird die Galle in der Gallenblase gesammelt und dann in den Darm weitergeleitet, wenn Bedarf besteht; also nach einer Mahlzeit.

Die **Galle** hat die Aufgabe Fette, die mit der Nahrung aufgenommen werden, in kleine Fetttropfchen (ca. 1 – 2 μ m) zu verwandeln, die dann für die Dünndarmschleimhaut resorbierbar werden. Die Fetttropfchen entstehen schon im Magen unter den guten Durchmischungsvorgängen dort. Sie würden im Dünndarm rasch zusammenlaufen und sich zu größeren Fetttropfen verbinden (Ähnlich wie Fettag auf einer Bouillon). Um dies zu verhindern sind die Gallensäuren nötig. Da Fett sich nicht im Wasser auflöst, bedarf es einer Substanz, die sowohl wasserlöslich ist als auch die Fette binden kann. Dies sind die Eigenschaften der Gallensäuren, die sowohl einen sog. hydrophilen (Hydro = Wasser) also wasserlöslichen, als auch einen lipophilen (Lipide = Fette) also fettlöslichen Anteil in

einem Molekül vereinigen. Der lipophile Anteil lagert sich an die Fetttröpfchen an, während der hydrophile Anteil zur Wasserseite weist. Nun kann ein Enzym aus der Bauchspeicheldrüse, die **Lipase**; die Fette angreifen und spalten. Die meisten Fette liegen als **Triglyceride** vor. Das heißt drei Fettsäuren hängen an einem Glycerinmolekül, ähnlich wie die Zinken an einem Kamm. Die Lipase spaltet nun die beiden äußeren Fettsäuren ab. Die beiden Fettsäuremoleküle bilden nun mit Cholesterin und den Gallensäuren eine sogenannte **Mizelle**. Die Fettsäuren und das Cholesterin können nun von der Dünndarmschleimhaut aufgenommen werden. Die Gallensäuren bleiben im Dünndarm, werden in den unteren Abschnitten des Dünndarms dann resorbiert und gelangen so wieder in die Leber.

(⇒ **Enterohepatischer Kreislauf**; d.h. eine Kreislauf der Gallensäure zwischen Darm und Leber. Dies hat den Vorteil, dass der Körper nicht ständig neue Gallensäuren synthetisieren muss. Wenn man so will, eine fast perfekte Form des Recycling.)

Die Fettsäuren werden nun in den Epithelzellen des Körpers wieder zu Triglyceriden zusammengesetzt und über die Lymphbahnen schließlich in die Blutbahn transportiert.

6.8.4. Bilirubin

Die Leber hat bei der Entsorgung von Gift- und Abfallstoffen im Körper eine wichtige Rolle inne. Insbesondere fettlösliche Stoffe werden von ihr über die Galle in den Darm verbracht, um mit dem Stuhl ausgeschieden zu werden. Andere Stoffe werden in der Leber umgebaut, dann über den Blutweg zur Niere transportiert, um über den Urin ausgeschieden zu werden.

Diesen Mechanismus kann man anhand des Bilirubins erläutern.

Bilirubin ist das Endprodukt, welches beim Abbau des in den Erythrozyten gelagerten roten Blutfarbstoffes, des Hämoglobins, anfällt.

Erythrozyten leben ca. 120 Tage und werden primär in der Milz herausgefiltert, wenn ihre Eigenschaften zum effektiven Sauerstofftransport nicht mehr ausreichen. Die Erythrozyten werden dann in der Milz zerstört, die Bruchstücke von Makrophagen aufgenommen und in diesen Zellen in ihre Einzelmoleküle zerlegt. Das Hämoglobin enthält ein Eiweißgerüst (das **Globin**), in

welches ein Eisenmolekül (**Häm**) eingelagert ist. In den Makrophagen wird nun der Eiweißanteil vom Häm getrennt und verdaut. Das Häm selber wird in Bilirubin umgewandelt. Das Bilirubin gelangt nun aus der Milz, über die V. lienalis und die Pfortader in die Leber. Zur Überführung in die Leber, wird das Bilirubin zunächst an ein anderes Eiweißmolekül, das **Albumin** gebunden. Diese Form des Bilirubins kann vom Körper jedoch noch nicht ausgeschieden werden. Es wird in der Leber in eine wasserlösliche Form überführt, die dann mit der Galle in den Darm abgegeben wird. Das Bilirubin gibt dem Stuhl dann seine charakteristische Färbung. Ein kleiner Teil wird aber im Ileum wieder resorbiert um dann über die Niere ausgeschieden zu werden. So erhält auch der Urin seine Gelbfärbung.

Bei einigen Erkrankungen der Leber, insbesondere beim Teil- oder vollständigem Versagen des Organs (z.B. bei Hepatitis, Leberzirrhose oder einem Gallengangverschluss etc.) kommt es zur Gelbsucht (**Ikterus**). Da das Bilirubin nicht mehr ausgeschieden wird, lagert es sich überall im Körpergewebe ab. Der Betroffene entwickelt eine Gelbverfärbung der Haut, die zunächst an der Lederhaut der Augen zu sehen ist.

Bei Neugeborenen kommt es regelmäßig zu einem Ikterus, weil sich das Hämoglobin des Säuglings nach der Geburt in so hohem Maße abgebaut wird, dass die Leber nicht in der Lage ist, das anfallende Bilirubin zu verstoffwechseln. Das fetale Hämoglobin wird hierbei durch das Hämoglobin des Geborenen ersetzt. Dies ist der einzige physiologische Fall eines Ikterus (solange das Bilirubin einen bestimmten Wert im Blut nicht überschreitet).

Sollte dies doch einmal der Fall sein, wird der Säugling regelmäßig unter eine UV-Lampe gelegt. Das ultraviolette Licht vermag das Bilirubin ebenfalls in eine wasserlösliche Form umzuwandeln, die dann wiederum ausgeschieden werden kann.

6.9 Gallenblase (**Vesica fellea**)

Die Gallenblase ist ca. 10 cm lang und liegt im Bereich des Lobus quadratus der Leber, an ihrem Unterrand. Sie ist über den Gallenblasengang (**Ductus cysticus**) mit dem Gallengang (**Ductus choledochus**) verbunden. Ihre Aufgabe besteht in

der Speicherung von Galle, die zwar kontinuierlich von der Leber produziert, aber aufgrund der nicht kontinuierlichen Nahrungsaufnahme, nicht ständig benötigt wird. Da die Gallenblase kein großes Fassungsvermögen besitzt, wird die Galle in ihr konzentriert und zwar um den Faktor 10.

Gelangt Nahrung, insbesondere fettreiche, in das Duodenum, so wird über einen Reflex die Gallenblase zur Kontraktion gebracht, wobei die Galle nun in den Darm befördert wird.

Für die Blutversorgung der Gallenblase kommt die **A. cystica** auf, die aus der **A. hepatica propria** entspringt.

Die klinische Bedeutung der Gallenblase besteht in der Ausbildung von Gallensteinen, die anlage- und ernährungsbedingt während des Konzentrationsvorgangs entstehen können.

Diese Steine können je nach Größe zu Entzündungen der Gallenblase führen oder aber in den Gallengang gelangen und diesen verstopfen. Letzteres führt zu krampfartigen Oberbauchschmerzen (zur **Gallenkolik**), wobei der Gallengang „krampfhaft“ versucht den Stein abzutransportieren. Blockiert der Stein den gemeinsamen Ausführungsgang von Gallengang und Bauchspeicheldrüsengang (dies geschieht häufig direkt vor dem Ausgang in das Duodenum, welcher von einem kleinen Schließmuskel kontrolliert wird) kommt es zum Aufstau des Bauchspeichels und zur Entzündung des Pankreas (Bauchspeicheldrüsenentzündung oder **Pankreatitis**).

Wegen der Steinbildung und der mit ihr einhergehenden Entzündung der Gallenblase werden viele Gallenblasen in jedem Jahr entfernt.

6.10 Bauchspeicheldrüse (Pankreas)

Die Bauchspeicheldrüse ist die zweite große Drüse des Verdauungssystems. Sie liegt querverlaufend im linken Oberbauch sehr weit dorsal und extraperitoneal. Sie ist ca. 20 – 25 cm lang und wiegt etwa 100 g. Man unterscheidet makroskopisch den Pankreaskopf, der sich in das C des Duodenum schmiegt, vom Korpus und dem Schwanz, der in Richtung Milz verläuft. Ihr histologischer Aufbau ähnelt den anderen Speicheldrüsen. Sie ist also eine seröse Drüse. Ihr zentral gelegener Ausführungsgang, der **Ductus pancreaticus** oder **wirsingianus**, durchzieht das gesamte Organ vom Schwanz bis zum Kopf. Hier

vereinigt er sich in den meisten Fällen mit dem Ductus choledochus zu einem gemeinsamen Ausführungsgang, der an der **Papilla vaterii**, mit dem Eintritt in Duodenum endet.

Die Drüse produziert ca. 2 l Bauchspeichel am Tage. Im Bauchspeichel finden sich eine Reihe von Enzymen die für die Nahrungsaufbereitung von entscheidender Bedeutung sind.

Die **α -Amylase** dient der Aufteilung von Kohlenhydraten, die **Lipase** und die **Phospholipase** spalten Fette und die Enzyme **Trypsin**, **Chymotrypsin** und andere dienen der Eiweißzerlegung.

Ähnlich wie beim Pepsin des Magens, welches zunächst auch nur als inaktive Vorstufe (Pepsinogen) produziert wird, stellt auch das Pankreas seine **Proteasen** (d.h. eiweißauflösende Enzyme) zunächst einmal in Vorstufen zur Verfügung. Diese Vorstufen werden erst im Duodenum in die aktiven Enzyme umgewandelt. Damit schützt sich das Organ vor der Selbstverdauung.

Die Bauchspeicheldrüse dient nicht nur der Bereitstellung von Bauchspeichel, der für die Verdauung benötigt wird (Exokrine Funktion). Sie reguliert mit ihren beiden Hormonen **Insulin** und **Glukagon** den Blutzuckerspiegel. Auf diese endokrine Funktion der Drüse wird im Kapitel Endokrinologie eingegangen werden.

Die Verdauungsfunktionen der Bauchspeicheldrüse beziehen sich auf Kohlenhydrate, Eiweiße und Fette (s.o.). Diese Enzyme werden zum größten Teil im Kopf- und Korpusbereich des Pankreas gebildet, während dem Schwanz die endokrine Funktion obliegt.

Die Blutversorgung des Organs erfolgt über die A. lienalis (Korpus und Schwanz) und die A. pancreaticoduodenalis im Kopfbereich.

Kommt es zum Verschluss des Ductus pancreaticus, so staut sich das Sekret in das Organ zurück. Unter diesen Umständen kann es zur Aktivierung des Enzyme kommen, die dann schnell zu einer massiven Entzündung und Gewebeerstörung führen (**Pankreatitis**). Diese Entzündung hat oftmals einen sehr schweren Verlauf und kann zum raschen Tod führen. Speziell wenn die Enzyme die Organgrenzen verlassen und beginnen das umgebende Gewebe aufzulösen. Man beachte die topographische Nähe zu den großen Gefäßen des Oberbauches.

7 Das Urogenitalsystem

Das Urogenitalsystem dient einerseits der Regulierung des Wasser- und Salzhaushaltes des Körpers und andererseits als Entgiftungs- und Fortpflanzungssystem. Zum Urogenitalsystem gehören die Nieren, die Nebennieren, die Harnwege, die Blase und die Geschlechts- und Fortpflanzungsorgane von Mann und Frau.

7.1 Niere (Ren)

7.1.1. Lage, Blutversorgung und Funktion

Die Nieren liegen retroperitoneal im Oberbauch, knapp unterhalb des Zwerchfells rechts und links der Wirbelsäule. Sie sind von einer Fett- und Bindegewebskapsel umgeben. Die Organe selbst sind bohnenförmig und ca. 10 x 5 x 4 cm groß. Sie wiegen je ungefähr 150 g. Diese Angaben schwanken stark in Abhängigkeit von Geschlecht, Körpergröße, Alter und Ernährungszustand und stellen nur annähernde Mittelwerte dar. Am cranialen Pol finden sich die **Nebennieren**, auf die im Kapitel Endokrinologie eingegangen wird.

Die **Aa. renales**, die als paariger Abgang direkt aus der Aorta abdominalis kommen versorgen die Nieren. Der venöse Abfluss erfolgt über die gleichnamigen Venen in die V. cava inferior. Aus dieser Anordnung mit den kurzen Versorgungswegen, mag man schon erahnen, dass die Nieren sehr gut mit Blut versorgt werden. Tatsächlich gehen ca. 20 % des Herzeitvolumens zu den Nieren. Unter Berücksichtigung der Organgröße stellt die Nieren das am besten durchblutete Organ des Körpers dar.

Hieran lässt sich die Wichtigkeit der Organfunktion für den gesamten Körper ermessen.

Die Aufgaben der Niere sind vielfältig. Sie reichen von der Regulierung des Wasser- und Elektrolythaushaltes, über die Blutdruckeinstellung und den Calciumhaushalt bis hin zur Entgiftung des Körpers von Abbauprodukten des Stoffwechsels und anderer Giftstoffe sowie Medikamenten. Desweiteren hat die Niere für den Säure- / Basenhaushalt des Körpers wichtige Anteile inne. Hier werden die im Stoffwechsel entstehenden Säuren (Phosphorsäure, Schwefelsäure, Zitronensäure) und das basische Ammoniak, welches beim Eiweißstoffwechsel anfällt, ausgeschieden.

Viele Funktionen der Niere werden hormongesteuert. Dies betrifft insbesondere den Wasserhaushalt (z.B. **ADH**) oder den Salzhaushalt (**Aldosteron**). Zudem werden in der Niere selbst Hormone gebildet, die Einfluss auf den gesamten Körper nehmen. (**Erythropoetin** – wichtiges Hormon bei der Blutbildung; **Renin** – **Angiotensin** – erhöhen den Blutdruck; **Vitamin D** – wird in der Niere zu seiner aktiven chemischen Form überführt und abgegeben).

Das durch die Nieren fließende Blut wird in ihnen filtriert, Wasser abgepresst, Schadstoffe ausgesondert und aufbereitet wieder in den Kreislauf eingebracht. Die Nieren bereiten am Tag rund 1500 l Blut auf und stellen hieraus etwa 150 l Primärharn her. Diese Menge wird natürlich nicht ausgeschieden. Bis auf 1,5 l Urin / Tag wird der gesamte Rest wieder von der Niere resorbiert und an das Blut zurückgegeben.

7.1.2. Feinbau der Niere

Man unterscheidet bei der Nieren makroskopisch von außen nach innen folgende Anteile :

Nierenrinde

Nierenmark mit Markpyramiden und Markstrahlen

Nierenbecken und den Nierenkelchen

Nierenhilus (Eintrittsstelle der Gefäße und des Harnleiters)

Die Nierenrinde grenzt an das Nierenmark, welches aus 10–12 Pyramiden gebildet wird.

Die kleinste Funktionseinheit der Niere wird als **Nephron** bezeichnet.

Das Nephron besteht aus folgenden drei Anteilen :

Nierenkörperchen oder Glomerulum

Tubulus- oder Röhrensystem

Sammelrohr

Im Glomerulum (Durchmesser ca. 0,5 mm) finden sich rund 50 Kapillarschlingen, die aus einem kleinen Ast der A. renalis stammen. Diese blutzuführenden Gefäß nennt man Vas afferens. Sie bilden in dem kreisförmigen Glomerulum ein Gefäßknäuel aus Kapillaren, deren Gefäßwand besonders gut durchlässig für Stoffe aller Art ist.

Um das Gefäßknäuel herum liegt eine Doppelmembran, die sogenannte Bowmann'sche Kapsel.

Diese Kapsel besitzt zwei Pole. Am oberen Pol tritt das Vas afferens ein und am unteren Pol beginnt das Tubulussystem; der erste Anteil des Harntraktes.

Im **Glomerulum** werden aus den Kapillaren Wasser und andere Stoffe (versch. Salze, Glucose, Eiweißstoffe etc.) filtriert und in den Kapselraum abgegeben (**Primärharn**). Sie werden nun in das Tubulussystem weitergeleitet.

Das **Tubulussystem** besteht aus folgenden Anteilen :

proximaler Tubulus

Henle'sche Schleife (mit ihrem ab- und aufsteigenden Ast)

distaler Tubulus

Überleitungsstück.

Ihm schließt sich das **Sammelrohr** an, in welchem der Urin über die Nierenkelche an das Nierenbecken abgegeben wird.

Das Tubulussystem mit dem Sammelrohr dient der Rückgewinnung von für den Körper wichtigen Substanzen (insbesondere Wasser, Salze, Glucose). Hier werden rund 99 % des Primärharns rückresorbiert.

Welche Stoffe nun aber in welchem Teil des Systems transportiert werden, möchte ich nicht näher ausführen, weil mir diese Details für den Kurs nicht adäquat erscheinen.

Das verbliebene 1 % des Primärharns gelangt nun in die Sammelrohre, über die Nierenkelche zum Nierenbecken (**Pyelon**). Ihm schließt sich der rund 30 cm lange **Harnleiter (Urether)** an, der den Harn mittels einer eigenen Peristaltik in die Harnblase treibt. Die Harnblase ist das eigentliche Speicherorgan für den Harn. Sie kann enorme Mengen an Flüssigkeit aufnehmen, die sie über die Harnröhre (**Urethra**) in die Umwelt entlässt. Die Harnröhre unterscheidet sich bei Mann und Frau hinsichtlich ihrer Länge ganz beträchtlich. Sie ist bei der Frau ca. 5 cm lang, beim Mann hingegen ca. 15 cm. Die erheblich kürzere Strecke bei der Frau erklärt die Tatsache, dass aufsteigende Infektionen des Harntraktes (**Harnröhrentzündung = Urethritis** → **Blasentzündung = Zystitis** → **Nierenbeckenentzündungen = Pyelonephritis**) eher bei ihnen auftreten. Gelangen die Bakterien nun in das Nierengewebe und in die Blutbahn, entwickelt sich die gefürchtete **Urosepsis**.

Die Pyelonephritis (Nierenbeckenentzündung; meist bakteriell bedingt - s.o. -) ist von der **Glomerulonephritis** (Entzündung der Nierenkörperchen) zu unterscheiden. Eine Glomerulonephritis kann zum Beispiel im Anschluss an einen Streptokokkeninfekt auftreten, wenn dieser Infekt vom Körper längst überwunden scheint. Die Glomerulonephritis kann mit dem partiellen oder totalen Ausfall des Organs (**Niereninsuffizienz, Nierenversagen**) enden. Aber auch andere Grunderkrankungen (z. B. Diabetes oder jahrelanger Schmerzmittelmissbrauch) können die Niere bis zum Organversagen mitschädigen.

Nach einem Nierenversagen sammeln sich im Körper rasch die Giftstoffe an, die von der Niere ja eigentlich ausgeschieden werden sollten. Dieses Krankheitsbild wird in ihrem Endstadium als **Urämie** bezeichnet. Erfolgt nun keine rasche maschinelle Entgiftung des Blutes (**Dialyse**), so verstirbt der Patient in kurzer Zeit. Die Dialyse muss mehrmals in der Woche je 4–5 Stunden lang durchgeführt werden, um den Patienten zu entgiften. Die einzige dauerhafte Therapie ist aber die **Nierentransplantation**, d.h. die Einpflanzung einer Spenderniere in den Körper.

7.2 Fortpflanzungssystem

Das Fortpflanzungssystem gliedert sich in die Keimdrüsen des Mannes (Hoden = **Testis**) und der Frau (Eierstock = **Ovar**), sowie in die jeweiligen inneren und äußeren Geschlechtsorgane.

7.2.1. Keimdrüsen und Geschlechtsorgane des Mannes

Die männlichen Keimdrüsen, die Hoden, entwickeln sich aus der gleichen embryonalen Anlage wie die der Frau.

Sie liegen daher bis kurz vor der Geburt intraabdominell, und wandern erst in den letzten Schwangerschaftswochen durch den Leistenkanal in den Hodensack (Skrotum). In ihnen werden die männlichen Hormone, die Androgene (z.B. **Testosteron**) gebildet. Auf die Hormone wird im Kapitel Endokrinologie eingegangen. Im übrigen werden in ihnen die Spermien (**Spermien**) produziert. Sie gelangen nach ihrer Bildung im Hoden in die Nebenhoden (**Epidydimis**), die die Speicherfunktion für die Spermien haben. Den Nebenhoden schließt sich

der **Samenstrang** (**Ductus deferens**) an. Er ist ca. 50 – 70 cm lang und verläuft vom Nebenhoden durch den Leistenkanal in den Bauchraum. Hier verläuft er, nachdem er eine Schlinge um den Urether vollführt hat, an der Rückseite der Harnblase zur **Prostata**. In der Prostata mündet der Ausführungsgang der **Samenbläschen** (**Vesicula seminalis**) in den Samenleiter, der seinerseits wieder mit dem Eintritt in die Harnröhre endet. Kurz nach der Prostata, tritt noch der Gang der **Cowperschen Drüsen** dem Anfangsteil der Urethra hinzu. Die Samenzellen bilden zusammen mit den Sekreten der Samenbläschen und den Cowperschen Drüsen das **Ejakulat**, wobei das Sekret der Samenbläschen den größten Anteil hat. Die Urethra selbst kommt aus der Harnblase und ist ca. 20 – 40 cm lang.

Die Länge weist eine große Schwankungsbreite auf und wird durch ihren Verlauf im Penis bestimmt.

Der Aufbau des Glieds (**Penis**) wird in der Hauptsache durch die drei Schwellkörper, die parallel angeordnet den Schaft bilden, bestimmt. Man unterscheidet die beiden Penisschwellkörper vom Harnröhrenschwellkörper, der an der Penisspitze die Eichel (**Glans**) bildet. Im Inneren des Harnröhrenschwellkörpers verläuft die Urethra. Die Schwellkörper bestehen aus einem dichten Gefäßnetz, welches durch die paarige **A. profunda penis** versorgt wird. Füllen sich die Schwellkörper mit Blut, so kommt es zur **Erektion**. Das **Arteriennetz** füllt sich, wobei die Venen in den Schwellkörpern durch den Arteriendruck komprimiert werden, so dass das Blut nicht mehr abfließen kann. Eine Ausnahme bildet der Harnröhrenschwellkörper, der mehr Venen als Arterien besitzt, damit die Urethra offen bleibt, um das Ejakulat passieren zu lassen.

Neben den Arterien der Schwellkörper gibt es noch die an der dorsalen Oberfläche verlaufende **A. dorsalis penis**. Alle Arterien kommen aus der inneren Beckenarterie, die **A. iliaca interna**. Der venöse Abfluss erfolgt über die **Vena iliaca interna** in die **Vena cava inferior**.

Die Hoden werden von der **A. testicularis** versorgt. Sie entspringt als direkter Ast aus der **Aorta abdominalis**.

Während die arterielle Versorgung weitgehend symmetrisch ist, gibt es beim venösen Abfluss über die Venen zwischen den beiden Hoden Unterschiede. So mündet die li. **V. testicularis** in die **V. renalis sinistra**, während die rechte das Blut direkt in die **V. cava inferior** abgibt.

7.2.2. Keimdrüsen und Geschlechtsorgane der Frau

Während die Keimdrüsen des Mannes im Laufe der Entwicklung sich aus dem Bauchraum in das Skrotum verlagern, verbleiben die Eierstöcke (**Ovarien**) im Bauchraum. Ähnlich den Hoden, werden in den Ovarien Hormone produziert. (→ Endokrinologie). Es reifen auch die Eizellen in den Ovarien heran.

Während im Hoden zig. Milliarden von Spermazellen entstehen, befinden sich in den Ovarien nach der Geburt „nur“ rund 400.000 **Primärfollikel**, aus denen sich die befruchtungsfähigen Eizellen entwickeln können. Auffallend ist auch, dass die Spermazellen die kleinsten und die Eizellen die größten Zellen des Körpers sind. Im übrigen unterscheiden sich diese Zellarten auch noch dadurch, dass sie nur über den halben **Chromosomensatz (23)** verfügen. Die nach der Befruchtung entstandene Zelle enthält dann wieder einen kompletten Satz, der sich aus der Addition der beiden halben Sätze von Samen- und Eizelle ergibt.

Das Ovar ist ca. 3 x 2 x 2 cm groß und wiegt um die 10 g. Sie liegen an beiden Seiten der Gebärmutter (Uterus) an. Die Lage ist intraperitoneal, wobei sich das Peritoneum faltenartig um das Ovar und den **Eileiter (Tube)** legt. Die Tuben greifen, vom Uterus kommend, um das Ovar herum. Eine direkt Verbindung von Tube und Ovar besteht nicht. Die Funktion der Tuben entsprechen in etwa der des Samenleiters beim Mann. Sie sind ca. 10 – 15 cm lang.

In ihnen wird die Eizelle nach dem Verlassen des Ovars zum Uterus transportiert, wobei die Befruchtung während der Tubenpassage der Eizellen vonstatten geht. Um die Eizelle aufzufangen, sind die Tuben an ihren Enden trichterartig aufgeweitet. Das Ei wird durch mehrere Mechanismen zum Uterus transportiert. Zum einen ist das Tubeninnere mit einem Flimmerepithel und schleimproduzierenden Drüsenzellen ausgestattet. Es entsteht in der Tube durch die Flimmerbewegung des Epithels ein Flüssigkeitsstrom, in dem das Ei zum Uterus mit schwimmt. Zum anderen sind die Tuben mit einer Muskelschicht ausgestattet, die das Ei peristaltisch zum Uterus treibt. Die Passage dauert in etwa 4 – 5 Tage, wobei die Befruchtung im weiteren oberen Abschnitt der Tube erfolgt.

Die Blutversorgung der Ovarien erfolgt einerseits über die **A. ovarica**, die ähnlich der **A. testicularis** direkt aus der Aorta kommt. Hinzu kommt ein Ast (**Ramus ovaricus**) der Gebärmutterarterie (**A. uterina**), die ihrerseits aus der **A. iliaca interna** entspringt.

Verbleibt die befruchtete Eizelle jedoch in der Tube (etwa durch Verwachsungen oder durch andere Passagehindernisse), kann sie sich in der Tubenschleimhaut einnisten. (**Eileiterschwangerschaft**, **Tubargravidität**). Da die Tuben natürlich nicht die, durch das Wachstum der befruchteten Eizelle erforderliche Elastizität aufweisen, kommt es zur meist nach einigen Schwangerschaftswochen zur Zerreißung (**Ruptur**) des Eileiters. Dies führt zu einem massiven, lebensgefährlichen Blutverlust in die Bauchhöhle hinein, insbesondere wegen der guten Blutversorgung der Tuben und den parallel verlaufenden Gefäßen (*Ramus tubarius* und *Ramus ovaricus* der *A. uterina*), die auch das Ovar versorgen. Zu unterscheiden von der Eileiterschwangerschaft ist die Bauchhöhlenschwangerschaft, bei der Befruchtung noch vor dem Eintritt der Eizelle in die Tube erfolgt. Hierbei nistet sich dann die Eizelle in das Bauchfell (*Peritoneum*) ein. Hier sind aber auch die Voraussetzungen zum Austragen der Schwangerschaft denkbar schlecht, so dass der Embryo alsbald absterben kann. Jedoch ist eine erfolgreiche Schwangerschaft möglich, wenn das Kind ab der 36 Woche per Kaiserschnitt geholt wird.

Die Gebärmutter (**Uterus**) dient als Ort der Entwicklung der Eizelle zum Kind. Sie ist daher großen Schwankungen bezüglich ihrer Größe und ihres Gewichts unterworfen. Außerhalb der Schwangerschaft ist der Uterus ca. 6 – 8 cm lang und wiegt etwa 100 g. Zum Ende der Schwangerschaft erreicht er ein Gewicht von über einem Kilogramm. Er liegt als etwa birnenförmiges Organ im kleinen Becken, wobei der sich verjüngende Anteil zur Vagina nach caudal weist. Dieser wird als *Isthmus uteri* bezeichnet. Er verjüngt sich zum Gebärmutterhals (**Cervix uteri**), der sich mit dem Muttermund (**Portio**) in den oberen Scheidenanteil vorstülpt. Dem Isthmus schließt sich cranial der *Corpus uteri* an. An den Ansatzstellen der Tuben findet sich der *Fundus uteri*. Der Uterus ist mit mehreren starken Bändern am kleinen Becken fixiert, um das enorme Gewicht des Fetus zum Ende der Schwangerschaft hin bewältigen zu können.

Die Wandschichten des Uterus setzen sich aus folgenden Anteilen zusammen: (von außen nach innen)

Muskelschicht (**Myometrium**) besteht aus einer rund zentimeterdicken glatten Muskulatur und ist von einer starken Bindegewebsschicht, dem **Parametrium** umgeben.

Schleimhaut (Endometrium)

Die Muskulatur ist im Fundus- und Corpusbereich am stärksten ausgeprägt. Zum Isthmus und Cervixanteil hin ist sie weniger entwickelt. Hier findet sich ein hoher Bindegewebsanteil, da sich dieser Bereich unter der Geburt sehr weit ausdehnen muss, um das Kind passieren zu lassen.

Die innere Schleimhaut (Endometrium) unterliegt in ihrem Aufbau stark dem hormonellen Zyklus. Sie wird im Rahmen der Menstruation fast vollständig abgestoßen um anschließend wieder aufgebaut zu werden. Sie erreicht ihr Maximum zum Zeitpunkt des Eisprungs, um der Eizelle die besten Voraussetzungen zum Einnisten zu schaffen.

Die Blutversorgung des Uterus erfolgt über die starke **A. uterina**, die aus der **A. iliaca interna** entspringt. Der venöse Abfluss geht dementsprechend über die **V. iliaca interna** vonstatten.

Die **A. uterina** ist über einen Ast (**Ramus ovarica**) mit der **A. ovarica** verbunden, so dass hier eine doppelte Absicherung der Blutversorgung, besonders im Hinblick auf die hohen Anforderungen während der Schwangerschaft, besteht.

Die Scheide (**Vagina**) ist ein ca. 10 cm langer Kanal der vom Muttermund bis zur Vulva verläuft. Sie zeichnet sich durch ihre enorme Flexibilität und Elastizität aus. Auch dies ist durch die enormen Ansprüche, die die Kindspassage unter der Geburt stellt, begründet. Die Querschnittsform passt sich den umgebenden Organen an. An der cranialen Fläche verläuft die Harnröhre, während sich an der Hinterwand das Rektum anlagert. Um den Muttermund herum ist das Scheidengewölbe relativ weit und verjüngt sich im Verlauf zur Vulva.

Die Schleimhaut unterscheidet sich stark von der des Uterus. Es ist durch seinen hohen Anteil von Drüsenzellen charakterisiert. Es besteht aus einem mehrschichtigen unverhorntem Plattenepithel um den mechanischen Belastungen unter der Geburt und dem Geschlechtsverkehr gerecht zu werden. Zur Körperoberfläche hin schließt sich die Vulva an. Unter dem Begriff Vulva versteht man die äußerlich sichtbaren weiblichen Genitalorgane. Hierzu zählen die großen und die kleinen Schamlippen (**Labia majora und Labia minora**), der Kitzler (**Klitoris**) und der Scheidenvorhof.

7.2.3. Befruchtung und Schwangerschaft

Spermien und Eizellen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Bildung von allen anderen Körperzellen.

Sie haben, wie schon oben erwähnt, nur den halben Chromosomensatz und sind alleine nicht mehr teilungsfähig.

Ihre Aufgabe ist es, sich mit der jeweils anderen Fortpflanzungszelle zu vereinigen. So entsteht dann wieder eine teilungsfähige Zelle, aus der sich dann ein Mensch entwickelt. Nach der Vereinigung von einem Spermium mit der Eizelle in der Tube wandert diese in den Uterus und nistet sich am 10. Tag in das Endometrium ein. In dieser Zeit werden von ihr große Mengen von β -HCG gebildet, die die menstruelle Abstoßung des Endometriums verhindern. Die Zelle bildet nun die sog. **Blastozyste** aus. Diese besteht aus zwei Anteilen, aus den sich im weiteren Verlauf der Embryo und die Fruchthöhle mit der **Plazenta** bildet. Nun entwickeln sich im Embryo die drei Hauptgewebetypen, aus denen sich später sämtliche Organe und Gewebe differenzieren. In den ersten drei Monaten bezeichnet man die Leibesfrucht als **Embryo**. Anschließend wird sie als **Fetus** bezeichnet. In den ersten drei Monaten entwickeln sich grundsätzlich die Organanlagen während in der **Fetalphase** sich die Ausdifferenzierung der einzelnen Organe abspielt. Die Austragungszeit beträgt beim Menschen rund neun Monate (\rightarrow 281 Tage nach der letzten Menstruation oder 267 Tage nach der Empfängnis). Nach vier Wochen erkennt man beim Embryo die Extremitätenanlagen. Der Kopf bildet sich ebenfalls aus. Nach zwölf Wochen macht er ca. die Hälfte des gesamten Embryokörpers aus. Zudem ist ab dieser Zeit eine Geschlechtsbestimmung des Fetus möglich.

Am Ende der Schwangerschaft ist der Fetus ca. 50 cm lang und wiegt im Schnitt 3.500 g.

Diese Angaben unterliegen aber auch einer großen Schwankungsbreite, wie jeder wohl aus seinem Erfahrungsbereich berichten kann.

Ernährt und mit Sauerstoff versorgt wird der Fetus über die Plazenta, die den Körperkreislauf der Mutter und des Kindes trennt. Im Kapillarnetz der Plazenta kommen die Blutgefäße von Mutter und Kind aber so in Kontakt, dass ein Stoffaustausch stattfinden kann. Das in der Plazenta angereicherte Blut wird in der Nabelvene (**Vena umbilicalis**) gesammelt und zur Vena cava inferior des Fetus

gebracht. Es fließt also hier sauerstoffreiches und nährstoffreiches Blut. Zur Plazenta wird das verbrauchte Blut über die beiden Nabelschnurarterien transportiert. (Zur Umstellung des Kreislaufs nach der Geburt s. Kapitel Kreislauf)

Unter hormoneller Steuerung läuft nun der eigentliche Geburtsvorgang ab, bei dem der Fetus mit dem Kopf voran durch den sog. Geburtskanal (Cervix, Vagina) tritt, wobei dem Hormon **Oxytocin** die (im wahrsten Sinne des Wortes) treibende Rolle zukommt. Unter seinem Einfluss kontrahiert sich die Uterusmuskulatur und treibt den Fetus aus. Zudem haben andere Hormone (Progesteron) bereits dafür gesorgt, dass das Bindegewebe des Geburtskanals und auch der Symphyse so flexibel geworden ist, den Fetus passieren lassen zu können. Nach der Geburt des Fetus wird anschließend die Plazenta ausgetrieben.

Der Uterus bildet sich im Laufe der nächsten Wochen wieder zurück. In der Stillzeit wird durch das Stillen die Produktion von Oxytocin und **Prolaktin** gefördert. Solange der Blutspiegel dieser beiden Hormone hoch ist wird der Menstruationszyklus unterdrückt, so dass die Stillende nicht erneut schwanger werden kann.

Tritt der Geburtsvorgang schon vor dem Ablauf der 9 Monate auf (28. – 38 Schwangerschaftswoche), so spricht man von einer **Frühgeburt**. Diese tritt teilweise auf, wenn der Fetus noch deutlich weniger als 1000 g wiegt. Diese Frühgeborenen können heutzutage in sog. Brutkästen weiterversorgt werden bis sie die Stabilität eines normalen Säuglings erreicht haben.

Die Überlebenschancen sind in den letzten Jahren erheblich besser geworden. So können Kinder, die nur 500 g wiegen, durchgebracht werden, wobei aber die Chancen mit dem Gewicht umgekehrt korrelieren.

Wird ein Fetus oder Embryo totgeboren oder vor der 28. Woche lebend, spricht man von einer **Fehlgeburt (Abort)**.

Unabhängig davon erreicht ein Fetus erst mit einem Gewicht von mind. 1000 g den rechtlichen Status einer Person (Totgeburt). Eine Totgeburt wird also standesamtlich beurkundet (Todesschein).

Liegt das Gewicht des Feten unter 1000 g, so gilt er als Fehlgeburt.

Fehlgeburten sind, insbesondere in den ersten 12 Wochen sehr häufig. So rechnet man, dass jede zweite Schwangerschaft mit einer Fehlgeburt endet. Geschieht dies zu einem frühen Zeitpunkt der Schwangerschaft, kann die Fehlgeburt unbemerkt bleiben und als verstärkte Regelblutung fehlinterpretiert werden.

7.2.4. Hormoneller Zyklus der Frau

In der Pubertät kommt es beim Mädchen zur ersten Regelblutung (**Menarche**). In den folgenden Monaten und Jahren spielt sich dann der hormonelle Zyklus ein, so dass es im weiteren Verlauf des Lebens zu einem mehr oder weniger regelmäßigen Zyklusablauf kommt. Diese Zyklen wiederholen sich bis zum Eintritt in die Wechseljahre, in deren Verlauf die Regelblutungen (**Menstruationen**) immer seltener werden, um dann ganz aufzuhören (**Menopause**).

Am Ablauf des Zyklus sind mehrere Hormone beteiligt. Ihr Erscheinen im und Verschwinden aus dem Blut bestimmt die Reaktionen der Beteiligten Gewebe und Organe.

Die Hormone werden im Ovar und der Hirnanhangsdrüse, der **Hypophyse** gebildet. Die Hypophyse produziert zu Beginn des Zyklus das Follikelstimulierende Hormon (**FSH**), unter dessen Einfluss sich im Ovar einige sog. Tertiärfollikel aus den dort vorhandenen Primärfollikeln (s.o.) entwickeln. Von diesen Follikeln wird nun **Östrogen** in hohem Maße gebildet. Dies führt zu einem sprunghaften Freiwerden von FSH und LH (Gelbkörperhormon) aus der Hypophyse. Der plötzliche Anstieg dieser Hormone löst den Eisprung (Ovulation) aus. Nach dem Eisprung fällt der Östrogenspiegel im Blut wieder ab (und damit die Produktion von FSH und LH).

Das freigewordene Follikel (**Gelbkörper oder Corpus luteum**) produziert nun selbst ein anderes Hormon, das **Progesteron**.

Das Endometrium des Uterus wird unter dem Östrogeneinfluss zunächst aufgebaut. Das Progesteron nun schützt die Schleimhaut vor dem Untergang. Der Gelbkörper wandert nun in der Tube zum Uterus. Unterbleibt die Befruchtung, stirbt er bald ab. Dies hat einen Abfall des Progesteronspiegels zu Folge; das Endometrium geht unter und wird als Regelblutung abgestoßen. Kommt es zur Befruchtung, werden von der befruchteten Zelle das β -HCG abgegeben, welches den Untergang des Endometriums verhindert, und in den gebräuchlichen Schwangerschaftstests als Parameter für den Nachweis einer Schwangerschaft dient.

8 Das endokrine System

Das endokrine System (oder hormonelle System) dient in erster Linie der Informationsübermittlung. Man kann die verschiedenen Hormone des Körpers als Botenstoffe ansehen, die von verschiedenen Organen des Körpers abgegeben werden um an anderer Stelle im Körper eine Reaktion auszulösen. Ich werde nun im Folgenden einige Drüsen mit ihren Hormonen und deren Wirkungsweise eingehen; ohne allerdings zu sehr in Details zu gehen.

8.1 Hypothalamus und Hypophyse

Diese im Gehirn angelegten Organe zeigen eindrucksvoll, dass das endokrine System eng mit dem Nervensystem zusammenarbeitet. So werden Nervenimpulse hier so verwertet, dass bestimmte Hormone auf diesen Reiz hin ausgeschüttet werden; oder auch die Ausschüttung von Hormonen auf einen bestimmten Impuls hin eingestellt wird. So werden bestimmte Messwerte aus dem Körper an diese übergeordneten endokrinen Drüsen weitergegeben, die daraufhin entsprechend reagieren. Man unterscheidet grundsätzlich zwei Arten von Hormonen, die aus Hypothalamus und Hypophyse abgegeben werden → „Releasing“ Hormone und „Inhibiting“ Hormone. Releasing Hormone bewirken die Freisetzung von anderen Hormonen in untergeordneten Drüsen (z.B. Schilddrüse, Nebenniere etc.). Inhibiting Hormone bewirken genau das Gegenteil.

Folgende Hormone werden u.a. abgegeben :

Hypothalamus

CRH (Corticotropin releasing hormon) : Bewirkt die Freisetzung von ACTH aus der Hypophyse

GnRH : Bewirkt die Freisetzung von FSH und LH aus der Hypophyse

TRH : Bewirkt die Freisetzung von TSH aus der Hypophyse

Hypophyse

ACTH (adrenocorticotropic hormon) fördert die Cortisonproduktion in der Nebennierenrinde

FSH und **LH** (s.o.)

TSH (Thyroidea stimulating hormon) bewirkt eine Steigerung der Produktion und Freisetzung von Schilddrüsenhormonen (T_3 , T_4)

ADH (Antidiuretisches Hormon) fördert die Resorption von Wasser im Tubulussystem der Niere. Die Ausschüttung dieses Hormons wird z.B. durch Alkohol,

Koffein und Nikotin gehemmt, was den vermehrten Harndrang nach der Zuführung dieser Substanzen erklärt.

Wachstumshormon, welches das Körperwachstum entscheidend steuert.

8.2 Nebenniere

Die beiden Nebennieren liegen an den cranialen Pole der Nieren. Sie sind als eigenständige Organe aufzufassen, die nicht s mit dem Ausscheidungsorgan Niere zu tun haben. Die Blutversorgung erfolgt über drei Arterien.

A. suprarenalis superior aus der A. phrenica inferior

A. suprarenalis media aus der Aorta

A. suprarenalis inferior aus der A. renalis

Das mit den Hormonen beladene Blut fließt li. In die V. renalis sinistra und re. direkt in die V. cava inferior.

Die Nebennieren produzieren in der Rinde und in ihrem Mark folgende Hormone

RINDE :

Cortison, welches eine Reihe von wichtigen Reaktionen auslöst. Es wirkt **katabol**; d.h. es führt zu einem Muskelabbau. Der **Blutzuckerspiegel** steigt unter Cortisoneinfluss. Auf das Immunsystem hat Cortison eine hemmende Wirkung. Diese Wirkungsweise macht man sich beim Einsatz als Entzündungshemmer (z.B. bei rheumatischen Erkrankungen) und als Antiallergikum zunutze.

Aldosteron fördert die **Rückresorption** von **Natrium** im Tubullsystem in der Niere.

MARK :

Adrenalin und **Noradrenalin** werden als **Stresshormone** bezeichnet, die in einer Stresssituation (eigentlich einer Fluchtsituation) den Körper in die Lage der bestmöglichen Reaktions- und Bewegungsfähigkeit versetzen sollen. Hierzu steigern sie die Herzfrequenz, die Muskeldurchblutung sowie den Blutzuckerspiegel durch (Glykogenabbau in die Leber und die Hemmung von Insulin) und erweitern die Bronchien. Daneben wird die Hautdurchblutung vermindert und die Schweißproduktion gesteigert. (→ Kalte, feuchte Hände im Prüfungsstress !!!)

8.3 Bauchspeicheldrüse (Pankreas)

Die Bauchspeicheldrüse produziert mit ihrem endokrinen Anteil, der sich hauptsächlich im Schwanzbereich befindet, folgende Hormone :

Insulin, welches in der Hauptsache den Blutzuckerspiegel senkt. Die meisten Zellen und Organe im Körper benötigen das Insulin um Glucose aufnehmen zu können. (Ausnahme ist die Leber !). Mangel an Insulin führt zum **Diabetes mellitus**, der Blutzuckerkrankheit.

Glukagon ist der Gegenspieler des Insulin. Seine Wirkung ist die Erhöhung des Blutzuckerspiegels.

Zu erwähnen ist, dass es prinzipiell zwei Formen der Blutzuckerkrankheit gibt. Typ 1-Diabetes tritt im Kindes und Jugendalter auf. Die genauen Mechanismen der Erkrankung sind bis heute noch nicht vollständig geklärt.

Es werden aber genetische Ursachen im Zusammenspiel mit anderen Faktoren (z.B. abgelaufene Infektionen und überschießende Immunreaktionen) für die Entstehung der Krankheit verantwortlich gemacht. Es kommt bei diesem Typ zu einem Untergang der Zellen in den Langerhans'schen Inseln des Pankreas. Dies führt zu einem absoluten Insulinmangel, d.h. dass sich die Patienten Insulin spritzen müssen. Die Typ 1-Patienten sind im Gegensatz zu den Typ 2-Patienten eher untergewichtig. (Insulin ist ein Anabolikum).

Der Typ 2-Diabetes wird auch als Alterszucker bezeichnet. Er tritt typischerweise im höheren Lebensalter auf, wobei er nicht so plötzlich beginnt wie der Typ 1. Es kommt hierbei zu einer Unterversorgung des Körpers mit Insulin, weil die Bauchspeicheldrüse nicht in der Lage ist, für die oft übergewichtigen Patienten die nötigen Insulinmengen zur Verfügung zu stellen. So kann bei diesem Typ das Insulinspritzen z.B. durch Diät und Tablettengabe oftmals lange Jahre herausgezögert werden.

Die Auswirkungen des ständig hohen Blutzuckerspiegels betreffen fast alle Organe des Körpers. Die Komplikationen, die entstehen können sind u.a. :

- Erblindung, durch Veränderungen im Bereich der Netzhaut
- Herabgesetzte Immunlage mit erhöhter Infektionsneigung
- Durchblutungsstörungen durch Veränderungen an den Kapillaren
- Niereninsuffizienz
- Ausbildung von Unterschenkelgeschwüren (diab. Gangrän)
- Störungen der Nervenfunktionen (Sensibilitätsstörungen und Missempfindungen)

8.4 Schilddrüse

Die Schilddrüse liegt ventral der Trachea im unteren, vorderen Halsbereich. Man

unterscheidet einen linken und einen rechten Lappen, die fast symmetrisch der Trachea li. und re. anliegen. Verbunden sind die beiden Lappen über den Isthmus, welcher quer über der Trachea liegt. Die außerordentlich gute Durchblutung der Schilddrüse erfolgt die A. thyroidea superior, die aus der A. carotis externa kommt und über die A. thyroidea inferior, die aus dem Truncus thyrocervicalis (\leftarrow A. subclavia) entspringt.

Die Schilddrüsenhormone Thyroxin (T_3 und T_4) haben großen Einfluss auf viele Organe im Körper. Sie werden in der Schilddrüse aus einem Protein dem Thyreoglobulin und drei (T_3) bzw. vier (T_4) Jodatomen gebildet.

Thyroxin, insbesondere T_3 (die eigentlich aktive Form) hat eine beschleunigende Wirkung auf den gesamten Stoffwechsel. Die Auswirkungen lassen sich am besten mit der Beschreibung der Unterfunktion und Überfunktion der Schilddrüse darlegen. Eine **Unterfunktion**, also ein Mangel an Thyroxin, führt bei einem Erwachsenen zu Verlangsamung der Körperfunktionen. Die Patienten sind müde und schlapp, sie leiden an trockener, rissiger Haut und sind kälteempfindlich. Zudem tritt fast regelmäßig ein Übergewicht auf. Kommt es zu einem Jodmangel (und damit zu einer Schilddrüsenunterfunktion) in der Schwangerschaft und frühen Kindheit, so ist die Entwicklung des Gehirns maßgeblich behindert. Es kommt zum Krankheitsbild des **Kretinismus** mit Intelligenzmindering und schlechter allgemeiner Entwicklung des Kindes.

Die **Überfunktion** äußert sich mit beschleunigtem Herzschlag, dem Auftreten von Herzrhythmusstörungen, Durchfällen, Nervosität, Konzentrationsstörungen, Zittern der Hände. Zudem sind die Patienten meist schlank obwohl sie wegen des Heißhungers, den sie oftmals verspüren, große Mengen essen.

In **Jodmangelgebieten**, wie Deutschland, kommen Funktionsstörungen der Schilddrüse relativ häufig vor. Sie treten um so häufiger dort auf, wo die Entfernung zum Meer am größten ist. Bei einem Jodmangel versucht die Schilddrüse durch Gewebewachstum mehr und effektiver Jod abzufangen und in das Hormon zu integrieren. Auf diese Art und Weise kann es zu gewaltigen Organvergrößerungen kommen. Diese bezeichnet man als **Kropf** oder **Struma**. Diese Kröpfe findet man besonders häufig und stark ausgeprägt im Süden unseres Landes, sowie in allen Alpenländern.

9 Das lymphatische System

Das lymphatische System ist der zentrale Anteil unseres Immunsystems und damit der körpereigenen Abwehr. Anhand der Entwicklungsgeschichte unterscheidet man primäre und sekundäre lymphatische Organe. In den primären Organen (Knochenmark und Thymus) werden die Abwehrzellen gebildet bzw. ausgebildet, d.h. sie erfahren in diesen Organen eine Reifung, die es ihnen ermöglicht ihre spezifische Abwehrfunktionen zu übernehmen. Hier werden sie zum einen gegen ein bestimmtes Antigen (z.B. Oberflächenstrukturen von Viren und Bakterien oder auch Tumorzellen) geprägt und zum anderen erfahren sie die notwendige Toleranz gegen körpereigenes Gewebe und Zellen. Letzthin genanntes ist von enormer Bedeutung, damit es nicht zur Zerstörung von Körperzellen durch das eigene Immunsystem kommt. Leider gibt es aber Erkrankungen bei denen genau dies passiert. (→ sog. **Autoimmunerkrankungen**, wie z.B. Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises, die schwer therapierbar sind.)

Das Immunsystem unterscheidet also primär zwischen körpereigenen und körperfremden Substanzen oder Strukturen, wobei es stets bemüht ist körperfremdes Material zu bekämpfen. Stoffe, die das Immunsystem zu identifizieren versucht werden als **Antigene** bezeichnet (näheres s. Kapitel Immunsystem).

Die zellulären Träger der Abwehr sind die weißen Blutkörperchen, die **Leukozyten**. Sie werden im Knochenmark aus uniformen Stammzellen gebildet, differenzieren sich hier und verlassen das Knochenmark nachdem sie einen bestimmten Reifungsgrad erreicht haben. Man unterscheidet grundsätzlich zwei Formen der Leukozyten : Die **Makrophagen** oder „Fresszellen“, die zum unspezifischen Abwehrsystem gehören und die **Lymphozyten**, die zur spezifischen Abwehr zählen (näheres s. Kapitel Immunsystem).

9.1 Knochenmark

Auf die Anatomie des Knochenmarks möchte ich nicht weiter eingehen, da es hier keine besonderen anatomischen Strukturen zu differenzieren gibt. Es gehört seinem Aufbau nach zu den retikulären Bindegeweben und findet sich in den spongiösen Anteilen fast aller Knochen. In ihm werden alle drei Zellreihen der Blutzellen gebildet. In der Entwicklung vom Kind zum Erwachsenen reduziert sich der Anteil des blutbildenden „roten“ Knochenmarks auf einige, wenige Knochen. Das restliche Knochenmark wird zunehmend durch Fetteinlagerung zum „gelben“ Knochenmark umgebaut.

9.2 Thymus

Der **Thymus** (**Bries**) ist das zweite primäre lymphatische Organ. Er liegt im Mediastinum vor der Herzbasis und macht wie das Knochenmark eine altersbedingte Umwandlung (**Involution**) durch. Beim Kind ist er noch sehr groß und enthält viele Inseln aus **Thymusmark** und **Thymusrinde**, in denen die Prägung der T-Lymphozyten stattfindet. Das ganze Organ besteht aus zwei Lappen, die von einer dünnen Bindegewebsschicht umgeben sind. Seine Form und seine Blutversorgung sind außerordentlich variabel. Unter der Bindegewebskapsel finden sich dann, umgeben von Fettgewebe, die schon oben erwähnten Reifungszonen.

Da der Thymus reich an T-Lymphozyten ist, spielt er bei der Bekämpfung von Virusinfektionen und von Tumorzellen eine zentrale Rolle. Der im Alter häufigere Ausbruch von Krebserkrankungen wird von einigen Gelehrten auf die Thymusinvolution zurückgeführt.

9.3 Lymphbahnen und Lymphknoten

Lymphbahnen und **Lymphknoten** sind die wichtigsten sekundären Organe des lymphatischen Systems. Sie durchziehen den gesamten Körper, ähnlich den Blutgefäßen. Die Lymphgefäße beginnen als schmale Spalten, die zwischen den Zellen des umgebenden Gewebes beginnen und schließen sich im weiteren Verlauf zu Lymphbahnen zusammen. An der Mündungsstelle von verschiedenen Lymphbahnen liegen dann die Lymphknoten.

Der Körper sammelt die Lymphe in der **Cysterna chyli** (Beine, Becken, Magen-Darm-Trakt) und leitet sie über den Ductus thoracicus zum linken Venenwinkel (Zusammenfluss von V. subclavia sinistra und V. jugularis interna sin.). Hier fließt die Lymphe dann in die Vene, also in den Blutkreislauf. Lymphbahnen der oberen Extremitäten, des Kopfes und Halses verbinden sich direkt mit den entsprechenden Venen.

Über die Lymphe wird Wasser aus dem Gewebe filtriert und abtransportiert. In den Lymphknoten wird die Lymphe erneut gefiltert, von Bakterien und ähnlichen befreit und weitergeleitet. In den Lymphknoten finden sich viele Lymphozyten beider Reihen, die hier Erreger bekämpfen bevor diese den gesamten Körper befallen können. Lymphknoten finden sich in allen Regionen des Körpers.

(z. B. Rachen- und Gaumenmandeln, Darmschleimhaut, Leisten und Achseln, Hals, entlang der großen Gefäße, Hilus von Lunge, Leber, Milz und anderen Organen). Sie sind bei Entzündungen des betroffenen Gebietes mitbetroffen. Sie spielen aber auch bei der Ausbreitung vieler Krebsarten eine entscheidende Rolle. Carcinome metastasieren bevorzugt über die Lymphbahnen, so dass diese frühzeitig mitbetroffen sein können. Der Befall der Lymphknoten ist ein wichtiges Kriterium, wenn man eine Aussage über die Prognose einer Krebserkrankung machen möchte.

9.4 Milz (Lien, Splen)

Der Milz (Splén, Lien) kommt eine wichtige Rolle zu. Das Organ liegt intraperitoneal im li. Oberbauch, hinter dem Rippenbogens. Sie ist ca. 4 cm dick, 7 cm breit und 11 cm lang („4711-Organ“). Die Blutversorgung erfolgt über die A. lienalis aus dem Truncus coeliacus. Die V. lienalis sammelt das Milzblut und endet als ein zuführender Ast der V. porta. Der Milz kommt die Aufgabe zu alte und funktionsuntüchtige Erythrozyten aus dem Blut herauszufiltern. Gleichzeitig übernimmt die Milz die Funktion eines großen Lymphknoten, wobei hier nicht Lymphe, sondern das Blut selber von den Lymphozyten und stationären Monozyten überwacht wird.

Zudem liegen in der Milz viele (rund ein Drittel aller) T-Lymphozyten aber auch B-Lymphozyten in Follikeln und Strängen bereit. Das Blut, welches über die Milzarterie, in das Organ gelangt wird in der Milz nicht über ein Kapillarbett wieder gesammelt. Die Arterienäste enden praktisch frei in der sog. Pulpa der Milz. Die roten Blutkörperchen werden, zwischen den Pulpazellen hindurch, zu den Milzsinusoiden gepresst, wobei nur die qualitativ guten dieser Belastung gerecht werden. Alte Erythrozyten werden bei diesem Vorgang zerstört und nur ihre Fragmente erreichen die Sammelbecken (Milzsinus). In ihnen werden die Trümmer von Makrophagen aufgenommen.

Wird die Milz z.B. durch einen Unfall verletzt, kann es zu schwer beherrschbaren Blutungen kommen. Da ihre Binnenstruktur sehr locker ist und auch die relativ dünne Kapsel keine großen mechanischen Belastungen (z.B. eine Naht) aushält, muss sie oftmals nach einer Verletzung entfernt werden. Man versucht nach solchen Operationen, z.B. durch eine Verteilung von Milzfragmenten in

das Bauchfell, eine Teilfunktion des Organs zu erhalten. Patienten, denen die Milz fehlt, müssen gegen Pneumokokken geimpft werden, da sie sonst sehr anfällig für die Infektionen mit diesen Erregern sind (s. Mikrobiologie).

10 Blut

Der Kreislauf eines Erwachsenen transportiert ca. 5 – 7 l Blut, wobei in Abhängigkeit von der Körpergröße und des Gewichts, sowie des Ernährungs- und Flüssigkeitszustand Schwankungen um rund 1 – 2 l möglich sind. Es ist laut Goethe – „ein ganz besonderer Saft“ – und besitzt erstaunliche physikalische Fähigkeiten, die es bezüglich seiner Fließeigenschaften von anderen Flüssigkeiten unterscheidet.

Rund 5 % des Körpergewichts entfallen auf das Blut. Es besteht aus rund 45 % zellulären und 55 % flüssigen Bestandteilen (Plasma).

Das prozentuale Verhältnis von Plasma zu den Zellen wird als Hämatokrit bezeichnet.

An zellulären Bestandteilen enthält das Blut pro l rund :

5 Millionen **Erythrozyten** = rote Blutkörperchen

8000 **Leukozyten** = weiße Blutkörperchen

250 000 **Thrombozyten** = Blutplättchen

Das Plasma besteht aus :

90 % Wasser

8 % Proteinen

2 % Salze, Glucose, Hormone etc.

10.1 Plasma

Das Blutplasma ist eine gelbliche Flüssigkeit, die neben Wasser eine Reihe von speziellen Proteinen enthält. Hinzu kommen verschiedene Salze, Zucker, Vitamine, Hormone etc.

Zu den Proteinen gehören nicht nur die Transportproteine, die alle Arten von Stoffen tragen können, sondern u. a. auch die **Globuline**. Globuline sind Antikörper, die mit dem Plasma durch den gesamten Körper transportiert werden und sich im Falle eines spezifisch passenden Antigenkontaktes (mit Bakterien, Viren, Tumorzellen, Fremdkörper, aber auch mit fremden Erythrozyten) eine Immunantwort auslösen.

Sie sind dafür verantwortlich, dass man bei Blutübertragungen die Blutgruppen berücksichtigen muss, wenn man den Patienten nicht, bei einer Übertragung großen Schaden zufügen möchte.

10.2 Blutgruppen

Die Blutgruppen definieren sich über bestimmte Oberflächenproteine an den Blutzellen. Der Körper toleriert nur die Blutzellen, gegen die er keine Antikörper besitzt. (s. Toleranz des Immunsystems)

So unterscheidet man beim Menschen zwischen den Blutgruppen :

A, B, AB und 0.

Hinzu kommt das sog. **Rhesussystem**, das in **positiv** und **negativ** differenziert. Menschen mit der Blutgruppe A haben das dafür notwendige Protein auf der Oberfläche ihrer Blutzellen. Hierüber wird also die Blutgruppe definiert. Im Plasma dieses Menschen findet man aber Antikörper gegen die Gruppe B. Gibt man ihm nun eine Transfusion mit A, so werden die neuen Erys vom Körper toleriert und nicht als körperfremd identifiziert. Anders ist dies, wenn man diesem Menschen Erys der Gruppe B gibt. Das Immunsystem würde diese Erys als körperfremd erkennen und zerstören. Die Folge wäre eine heftige Immunantwort, die bis zum Tode führen kann.

Menschen mit der Blutgruppe 0 haben keine Antigene dieses Systems auf ihren Erys. Dafür haben sie in ihrem Plasma Antikörper sowohl gegen A als auch gegen B. Solchen Patienten kann man also nur Blutgruppe 0 geben. Aber dieses Blut eignet sich besonders gut als Spenderblut, weil ja die Erys keine Antikörper haben mit den das Empfängerplasma reagieren könnte.

Genau umgekehrt ist es mit Menschen der Blutgruppe AB. Ihre Erys besitzen sowohl das A als auch das B Antigen auf den Blutzellen. Ihre Plasma ist also nicht mit Antikörpern gegen A oder B ausgestattet, so dass man ihnen eigentlich jede Art von Erys zuführen kann. (Idealer Empfänger). Als Spender sind AB Menschen hingegen nicht so ideal, weil sie ja viele Antigen mitbringen.

Zu dem AB0-System unterscheidet man noch das Vorhandensein (positiv) oder Fehlen (negativ) des sog. **Rhesusantigens** auf den Blutzellen. Es gilt hier die gleiche Verteilung von Antigenen und Antikörpern wie beim AB0-System. Das bedeutet, dass ein rhesuspositiver Mensch keine Antikörper im Plasma gegen

dieses Antigen hat; ein rhesusnegativer besitzt diese aber sehr wohl.

In der BRD sind die meisten Menschen Rh positiv (85 %) und nur der kleinere Anteil negativ. Die bei uns häufigsten Blutgruppen sind A pos und 0 pos. Die seltenste Blutgruppe in unseren Breiten ist AB neg.

Ein besonderer Fall besteht im Rahmen der Schwangerschaft. Wenn die Mutter Rh neg. ist und der Vater Rh pos., so setzt sich das pos. Antigen des Vaters durch. Das Kind wird also Rh pos. Treten nun einige Erys des Kindes über die Plazenta in den mütterlichen Blutkreislauf über, so wird die Mutter sensibilisiert, d.h. das mütterliche Immunsystem beginnt große Mengen von Antikörpern gegen das Rh-Antigen zu produzieren. Dies bleibt während dieser Schwangerschaft meist ohne Folgen. Wird die Mutter aber erneut mit einem Rh pos. Kind schwanger, so treten die nun massenhaft vorhandenen Antikörper in den kindlichen Kreislauf über und zerstören die kindlichen Erythrozyten. Dies hat naturgemäß verheerende Folgen für das Kind und führt in den meisten Fällen zu einer Fehl- oder Totgeburt.

10.3 Entwicklung der Blutzellen

Alle Blutzellen werden aus einer Stammzelle gebildet. Diese Stammzellen befinden sich im roten Knochenmark der kurzen und platten Knochen, sowie den proximalen Epiphysen der Röhrenknochen. Aus diesen Stammzellen entwickeln sich die drei, im Blut vorkommenden Zellarten. Bei Säuglingen und Kleinkindern läuft noch ein Teil der Blutbildung in Leber und Milz ab, wobei dieser Anteil mit dem zunehmenden Alter geringer wird. Die Stammzelle differenziert sich in **Myeloblasten** (Vorläuferzelle der Makrophagen und Monozyten), **Proerythroblasten** (Vorläuferzelle der Erythrozyten) und **Megakaryozyten** (Vorläuferzelle der Thrombozyten).

Lymphozyten hingegen werden nicht im Knochenmark, sondern in den Lymphknoten und der Milz bzw. dem Thymus differenziert.

10.4 Erythrozyten

Erythrozyten („Erys“) machen mit rund 99 % den größten Anteil der zellulären Bestandteile des Blut aus. Sie haben einen 7 μm großen Durchmesser und sind ca. 2 μm dick. Im Gegensatz zu den anderen Körperzellen besitzen sie keinen Zellkern und bestehen zum größten Teil aus **Hämoglobin**, dem roten

Blutfarbstoff. Ihre Form ist die einer, in der Mitte eingedellten Scheibe. Diese Form vergrößert zum einen die Oberfläche und verleiht dem Ery zum anderen seine besonders gute Verformbarkeit. Diese benötigt er für die Passage von Kapillaren, deren Innendurchmesser oftmals kleiner ist als der Durchmesser des Erys, so dass sich dieser regelrecht hindurchquetschen muss.

Erythrozyten werden im Knochenmark aus den uniformen Stammzellen, über verschiedene (z.T. kernhaltige) Zwischenstufen gebildet. Sie verlassen das Knochenmark als kernlose Zellen, deren Hauptaufgabe darin besteht, Sauerstoff zu transportieren. Die Bildung der roten Blutkörperchen wird von **Erythropoetin**, einem Hormon aus der Niere, gesteuert. Mehrere „Zutaten“ müssen vorhanden sein, damit sich ein rotes Blutkörperchen bilden kann. Dies sind u.a. Eisen (Hämoglobin besitzt einen Fe-Kern), Vitamin B₁₂ und Folsäure. Diese Bestandteile müssen über die Nahrung zugeführt werden, weil der Körper nicht in der Lage ist, diese selbst zu synthetisieren. Die Syntheserate an Erys ist enorm. Jeden Monat werden rund 550 ml Erythrozyten im Knochenmark gebildet. Das entspricht einer Anzahl von rund 150 Millionen / min !! Die Lebensdauer des Erys liegt bei ungefähr 120 Tagen, bevor er in der Milz ausgesondert wird.

Fehlt die Milz, so findet man im Körper eine große Anzahl an überalterten Erythrozyten, die sich in allen anderen Organen festsetzen können und durch die Einlagerung des Eisens in diese Organe zu Erkrankungen führen.

Einen Mangel an Erythrozyten bzw. Hämoglobin im Blut bezeichnet man als **Anämie** (Blutarmut). Bestimmte Anämien gehen mit einer charakteristischen Verformung der Erys einher. So findet man beim Eisenmangel rel. kleine Erythrozyten, während sich ein Vitamin B₁₂ Mangel mit großen, aber eisenarmen Erys äußert. Aber auch bestimmte Formen des Hämoglobins können zu einer Formveränderung der Erys führen. So findet man in bestimmten Teilen der Tropen Erys, die eine Sichelform angenommen haben. Diese Erythrozyten können nur rel. wenig Sauerstoff transportieren (Sichelzellanämie), geben aber den Betroffenen einen natürlichen Schutz gegen die Malaria, weil die Erreger die verformten Erys nicht befallen können.

10.5 Leukozyten

Anders als die uniformen Erythrozyten stellen die Leukozyten eine rel. vielfältige Gruppe von kernhaltigen Zellen dar. Man findet im Blut rund 5.000 – 9.000 Leukozyten pro l. Findet man mehr als 11.000 / μl spricht man von einer **Leukozytose**; bei weniger als 4.000 / μl von einer **Leukopenie**. Die Anzahl der Leukozyten gibt dem Arzt wichtige Hinweise bei der Diagnose und Therapie von Krankheiten aller Art, insbesondere bei Entzündungen. In der Regel gilt, dass bei bakteriellen Infekten eine Leukozytose auftritt und z.B. bei viralen Erkrankungen Leukopenien auftreten können. In diesem Zusammenhang möchte ich noch den Begriff Leukämie besprechen. Leukämie bedeutet „weißes Blut“ und bezieht sich auf bösartig umgewandelte Leukozyten, die sich wie alle Tumorzellen extrem vermehren können. So findet man bei Leukämien bis zu 500.000 Leukozyten / μl .

Die zahlenmäßig größte Untergruppe der Leukozyten sind die **Granulozyten**. Ihren Namen erhielten sie, weil sich in ihrem Zellplasma körnchenartige Strukturen (Granula) nachweisen lassen, die sich mit unterschiedlichen Farbstoffen anfärben lassen.

Sie haben drei Grundeigenschaften :

CHEMOTAXIS : Sie sind fähig auf das Vorhandensein bestimmter chemischer Stoffe in ihrer Umgebung zu reagieren und sich in die Richtung der Quelle (z. B. Entzündungsherde) zu bewegen.

PHAGOZYTOSE : Die Aufnahme von Bakterien, Fremdkörpern, Zelltrümmern u.a., sowie deren intrazelluläre Verdauung.

DIAPEDESE : Die Fähigkeit sich durch starke Verformung durch Zellverbände und Gefäßwände hindurch das Gewebe zu durchwandern.

Man unterscheidet folgende Typen von Granulozyten :

Neutrophile Granulozyten (etwa 70 % aller Leukozyten im Blut) mit verschiedenartigen Kernformen. Sie sind die schnellsten Abwehrzellen des Körpers und können sich besonders gut zu einem Entzündungsherd durchschlagen. Sie können sich bei einem Durchmesser von rund 10 μm durch nur 3 μm große Poren zwängen. Ihre Granula enthält eine Reihe von hochaktiven Enzymen zur Zerstörung von phagozytiertem Material. Neutrophile Granulozyten sind die ersten Zellen, die sich bei einer Entzündung den Eindringlingen stellen und diese

bekämpfen. Wenn eine große Anzahl von ihnen bei der Bekämpfung abstirbt, so kann man dies an der Eiterentstehung mit bloßem Auge erkennen.

Eine besondere Rolle spielen die neutrophilen Gr. Bei der Geschlechtsbestimmung z.B. von Sportlern. Bei etwa 10 % der Zellen findet man (und zwar nur bei Frauen) sogenannte Trommelschlegel („Drumsticks“). Dies sind Ausstülpungen des 2. X-Chromosoms, das ja bei Frauen doppelt vorliegt, und von denen das zweite inaktiv ist. Männer haben hingegen ja nur ein (und dann aktives) X-Chromosom.

Eosinophile Granulozyten (2 – 4 %) werden im Rahmen von allergischen Reaktionen, aber auch bei der Bekämpfung von Parasiten wie Würmern beobachtet. Bei solchen Erkrankungen steigt ihre Anzahl stark an.

Sie können durch bestimmte Enzyme allergische Reaktionen des Immunsystems bremsen.

Basophile Granulozyten (1 %) vermitteln im Gegensatz zu den eosinophilen Gr. Entzündungsreaktionen durch die Freisetzung ihres Hauptenzym, des Histamins. **Histamin** ist ein Gewebehormon, welches für die typischen Entzündungszeichen (Rötung, Schwellung, Überwärmung, Schmerzen) verantwortlich ist. Es erweitert die Kapillaren und lockert das Endothel der Gefäße im Bereich des Entzündungsherds, so dass die anderen Abwehrcellen leichter durch die Gefäßwände treten können. Histamine vermitteln zudem allergische Reaktionen, die schnell und heftig eintreten können. Sie sind enorm aktiv und werden im Tierreich in verschiedenen Tiergiften (z.B. Bienengift) vorgefunden.

Monozyten stellen einen Anteil von rund 8 % an den Leukozyten des Blutbildes. Sie sind identisch mit den Abwehrcellen, die man im Gewebe von Leber und Milz findet. Sie gehören sowohl zum unspezifischen und zum spezifischen Abwehrsystem. Ihre charakteristische Eigenschaft ist ihre besondere Befähigung zur Phagozytose und ihre hohe Speicherfähigkeit. Monozyten variieren teilweise ihre Form in Abhängigkeit von der Infektion. So findet man bei bestimmten Infektionen die typischen Monozytenformen (bei Typhus, Tbc etc.).

Zudem findet man bei Blutunverträglichkeiten (n. Transfusionen) eine hohe Monozytenzahl, die die fremden Erythrozyten phagozytieren. Ähnliches gilt für Transplantationen von Organen.

Auf die **Lymphozyten** wird im Rahmen der Mikrobiologie detailliert eingegangen. Sie machen einen Anteil von 20 – 30 % der Leukozyten im Blutbild aus und sind das Kernstück der spezifischen Abwehr.

10.6 Thrombozyten

Thrombozyten entwickeln sich im Knochenmark als abgeschnürte Teile von sogenannten Megakaryozyten. Diese sehr großen Zellen im Knochenmark (60 μm Durchmesser) geben ständig die 1 – 4 μm großen Thrombozyten ab. Thrombozyten besitzen wie die Erys keinen Zellkern und haben eine Lebensdauer von ca. 4 Tagen. Sie spielen bei der Blutgerinnung eine zentrale Rolle. Zusammen mit den Gerinnungseiweißen im Blutplasma dichten sie verletzte Bereiche des Körpers rasch ab, damit es nicht zu einem dauerhaften Blutverlust kommt. Bei Verletzungen eines Gefäßes läuft eine rasche und effiziente Kaskade von verschiedenen biochemischen Reaktionen ab, die zu einem raschen Verschluss der Verletzung führen. Hierbei spielen das Gefäßendothel, die Thrombozyten und die Gerinnungsfaktoren eng zusammen. Auf die einzelnen Reaktionen möchte ich aber hierbei nicht weiter eingehen.

Man findet 200.000 – 300.000 Thrombozyten pro l Blut. Ein Mangel an Thrombozyten wird als Thrombozytopenie bezeichnet.

Fällt ihre Anzahl unter 40.000 / μl , so entstehen punktförmige Blutungen an der Haut (Petechien) sowie Hämatome im Unterhautgewebe und der Muskulatur.

11 Das Nervensystem

11.1 Allgemeines

Da die detaillierte Besprechung des Aufbaus und der Funktionsweise des Nervensystems und der Sinnesorgane einige Bücher füllen würde, werde ich lediglich grundsätzliche Fakten über das Nervensystem in diesem Skript behandeln. Auf die anatomische und physiologische Beschreibung der Sinnesorgane wird ebenfalls bewusst verzichtet.

Wir unterscheiden zwischen dem Zentralen Nervensystem (ZNS) und dem Peripheren Nervensystem und den Sinnesorganen.

Sinnesorgane und peripheres Nervensystem liefern und vermitteln Informationen zwischen dem ZNS (Hirn und Rückenmark) und den übrigen Systemen des Körpers. Die Steuerung des Körpers und seiner Funktionen, seien sie nun willkürlich oder nicht, unterliegen dem Diktat des Zentralen Nervensystems. Die Steuerungsbefehle des ZNS werden entweder über Nerven und deren Endigungen direkt oder indirekt über die endokrinen Drüsen und deren Hormone vermittelt. Neben diesen Steuerungsfunktionen betrachtet man das Nervensystem des Menschen als Sitz seines Bewusstseins und seines Verstandes.

Neben der anatomischen Unterteilung in Zentral und Peripher, wird das Nervensystem nach seiner Funktion in ein autonomes oder vegetatives und ein willkürliches System eingeteilt. Das vegetative NS, welches die Organfunktionen unabhängig und unbewusst steuert, wird in das sympathische und parasympathische NS unterteilt.

11.2 Zentrales Nervensystem

Das Zentrale Nervensystem besteht aus dem Gehirn und dem Rückenmark. In ihm befinden sich die Nervenzellen (**Neurone**) und ihre Fortsätze (Dendriten und Axone) die einerseits Impulse in Form von elektrischen Reizen aussenden können und andererseits solche Impulse verarbeiten, weiterleiten oder modifizieren können. Die Nervenzellen befinden sich in der Rinde des Gehirns und in sog. Kernen des oberen Rückenmarks bzw. im Zentrum des übrigen Rückenmarks. Der Rest des ZNS besteht aus den Dendriten und

Axonen der Nervenzellen, die in unendlicher Vielfalt untereinander verbunden sind. Die Komplexität dieser Verbindungen ermöglicht die Vielfalt der Funktionsmöglichkeiten des Gehirns. Die Verbindungen zwischen den Zellen können sehr kurz sein erreichen aber z.B. als Axone der Motoneurone durchaus eine Länge von mehr als einem Meter.

11.2.1. Gehirn

Das Gehirn befindet sich als kompaktes Organ im Schädelinneren. Es wiegt beim Erwachsenen zwischen 1100 und 1500 g. Man unterteilt es in das Großhirn (Cerebrum), das Kleinhirn (Cerebellum), das Mittelhirn und das Zwischenhirn und das Rautenhirn. Verbunden mit dem Rückenmark ist es über die sog. Medulla oblongata.

Makroskopisch besteht es aus den beiden Großhirnhemisphären, deren Oberfläche von tiefen Furchen durchzogen zu sein scheint. Diese Furchen (Gyrus; Gyri (Pl.)) vergrößern die Oberfläche der Hemisphären und teilen diese in funktionelle Einheiten. Hier befinden sich die Befehls- und Empfangszentralen der Körperabschnitte; z.B. Hör- und Sprachzentrum, Sehzentrum, das Bewegungszentrum (oder motorisches Zentrum) in dem die Muskelbewegungen gesteuert werden.

Dorsal kann man die Kleinhirnhemisphären sehen, die ebenfalls tief zerfurcht sind. Das Kleinhirn steuert die Koordination der Muskelbewegungen aber auch die Stützfunktionen des Körpers über die Steuerung des Muskeltonus. Einflüsse wie Informationen aus dem Gleichgewichtsorgan oder optische Wahrnehmungen werden vom Kleinhirn ebenfalls zur Koordination genutzt und umgesetzt. In den anderen Abschnitten des Gehirns, insbesondere in den entwicklungsgeschichtlich älteren Regionen, werden die Organfunktionen, zum größten Teil unbewusst, gesteuert (Atemzentrum, Kreislaufzentrum, Brechzentrum u.a.). Das Gehirn wird großzügig mit Blut versorgt und hat in seinem Innersten zudem ein System, in welchem Gehirnwasser (Liquor) transportiert und gespeichert wird. Blut erhält das Gehirn aus den beiden Aa. vertebrales und den Aa. Carotis interna über den Circulus arteriosus Willisi, der sich an der Basis des Gehirnes befindet. Das Blut wird in den großen und kleinen sog. Sinus gesammelt und über die Vena jugularis interna zum Herzen geleitet.

Aus dem Gehirn selber entspringen 12 sog. Hirnnerven, welche alle zentrale Funktionen einnehmen. Sie sind die einzigen Nerven, die ohne Verbindung zum Rückenmark, Informationen an das Gehirn (Sehnerv, Riechnerv u.a.) weitergeben oder Impulse aus dem Gehirn leiten (Augenmuskelnerven).

11.2.2. Rückenmark

Das Rückenmark beginnt unscharf begrenzt als Fortsetzung des Endhirnes und verläuft mit einer Länge von ca. 50 cm in der Wirbelsäule eingefasst bis in Höhe des 1. LWK. Von cranial nach caudal wird es immer dünner, weil in Höhe eines jeden Wirbelsäulensegmentes ein Paar Nervenbündel das Rückenmark verlassen. Nach dem 1. LWK findet man caudal nur noch die Spinalnerven für die untere Extremität, die außerhalb des Rückenmarkskanals zu liegen kommen.

Aufgrund seiner Lage und der Verteilung der Hauptnervenstränge unterteilt man das Rückenmark und die Nerven in einen Hals-, Brust-, Lenden- und Kreuzbeinabschnitt. Aus dem Rückenmark treten paarig 31–32 sog. Spinalnerven aus, aus denen sich die peripheren Nerven zusammensetzen. Nach ventral treten die motorischen Spinalnervenwurzeln aus und dorsal treten die sensiblen Nervenstrangwurzeln ein. Sie verlassen gemeinsam als gemischter Spinalnerv den knöchernen Rückenmarkskanal der Wirbelsäule. Die austretenden Nerven bilden vor den verschiedenen Abschnitten der Wirbelsäule netzartige Verbindungen aus, die als Nervenplexus bezeichnet werden. Aus diesen Netzen entspringen dann die Hauptstämme der Nerven für die Körperperipherie.

Die peripheren Nerven bestehen nur noch aus Nervenfasern; Nervenzellen finden sich in der Peripherie nicht mehr. Die Nerven enden einerseits an den motorischen Endplatten der Muskulatur und andererseits an verschiedensten Rezeptoren, die bestimmte Qualitäten wie u.a. Temperatur, Lage, Druck und Schmerzen über diese Nervenfasern zum ZNS leiten.

11.3 Vegetatives Nervensystem

Das vegetative oder autonome Nervensystem unterscheidet sich hinsichtlich seines Aufbaus und seiner Funktion wesentlich vom willkürlichen Nervensystem. Es steuert, ohne dass der Körper hier willkürlich eingreifen muss, die Aufrecht-

erhaltung der essenziellen Körperfunktionen. Hierbei spielen nicht nur direkte Nervenverbindungen vom ZNS bis zu einem Organ eine Rolle, sondern die Steuerung der Körperfunktionen über Botenstoffe wie Hormone, sind wesentlicher Bestandteil des vegetativen Nervensystems.

Die grobe funktionelle Unterteilung kann wie folgt dargestellt werden :

Es gibt einen Anteil des autonomen NS, der die Körperfunktionen beschleunigt (Sympathikus) und seinen Gegenspieler den (Parasympathikus), welcher verlangsamend wirkt. Beide Anteile stellen im Körper ein Gleichgewicht her, welches bedarfsangepasst auf verschiedenste Situationen eingestellt wird. Der sympathische Anteil steht in der Hauptsache funktionell als schneller Antwortgeber auf Stress- oder Fluchtreaktionen zur Verfügung, während der Parasympathikus wesentlich den Stoffwechsel zu beeinflussen vermag.

Die Körperfunktionen, die vom autonomen NS gesteuert werden sind u.a. :

- Herz und Kreislaufsystem
- Verdauung
- Atmung

Auf detailliertere physiologische Einzelheiten möchte ich in diesem Rahmen nicht weiter eingehen und verweise auf entsprechende Fachliteratur, auf die bei Interesse zurückgegriffen werden sollte.

Teil II

Mikrobiologie

II MIKROBIOLOGIE

(Richard Klatt)

- 1. Allgemeine Infektionslehre**
- 2. Körpereigene Abwehr**
- 3. Bakterien**
- 4. Viren**
- 5. Prione u.a.**
- 6. Parasiten**
- 7. Pilze**

1 Allgemeine Infektionslehre

Als medizinische Mikrobiologie bezeichnet man das Fach, welches sich mit den Ursachen von Infektionskrankheiten befasst.

Als Infektionskrankheiten werden die Krankheiten bezeichnet, die durch Erreger ausgelöst werden.

Infektion : Übertragen und Eindringen von Mikroorganismen in einen Makroorganismus (Mensch, Tier oder Pflanze) mit Ansiedlung, Vermehrung und Reaktion des Makroorganismus.

Diese Erreger sind verschiedenartige Organismen, die sich aus folgenden Gruppen zusammensetzen:

Bakterien

Pilze

Protozoen

Viren

Zwischenformen

Prione

Die ersten drei Gruppen gehören zu den Einzellern. Viren hingegen nehmen eine gewissen Sonderstellung ein, auf die später näher eingegangen wird.

Die Einzeller können in zwei Hauptgruppen eingeteilt werden :

Eukaryonten und **Prokaryonten**.

Pilze und Protozoen gehören zu den **Eukaryonten**. Ihnen sind folgende Zellstrukturen gemeinsam :

echter Zellkern mit Kernmembran

echte Chromosomen

Zellorganellen wie Mitochondrien oder Chloroplasten, die der Energiebereitstellung dienen.

Sämtliche Bakterienarten sind **Prokaryonten**. Charakteristika sind :

kein echter Zellkern; die DNS liegt als Ring angeordnet frei im Cytoplasma

Zellorganellen sind nicht vorhanden.

Aufgrund ihres Aufbaus kann man somit die Eukaryonten als die weiterentwickelte Form der Einzeller ansehen.

Es gibt aber auch **Zwischenformen**, die sich nicht eindeutig in eine der beiden Hauptgruppen einteilen lassen.

Wichtigste Vertreter sind :

Mykoplasmen : Sehr kleine Erreger ohne feste Zellwand, die Infekte der Luftwege verursachen können.

Chlamydien : Sind Bakterien mit einem aber nicht typischen Vermehrungszyklus, die obligat intrazelluläre Erreger sind. Sie verursachen verschiedenste Infekte und sind beteiligt an der Entstehung von parainfektiosen Erkrankungen, wie z.B. Gelenkentzündungen (Arthritiden). In jüngster Zeit wird auch darüber diskutiert, ob diese Erreger Mitverantwortliche für die Arterienverkalkung und die damit einhergehenden Erkrankungen wie Herzinfarkt oder Schlaganfall sind

Auf die **Prione** wird in den entsprechenden Kapitel eingegangen.

1.1 Infektionen

Infektion :

Unter einer **Infektion** versteht man den Befall und die Vermehrung von Erregern in einem Menschen mit einer Reaktion des Körpers.

(Gleiches gilt auch für Tiere und Pflanzen).

Infektionsformen :

Grundsätzlich werden exo- und endogene Infektionen unterschieden.

Exogen sind Infektionen, wenn der Erreger aktiv oder passiv auf den Körper einwirkt oder eindringt.

Endogene Infektionen werden durch Erreger verursacht, die im Körper vorhanden sein können und auf die der Körper normalerweise nicht reagiert.

Diese Erreger gehören zur Körperflora und lösen nur unter bestimmten Bedingungen Krankheiten aus.

Infektionswege :

Naturgemäß sind die Körperoberflächen die Strukturen, die als erstes Kontakt mit einem Erreger bekommen. Gleichzeitig stellen sie auch das erste Hindernis für den Erreger dar, wenn er in den Körper eindringen möchte. Infolgedessen sind die Haut und die Schleimhäute die am häufigsten von Infektionen betroffenen Organe. Dies gilt insbesondere bei Verletzungen der Haut/Schleimhäute durch mechanische (Schnitt-, Stich-, Schürf- und Platzwunden), thermische (Verbrennungen, Erfrierungen) und chemische (Verätzungen) Ursachen. Hierdurch erklärt sich unter anderem eine der Hauptaufgaben des Organs Haut, nämlich die wichtige Rolle in der Immunabwehr. Die Körperoberfläche soll den Erreger möglichst früh eliminieren, bevor dieser Innere Organe beeinträchtigen kann.

Erregerreservoir :

Infektionen haben immer eine Quelle, das heißt, dass der Erreger ja irgendwo her kommen muss, bevor er einen Organismus befällt.

Diese Infektionsquelle wird als Erregerreservoir bezeichnet.

Die wichtigsten sind :

Umwelt (Trinkwasser, Nahrungsmittel, Staub, Dreck, etc.)

Vektoren (Tiere [insbesondere Insekten und Spinnentiere wie Wanzen, Fliegen, Mücken, Läuse, Flöhe und Zecken])

Menschen (Kranke, Gesunde und Dauerausscheider, die nach durchgemachter Infektion Erreger ausscheiden)

Übertragungswege :

Erreger können auf zwei Arten übertragen werden; durch **direkten** bzw. **indirekten** Kontakt.

Am häufigsten ist die Infektion durch den **direkten Kontakt** (von **Mensch zu Mensch**).

Hierzu zählt man die **Schmierinfektion** (**Urin, Speichel, Stuhl**),

die **Tröpfcheninfektion** (**über den Luftweg**),

die Übertragung durch **Haut- bzw. Schleimhautkontakt** oder **Geschlechtsverkehr**.

Gleiches gilt für die Übertragung während der **Schwangerschaft**, während der **Geburt** oder beim **Stillen** (Muttermilch).

Auch die Infektion durch **Blut oder Blutprodukte** ist eine direkte Infektion.

Indirekte Infektionen sind Infektionen bei denen kein direkter Kontakt zu der primären Infektionsquelle bestehen. Am häufigsten sind dabei **infiziertes (Trink-)wasser** und **Lebensmittel**. Aber auch über **Staub und Dreck** können Erreger in den Körper gelangen.

Des weiteren sind solche Infektionen zu erwähnen, die von **Tieren** auf den Menschen übertragen werden, sog. **Zoonosen**.

Als **Vektoren** werden Tiere bezeichnet, die Krankheiten direkt durch die aktive Erregerweitergabe übertragen. Zumeist erfolgt die Weitergabe durch einen Stich oder Biss des Tieres. Insekten und andere Gliederfüßer sind hierbei zahlenmäßig führend. Es gibt Erreger, die ein breites **Infektionsspektrum** besitzen und verschiedene Makroorganismen befallen können. Andere hingegen sind wirtsspezifisch, d.h. sie können nur in einem Wirt eine Infektion auslösen. So ist zum Beispiel die Gonorrhoe eine Krankheit, die nur beim Menschen vorkommt.

Tab. 2 : Übertragungswege

Übertragung	Beispiele
Schmierinfektion (fäkal - oral)	Hepatitis A und E, Poliomyelitis, Typhus
Tröpfcheninfektion	Masern, Windpocken, Röteln, Influenza, Tbc
Schleimhautkontakt Geschlechtsverkehr	Syphilis, Gonorrhoe, Hepatitis B, -C, AIDS
Schwangerschaft	Röteln, Toxoplasmose, Listeriose
Blut / Blutprodukte (Serum)	AIDS, Hepatitis B, -C und -D, Syphilis
Dreck / Staub	Tetanus, Milzbrand, Psittakose
Vektoren	Malaria, FSME, Pest, Rabies
Zoonosen	Psittakose, Toxoplasmose, Echinokokkose

Es gibt also auch die Möglichkeit, dass eine Infektion oder Krankheit, auf verschiedene Art und Weise übertragen werden kann.

Phasen von Infektionen

- 1.) Invasion**
- 2.) Inkubationszeit**
- 3.) Krankheit oder Symptome**
- 4.) Überwindungsphase**

Während der **Invasion** dringen die Erreger auf den Körper ein, ohne dass sie sich in die Phase vermehren. Der Körper zeigt noch keine Reaktionen.

Die **Inkubationszeit** ist ein sehr wichtiger Begriff, wenn man sich mit der klinischen Beschreibung von Infektionskrankheiten befasst. Sie ist als die Zeit definiert, die zwischen dem Eindringen des Erregers in den Körper, einhergehend mit einer mehr oder weniger starken Vermehrung des Erregers im Körper, bis zum Zeitpunkt des Auftretens von ersten Symptomen der Infektion vergeht. Die Dauer der Inkubationszeit ist für viele Krankheiten charakteristisch. Diese Zeit kann kurz aber auch sehr lang sein. So kann sie bei einigen Erkrankungen einige Tage dauern, bei anderen bis zu mehreren Jahren.

Der Inkubationszeit schließt sich das **Krankheitsbild** mit seinen **Symptomen**, also die eigentliche Infektionskrankheit an. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass nicht alle Infekte mit greifbaren Symptomen ablaufen müssen. Jeder Mensch macht im Laufe seines Lebens eine große Zahl von Infektionen durch, von denen sich lediglich einige in subjektiv wahrnehmbaren Krankheiten manifestieren. Diese Infektionen spielen für die sogenannte „stille Feiung“ eine wichtige Rolle. Hierbei kommt der Körper mit Erregern in Kontakt und das Immunsystem aktiviert, gegen die Erreger anzugehen und eine Immunität aufzubauen. Hierauf werden wir noch detaillierter zu sprechen kommen.

In der **Überwindungsphase** der Infektion werden die Erreger durch die Mechanismen der körpereigenen Abwehr eliminiert und das Immunsystem schließlich wieder gebremst.

Anhand der Symptome und der Symptomkomplexe unterteilt man die Infekte in lokale und allgemeine Infektionen.

Lokale Infektion

Sie ist räumlich begrenzt, das heißt dass sie sich lediglich auf einem abgrenzbaren Bereich im oder auf dem Körper abspielt.

Ihre Kennzeichen sind :

die Inkubationszeit hängt davon ab, wieviele Erreger den Körper befallen

die Infektion bleibt auf den Ort der Eintrittsstelle des Erregers beschränkt

die Inkubationszeit ist kurz und es tritt keine Immunität auf

Allgemeininfektion

Bei der Allgemeininfektion gelangen die Erreger über ihre Eintrittspforte in das lymphatische Gewebe, in welchem sie sich vermehren. Diese Vermehrungsphase im Körper ist die Inkubationszeit, die je nach Erreger kurz oder auch sehr lang sein kann.

Nach dieser Phase gelangen sie in das Blut, die Lymphwege und -Knoten und die Krankheitssymptome beginnen. Das Kardinalsymptom ist hierbei das Auftreten von **Fieber**, mit welchem der Körper auf die Erreger reagiert.

Die Erreger können so über den Blutweg in die Organe gelangen, die für sie spezifisch sind. Nach dem Überstehen von Allgemeininfektionen bleibt häufig eine Immunität des Körpers gegenüber dieser Infektion erhalten.

Bakteriämie / Sepsis

Werden die Erreger von der körpereigenen Abwehr nicht vollständig im Blut eliminiert, so tritt das Krankheitsbild der Sepsis auf.

Eine Sepsis entsteht also immer dann wenn von einem Entzündungsherd kontinuierlich oder schubweise Erreger in das Blut gelangen und nicht eliminiert werden. Auf das Krankheitsbild der Sepsis werden wir noch näher eingehen. Zu Unterscheiden von der Sepsis ist die Bakteriämie. Bei ihr kommt es weder zur Vermehrung noch zu zur Absiedlung von Erregern in Organen.

1.2 Epidemiologische Begriffe

Um bestimmte Qualitäten von Infektionen zu beschreiben gibt es eine ganze Reihe von Begriffen, von denen hier nur einige wichtige erwähnt werden :

- Epidemie** : Zeitlich und örtlich gehäuftes Auftreten einer Infektionskrankheit.
Pandemie : Zeitlich, aber nicht räumlich begrenztes Auftreten einer Krankheit.
Endemie : Örtlich begrenztes Auftreten einer Krankheit. Hierbei kann sich der Begriff örtlich auch auf eine bestimmte Personengruppe beziehen.
Mortalität : Anzahl der an einer Krankheit verstorbenen Personen bezogen auf die gesamte Bevölkerung.
Letalität : Anzahl der Verstorbenen bezogen auf die Anzahl der Erkrankten.

1.3 Beziehungen zwischen Erreger und Wirt

Das Entstehen einer Infektionskrankheit ist von einigen Faktoren seitens des Erregers und des befallenen Makroorganismus abhängig. Nicht jeder Befall von Mikroorganismen wirkt im Körper krankheitsauslösend. Es gibt im Körper eine Vielzahl von verschiedenen Mikroorganismen, die ganz im Gegensatz dazu wichtige Funktionen für den Körper haben können. Hierbei spielen insbesondere die Mikroorganismen eine wichtige Rolle, die zur sogenannten physiologischen Körperflora gehören. Betrachtet man das Zahlenverhältnis der physiologischen Flora, von der der Körper auf verschiedenste Weise profitiert, im Vergleich zu den **pathogenen (krankmachenden) Erregern**, so kommt man schnell zu der Erkenntnis, dass die Mikroorganismen dem Körper meist mehr nutzen als schaden.

Die Keime, die zur normalen Körperflora gehören, kann man zwar als Parasiten betrachten, die ja schließlich von oder in dem Wirtkörper leben und sich vermehren, ihn aber nicht schädigen. Dies ist eigentlich die höchste Stufe des Parasitismus, weil beide – der Wirt und der Parasit – Vorteile aus diesem engen Zusammenleben ziehen können und das auf Dauer. Im menschliche Körper kommen mehr als 400 verschiedene Keime vor. Sie siedeln zumeist auf den Körperoberflächen an der Haut und den Schleimhäuten insbesondere natürlich im Magen-Darm-Trakt. Pathogene Keime hingegen schädigen ihren Wirt. Hierbei muss man zwischen fakultativ pathogenen und obligat pathogenen Keimen unterscheiden. Die obligat pathogenen Erreger lösen immer eine Infektion im Körper aus. Sie dringen zumeist von außen auf den Körper ein und lösen die sogenannten exogenen Infektionen aus.

Die potenziell pathogenen Keime jedoch nur, wenn bestimmte Bedingungen seitens des Wirtes vorherrschen; z.B. wenn die Abwehrlage des Körpers schlecht ist und er sich nicht adäquat gegen den ansonsten relativ ungefährlichen Keim wehren kann. Deshalb werden diese Keime auch als Opportunisten bezeichnet.

Unter ähnlichen Bedingungen können auch Keime der physiologischen Flora Krankheiten auslösen, sogenannte endogene Infekte.

Pathogenitäts- und Virulenzfaktoren von Erregern

Unter dem Begriff **Pathogenität**, versteht man die Fähigkeit eines Erregers eine Krankheit in einem Körper auszulösen.

Die Qualität dieser Pathogenität wird als **Virulenz** bezeichnet. Diese beschreibt also das Ausmaß der krankmachenden Eigenschaften eines Erregers. Die Begriffe Pathogenität und Virulenz werden oft parallel benutzt. Man weiß bis dato noch nicht allzuviel über die Faktoren der Virulenz bei Erregern. Am besten sind einige Faktoren bei Bakterien bekannt :

Infektiosität, d.h. wie leicht oder schwer ein Erreger übertragen werden kann.

Toxizität, die Fähigkeit des Erregers Giftstoffe bilden zu können.

Gewebsaffinität, die Fähigkeit sich an Geweben des Körper anhaften zu können. Sie stellt eine Grundvoraussetzung dar, weil sich der Erreger zunächst einmal im oder am Körper anhaften muss um sich zu vermehren.

Invasionsfähigkeit, ist entscheidend für das weitere Eindringen des Erregers in den Körper, evtl. sogar durch intakte Haut oder Schleimhäute. Hierzu benötigt der Keim Enzyme, die es ihm ermöglichen diese natürliche Barriere zu durchbrechen.

Antiphagozytose, ist die Fähigkeit von Erregern nicht von der unspezifischen Abwehr des Körpers erfasst und eliminiert zu werden. Wir werden einige Strategien der Erreger besprechen, wenn wir zu Besprechung der Abwehr vorgedrungen sind.

Antimmunität, hierunter versteht man die Fähigkeiten und Mechanismen denen sich Erreger bedienen um die spezifische Abwehr des Körpers zu umgehen. Dies betrifft im besonderen die Antigenität der Erreger, d.h. die Oberflächenstrukturen der Erreger, an denen der Körper diese erkennt und an denen die vom Organismus gebildeten Antikörper ansetzen. Auch diese Strategien werden wir bei der Besprechung der körpereigenen Abwehr näher erläutern.

2 Die körpereigene Abwehr

Der Organismus hat verschiedene Strategien und Mechanismen entwickelt um sich gegen die ihn ständig bedrängenden Mikroorganismen zu wehren. Hierbei unterscheidet man zwischen der an die Abwehrzellen gebundenen (zellulären) Abwehr und der sog. humoralen Abwehr, die also nicht an Zellen gebunden ist. Bereits während der Schwangerschaft bildet der Körper eine Reihe von Abwehrmechanismen, die ihn gegen Mikroorganismen schützen sollen. Hierbei werden allerdings lediglich unspezifische, d.h. nicht gegen einen bestimmten Erreger gerichtete Mechanismen ausgebildet. Diese unspezifischen Mechanismen sind aber für die Entwicklung der spezifischen Abwehr unerlässlich.

Die angeborene, unspezifische Abwehr reagiert auf die verschiedenen Erreger immer in der gleichen Weise; wohingegen die spezifische, erlernte Abwehr ihre Strategien gegen jeden einzelnen Erreger erst erlernen muss, dann aber zielgerichtet und effektiv arbeiten kann.

In der nun folgenden Tabelle wird eine grobe Übersicht über das Körperabwehrsystem dargestellt. Die einzelnen Komponenten werden im weiteren Verlauf besprochen.

	Unspezifische Abwehr	Spezifische Abwehr
Zellulärer Anteil	Monozyten Leukozyten Phagozyten Makrophagen	B-Lymphozyten T-Lymphozyten Makrophagen
Humoraler Anteil	Komplementsystem Lysozym Interferone Interleukin 1	Antikörper der Klassen : IgA IgG IgM IgE IgD

Tab.3 : Körpereigene Abwehr

Zur unspezifischen Abwehr zählen folgende Faktoren :

Das **Komplementsystem** ist wahrscheinlich das entwicklungsgeschichtlich älteste Abwehrsystem. Hierbei spielen eine Anzahl von frei im Blutplasma vorhandenen Eiweißmolekülen die Hauptrolle. Sie bekämpfen Erreger durch eine Kaskade von Reaktionen, die genau aufeinander abgestimmt sind. Diese Abwehrkaskade kann auf verschieden Art und Weise ausgelöst werden. Entweder wird sie durch Bestandteile der Bakterienwand (alternativer Weg) oder durch Antigen-Antikörperkomplexe bzw. virusinfizierte Zellen ausgelöst (klassischer Weg). Diese Eiweißmoleküle werden als C1 bis C 11 durchgezählt; zudem gibt es noch ca. weitere 10 nicht näher benannte Moleküle, die eine Rolle bei der Komplementaktivierung spielen. Klassischer und alternativer Weg unterscheiden sich lediglich in der verschiedenartigen Auslösung der Reaktion. Ist die Abwehrkaskade aber einmal gestartet, so ist der Weg gleich. Dringt also ein Erreger in den Körper ein, so wird er vom Organismus als Eindringling identifiziert. Beim klassischen Weg lagert sich ein körpereigener Antikörper an das entsprechende Antigen der Erregers. Antigene sind meist Proteinstrukturen auf der Oberfläche des Erregers. Dieser Komplex wird dann vom C3-Faktor erkannt. Daraufhin lagert sich der C3-Faktor ebenfalls an dem Erreger an und löst die weitere Kaskade (s.u.) aus. Beim alternativen Weg erfolgt die Aktivierung über eine unspezifische Reaktion des Körpers z.B. auf Kohlehydratstrukturen der Bakterienwand. Auch hier folgt das C3-Protein mit der Anlagerung an die Erregerzelle. Das Anheften von C3 bewirkt zum einen das Heranführen der Proteine C4-C8 und zum anderen werden sog. Mastzellen angelockt, die Entzündungshormone wie z.B. Histamin ausschütten. Durch diese Hormone werden die klassischen Entzündungszeichen (Rötung, Überwärmung, Schwellung) ausgelöst. Der eigentliche Angriff auf den Erreger wird durch das Protein C9 gestartet. Diese Proteine können die Erregerwand durchdringen und zerstören die schützende Zellwand des Erregers, so dass dieser abstirbt.

Lysozym ist ein Enzym, welches speziell die Bestandteile der Bakterienwand angreifen kann und diese zerstört. Es kommt überall im Körper vor insbesondere in der Tränenflüssigkeit, im Speichel, im Nasen- und Darmschleim und besonders in bestimmten weißen Blutkörperchen.

Interferone sind Botenstoffe, die von infizierten Zellen abgegeben werden. Sie bewirken bei den Nachbarzellen die Bildung von bestimmten Stoffen, die es dem Erreger erschwert in die Nachbarzellen einzudringen und diese zu schädigen. Dies gilt insbesondere bei viralen Infekten.

Zu der **zellulären Komponente der unspezifischen Abwehr** gehören eine Reihe von **Leukozyten**, also weiße Blutzellen. Sie werden aufgrund ihrer z. T. unterschiedlichen Morphologie und ihrer Funktionen unterschieden. Ihnen sind aber einige Eigenschaften gemein. Sie kommen normalerweise im Blut vor, können aber, durch bestimmte Botenstoffe angelockt (**Chemotaxis**), die Blutgefäße verlassen und in das Gewebe vordringen und dort Erreger bekämpfen.

Ihnen stehen hierfür eine ganze Reihe von Mechanismen und ein ganzes Arsenal von „biochemischen Waffen“ zur Verfügung, um die Erreger zu zerstören (**Zytolyse**).

Zu dem Komponenten der **spezifischen Abwehr** zählen die **Lymphozyten** und die **Antikörper**.

Lymphozyten werden in zwei Arten unterteilt : Die **B-Lymphozyten** und die **T-Lymphozyten**. Der Buchstabe T steht für den **Thymus** und der Buchstabe B für die (beim Menschen nicht vorhandene) **Bursa fabricii**, einem Vogelorgan, in dem diese Lymphozyten geprägt werden.

Die Vorläuferzellen der Lymphozyten stammen ursprünglich aus dem Knochenmark. Sie wandern aber in der fetalen und frühkindlichen Phase einerseits in den Thymus (T-Lymphozyt) und andererseits in das lymphatische System (dies entspricht dem Bursaorgan des Vogels; daher B-Lymphozyt). Im Laufe der weiteren Entwicklung werden beide Arten in der Milz und in den Lymphknoten gebildet. Von hier aus gelangen sie in das lymphatische System und in das Blut. Der Ursprungsort der Lymphozyten unterscheidet sich also von den anderen weißen Blutkörperchen, die im Knochenmark gebildet werden.

Das spezifische Immunsystem ist in der Lage rasch und wirkungsvoll gegen bestimmte Antigene vorzugehen.

Ein **Antigen** ist generell eine Substanz, die in einem Körper eine Immunreaktion auslöst. Hierbei ist für die Definition eines Antigens, die Reaktion mit vom Körper gebildeten Antikörpern oder Abwehrzellen des spezif. Immunsystems

Bedingung. Antigene können z.B. bestimmte Eiweiß- oder Zuckermoleküle auf Bakterienwänden oder von Virenhüllen sein. Aber auch andere körperfremde Zellen (Blut- und Organübertragungen) oder Allergene (Allergene sind Antigene, die eine allergische Reaktion auslösen können) wie Blütenpollen, Tierhaare etc. können im Körper eine Immunreaktion auslösen.

Lymphozyten sind die Zellen, die für die Produktion von Antikörpern verantwortlich sind. Sie sind in der Lage, sich auf einen bestimmten Stimulus in sog. **Plasmazellen** umzuwandeln und große Mengen eines bestimmten **Antikörpers** zu bilden. Diese Antikörper verbinden sich dann mit den Antigenen, an die sie spezifisch, wie ein Schlüssel ins Schloss passen. Die so entstandenen Antigen-Antikörper-Komplexe lösen dann weitere Mechanismen der Abwehr aus.

T-Lymphozyten stellen den größten Anteil der Lymphozyten dar. Sie machen ihre Entwicklung im Thymus durch, wobei sie auf ein Antigen spezifiziert werden. Nach der Prägung wandern sie ebenfalls in die lymphatischen Organe des Körpers in denen sie auf ihren Einsatz warten. Sie stellen damit den eigentlichen zellulären Anteil der spezifischen Abwehr.

Man kann mind. drei Typen von T-Lymphozyten unterscheiden :

T-Helferzellen : Sie produzieren bestimmte Botenstoffe, die einerseits Makrophagen, Lymphozyten und andere Abwehrzellen anlocken können und andererseits den Makrophagen beim Abbau von Antigenen helfen. Desweiteren sind sie an der Aktivierung von B-Lymphozyten beteiligt.

T-Killerzellen : Sie können virusinfizierte Zellen, aber auch Krebszellen im direkten Kontakt abtöten.

T-Suppressorzellen : Sie sind in der Lage, die Immunantwort des Körpers zu beenden, wenn die Erreger verschwunden sind.

Wenn der Körper eine Infektion mit einem Erreger überstanden hat, so wird er in vielen Fällen immun. Dies bedeutet, dass er beim zweiten Kontakt mit dem Erreger schon über eine gewisse Anzahl von spezifisch gegen diesen Erreger gerichtete Abwehrzellen verfügt, so dass der Körper sich rasch und effektiv schon in der Frühphase einer Wiederholungsinfektion verteidigen kann. Die Infektion wird also gestoppt bevor die eigentliche Krankheit ausbrechen kann.

Für diesen Mechanismus sind die **Gedächtniszellen** aus beiden Lymphozytenklassen verantwortlich. Sie entstehen bei der Primärinfektion aus B- und T-Lymphozyten. Im Gegensatz zu den anderen Abwehrzellen überleben sie die Primärinfektion auf Dauer und verbleiben als inaktive Zellen im lymphatischem Gewebe, sozusagen in Lauerstellung. Erst bei einer erneuten Infektion mit dem Erreger, auf den sie spezialisiert sind, werden sie aktiv und ermöglichen der Abwehr den Erreger zu identifizieren und rasch zu bekämpfen.

Im übrigen werden die Fähigkeiten von Gedächtniszellen bei allen **aktiven Impfungen** benötigt. Hierbei wird eigentlich dem Körper eine Primärinfektion vorgespielt auf die er in o.g. Weise reagiert. Allerdings werden natürlich keine pathogenen Erreger sondern entweder harmlose Untertypen oder Erregerbestandteile dem Körper zugeführt. Für die Wirkung der Impfung spielt es eigentlich nur eine Rolle, dass man der körpereigenen Abwehr die erregerspezifischen Antigen präsentiert auf die er dann mit der Bildung von spezifischen Gedächtniszellen reagiert. Kommt es dann zu einer Infektion des Körpers mit diesem Erreger, so ist er dem Körper hinsichtlich seiner Antigenität bekannt und die Immunantwort kann wie bei einer zweiten Infektion rasch erfolgen, so dass die Krankheit nicht oder nur latent ausbricht.

Impfempfehlungen werden Sie bei der Besprechung der Infektionskrankheiten finden können. Ich weise jedoch darauf hin, dass diese Empfehlungen einem steten Wandel unterliegen und im Einzelfall ärztlicherseits angeordnet und überprüft werden müssen.

In diesem Zusammenhang möchte ich noch auf die vom Körper gebildeten **Antikörper (Ak)** kurz eingehen. Eine ausführliche Besprechung dieses Themas würde allerdings den Rahmen dieses Buches sprengen.

Antikörper oder Immunglobuline (Ig) kann man als Sinnesorgane des Immunsystems beschreiben. Ihre Aufgabe ist es, körpereigene Substanzen von körperfremden zu unterscheiden. Man findet sie entweder an der Oberfläche von Lymphozyten oder aber im Blutplasma frei schwimmend (hier werden sie als Immunglobuline bezeichnet). Ihre Form kommt einem stilisierten Y am nächsten. Allen Ak ist dieses Grundelement gemein.

Die beiden kurzen Arme sind die Andockstellen zum Antigen, die lange Arm ist die Kontaktstelle zum Anlagern von Abwehrzellen.

Damit der Organismus Antikörper gegen ein bestimmtes Antigen bilden kann, muss er zunächst dieses Antigen aufschlüsseln. Hierbei ist das Zusammenspiel zwischen unspezifischer und spezifischer Abwehr von entscheidender Bedeutung. Man kann die Zusammenarbeit im Grundsatz wie folgt beschreiben :

Ein Erreger dringt in den Körper ein und wird von einem Makrophagen aufgenommen. Dieser Makrophage zerlegt den Erreger mit Hilfe von bestimmten Enzymen in seine Bestandteile. Nun wird der Erreger nicht vollständig verdaut sondern einige Teile z.B. seiner Oberfläche werden lediglich aufgespalten und vom Makrophagen in die eigene Zellmembran eingelagert (**Präsentation**). Zugleich werden von dem Makrophagen Botenstoffe (z. B. **Interleukin 1**) abgesandt um Zellen der spezifischen Abwehr anzulocken. Trifft nun ein T-Lymphozyt auf diesen Makrophagen so haftet er sich an ihn an. Nach Identifizierung des Antigens beginnt nun der T-Lymphozyt mit einer raschen Vermehrungszyklus, so dass eine große Anzahl von gleichartigen T-Lymphozyten generiert wird, die spezifisch gegen dieses Antigen gerichtet sind. Man bezeichnet diese gleichartigen Nachkommen als Klon. Aus diesem Klon entwickeln sich dann die spezifischen Helfer-, Killer-, Suppressor- und Gedächtniszellen.

B-Lymphozyten reagieren auf diese präsentierende Zelle in anderer Art. Um mit der Umwandlung in die Ak-produzierende Plasmazelle zu beginnen brauchen B-Lymphozyten die Unterstützung der T-Helferzellen. Diese lagern sich der antigenpräsentierenden Zelle an und schaffen somit die Voraussetzung für das Ankoppeln des B-Lymphozyten. Es bildet sich also ein Komplex aus dem präsentierenden Makrophagen, der T-Helferzelle und dem B-Lymphozyten. Nun erfolgt die Aktivierung des B-Lymphozyten und die Entstehung eines Klons mit der Unterdifferenzierung in Plasmazellen und Gedächtniszellen.

Hierbei sei noch zu erwähnen, dass man im Blutplasma 5 Untertypen von Ak unterscheidet. Die verschiedenen Typen beziehen sich einerseits auf die verschiedene Molekülgröße andererseits auf die Spezialisierungen der Antikörper. Der oben beschriebene Weg ist nur nötig, wenn der Körper noch keinen Kontakt zu einem Erreger hatte. Sind jedoch schon Gedächtniszellen vorhanden, kann die Ak-Produktion erheblich schneller und effektiver geschehen. Deshalb sind Impfungen auch erfolgreich, wenn der Körper auf die Impfung genügend Gedächtniszellen produziert.

3. Bakterielle Infektionen

3.1 Allgemeine Bakteriologie

Definition von Bakterien : Als Bakterien werden einzellige Mikroorganismen mit einer durchschnittlichen Größe von $0,2 - 5 \mu\text{m}$, die einen prokaryontentypischen Zellaufbau aufweisen, bezeichnet. Sie vermehren sich hauptsächlich durch Querteilung. Sie zählen mit zu den ältesten Lebensformen auf unserem Planeten und sind somit gleichzeitig eine der einfachsten aber auch erfolgreichsten Lebensformen. Sie können praktisch überall angetroffen werden. Es dürfte nur extrem wenige Orte auf der Erde geben, die nicht von ihnen besiedelt sind. Sie überstehen massive Temperaturschwankungen, extreme Trockenheit oder Druckverhältnisse und verschiedenste Variationen der physikalischen und chemischen Beschaffenheit ihrer Umgebung.

Unterscheidungen trifft man anhand mehrerer Kriterien :

Morphologie

Physiologie

Chemische Merkmale (Anfärbbarkeit)

Morphologie : Es gibt drei Grundformen von Bakterien.

Kugelförmige oder Kokken

Stäbchenförmige

Schraubenförmige oder Spirochäten, Spirillen

Physiologie : Die wichtigste physiologische Unterscheidung ist das Kriterium der Sauerstoffempfindlichkeit bzw. -abhängigkeit.

Aerobier (Bakterien, die Sauerstoff brauchen)

fakultative Anaerobier (Bakterien, die auch ohne Sauerstoff wachsen)

Anaerobier (Bakterien, die Sauerstoff nicht brauchen; Für sie ist Sauerstoff schädlich, hemmt ihr Wachstum oder tötet sie gar ab)

Chemische Merkmale : Das wichtigste chemische Merkmal zur Differenzierung ist die Anfärbbarkeit unter dem Mikroskop, insbesondere das Verhalten bei der Färbung nach Gram.

Grampositiv : Bakterien, die sich in der Gramfärbung blau anfärben lassen.

Gramnegativ : Bakterien, die sich in der Gramfärbung rot anfärben lassen.

Aufbau der Bakterienzelle

Im Unterschied zu den eukaryontischen Zellen liegt die DNS nicht in einem membranumhüllten Zellkern vor, sondern verschiedentlich gefalteten als Faden frei im Zytoplasma. Dazu tragen viele Bakterien noch ringförmig angelegte DNS im Zytoplasma. Diese wird als Plasmid bezeichnet und trägt ebenfalls bestimmte Erbinformationen – hat aber mit dem eigentlichen Bakteriengenom nichts zu tun und repliziert sich unabhängig von der Zellteilung. Diese Plasmide spielen eine große Rolle bei der Übertragung von Erbinformationen zwischen Bakterien. Bei der eigentlichen Zellteilung sind sie nur untergeordnet, werden aber auf die Tochterzellen weitergegeben. In den Plasmiden sind aber bestimmte Pathogenitätsfaktoren sowie Resistenzfaktoren gegen Antibiotika angelegt.

Plasmide können zwischen 2 Bakterien ausgetauscht werden. Und zwar nicht nur zwischen Bakterien einer Art sondern prinzipiell zwischen allen Arten. Die Resistenzentwicklung gegen Antibiotika ist auch wegen dieses Plasmidaustausches zu einem großen Problem geworden.

Neben den Unterschieden in der Anlage der DNS gibt es noch weitere zwischen Bakterien und höherentwickelten Einzellern.

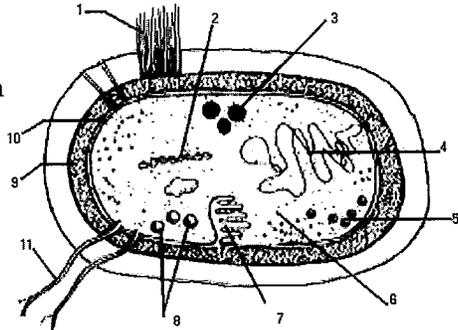
Das Zytoplasma der Bakterienzelle weist im Vergleich zu den höherentwickelten eukaryontischen Zellen nur in geringem Umfang intraplasmatische Strukturen auf. Ebenso fehlt eine Unterteilung in Kompartimente fast völlig. Zudem fehlen Zellorganellen wie Mitochondrien oder Chloroplasten.

Umgeben wird das Zytoplasma von einer enzymreichen, sehr stoffwechselaktiven Zellmembran. Diese wird von einer zusätzlichen Zellwand umgeben. Diese Zellwand bestimmt die Form, die Anfärbbarkeit und die Antigenität des Bakteriums. Sie dient dem Schutz der im Zytoplasma befindlichen Strukturen, welche gegenüber dem extrazellulären Milieu keinen Widerstand besitzen. Zerstört man diese Zellwand z.B. durch bestimmte Antibiotika, so ist die Bakterienzelle nicht mehr überlebensfähig.

Daneben besitzen viele Bakterien Geißeln zur Fortbewegung und/oder Fimbrien zur Anhaftung an anderen Bakterien oder an Substraten.

Abb. 22 : Aufbau der Bakterienzelle

- 1 = Fimbrien 2 = Plasmid 3 = Glycogen-Depot 4 = DNA (Bakterien-Genom)
 5 = Fetttropfen 6 = Zytoplasma
 7 = Mesosom 8 = Granula
 9 = Zellwand 10 = Zellmembran
 11 = Geißeln



3.2 Bakterielle Infektionskrankheiten

Es ist sicherlich kaum möglich alle Krankheiten, die durch Bakterien ausgelöst werden, in diesem Rahmen zu besprechen. Ich möchte daher nur die Krankheiten erwähnen, die häufig und/oder schwerwiegender Art sind. Insbesondere werden solche besprochen, die sich in wichtigen Punkten von den anderen Krankheiten absetzen. Dies gilt speziell für die Frage der Übertragbarkeit und die hygienischen Konsequenzen, die hieraus zu ziehen sind.

Bevor auf die speziellen Krankheiten, die von den verschiedenen Bakterienarten ausgelöst werden, eingegangen wird, möchte ich auf das Krankheitsbild der Sepsis zu sprechen kommen. Die Sepsis lässt sich keinem einzelnen Keim zuordnen, vielmehr können fast alle Bakterien eine Sepsis verursachen. Eine Sepsis liegt dann vor, wenn Bakterien von einem primären Infektionsort in die Blutbahnen einbrechen, vom Blutstrom im gesamten Körper verteilt werden und sich in anderen Organen ansiedeln und sekundäre Infekte auslösen. Die Sepsis ist auch im Zeitalter der Antibiotika eine gefürchtete Komplikation von bakteriellen Infektionen.

Sie wird durch ein schweres Krankheitsbild mit hohem Fieber, Eintrübung des Patienten und einem fast generellen Organversagen (Herz / Kreislauf; Niere; Leber; ZNS etc.) charakterisiert. Das Krankheitsbild ist schwer zu therapieren und führt in vielen Fällen zum Tode des Patienten. (= hohe Letalität !).

Zu unterscheiden ist die Sepsis von der Bakteriämie, bei der man zwar auch Bakterien im Blut nachweisen kann, bei der es aber zu keiner Streuung der Keime mit Sekundärinfektionen kommt. Gelingt es dem Körper aber nicht die Erreger aus dem Blut zu eliminieren, so entsteht eine Sepsis.

Bei der Besprechung der einzelnen Erreger werden die von ihnen verursachten Krankheiten aufgeführt.

Tab. 4 : Bakterielle Infektionen

Keim Krankheit	Gram	Infektions- modus	Ik- Zeit	Impfung möglich	Melde- pflichtig
Staphylokokkus aureus	pos.	Kontakt	Stunden	nein	nein
Staphylokokkus epidermidis	pos.	Kontakt	Stunden	nein	nein
Streptokokken Scharlach	pos.	Kontakt / Tröpfchen	1-3 Wochen	nein	nein
Pneumokokken Pneumonie	pos.	Tröpfchen	1-3 Wochen	ja	nein
Pseudomonaden	neg.	Kontakt/Endogen	Ø	nein	nein
Gonokokken Gonorrhoe	neg.	Kontakt / GV	1-3 Wochen	nein	ja
Meningokokken Meningitis	neg.	Tröpfchen	2-3 Tage	ja	ja
Salmonellen Typhus	neg.	Schmutz u. Schmierinfektion	1-3 Wochen	ja	ja
Shigellen Ruhr	neg.	Schmutz u. Schmierinfektion	1-5 Tage	nein	ja

Keim Krankheit	Gram	Infektions- modus	Ik- Zeit	Impfung möglich	Melde- pflichtig
Yersinia pestis Pest	neg.	Vektor (Floh) Kontakt und Tröpfchen	2-5 Tage	nein	ja Quaran- täne
Vibrio cholerae Cholera	neg.	Schmutz u. Schmierinfektion insb. Trinkwasser	5 Tage	ja	ja Quaran- täne
Legionella- pneumoniae Legionellen- pneumonie	neg.	Tröpfchen- infektion	2-10 Tage	nein	nein
Treponema pallidum Lues (Syphilis)	Ø	Kontakt / .GV	2-4 Wochen	nein	ja
Corynebakterium diphtheriae Diphtherie	pos.	Endogen / Tröpfchen	2-5 Tage	ja	ja Quaran- täne
Bacillus anthracis Milzbrand	pos.	Kontakt / Tiere / Staub	2-3 Tage	ja	ja
Clostridium perfringens Gasbrand	pos.	Kontakt über Wunden	Stunden	nein	ja
Clostridium tetani Tetanus	pos.	Kontakt über Wunden	Stunden bis Tage	ja	ja
Clostridium botulinum Botulismus	pos.	Infizierte Lebensmittel	Stunden bis Tage	nein	Ja

3.2.1 Staphylokokken

Staphylokokken sind kugelförmige, grampositive Bakterien, die unter dem Mikroskop in mehr oder weniger großen Gruppen angeordnet erscheinen. Darauf bezieht sich ihr Name, der dieses Verhalten beschreibt. Staphylokokkus bedeutet in Haufen angeordnete Kugeln.

Sie sind weit verbreitete Bakterien, die an vielen Erkrankungen beteiligt sein können. Ihre Pathogenität verdanken sie einigen Toxinen bzw. Enzymen, die sie synthetisieren können. Hierzu zählt insbesondere die sog. Plasmakoagulase mit denen der Keim das umgebende Gewebe einschmelzen kann um sich den Angriffen der Immunabwehr zu entziehen. Er bildet Hohlräume im Körpergewebe aus, in die die Abwehrzellen nach einiger Zeit nicht mehr eindringen können. Diese Hohlräumen füllen sich aber zunächst mit Eiter (abgestorbene Abwehrzellen) und es entsteht ein Abszess. Dieser Abszess ist nun für die Immunzellen kaum mehr zu attackieren und auch Antibiotika gelangen nur unzureichend an diesen Ort und können folglich auch nicht wirken. Als nahezu einzige Therapie verbleibt noch die Eröffnung und die Drainage des Abszesses. Erwähnenswert ist auch noch das sogenannte Enterotoxin (Staph. aureus) welches die häufigste Ursache von Lebensmittelvergiftungen ist.

Staphylokokken gehören zu den klassischen Eitererregern. Wichtig sind die beiden Unterarten

Staphylokokkus aureus (aureum = Gold) : Ist ein pathogener Keim, der eine Vielzahl von Erkrankungen auslösen kann. Sein Name rührt von dem Umstand her, dass er auf Blutkulturen goldgelbe Kolonien bildet. Er kann alle Arten von Abszessen (Furunkel, Karbunkel, Wundinfektionen) also Lokalinfectionen aber auch Lebensmittelvergiftungen, Lungenentzündungen und Herzklappenentzündungen auslösen. Er macht in zunehmenden Maße durch seine Resistenzausbildung gegen eine Vielzahl von Antibiotika insbesondere auf Intensivstationen, auf denen sehr viele Patienten antibiotikapflichtig sind, Probleme. Diese sogenannten multiresistenten Staphylokokken sind mit ca. 50 % verantwortlich für tödlich verlaufende Infektionen auf Intensivstationen.

Staphylokokkus epidermidis (oder albus) (albus = weiß) : Im Gegensatz zu dem erstgenannten Staphylokokkus aureus ist Staph. epidermidis ein fakultativ

pathogener Keim, der also nur unter bestimmten Bedingungen Infekte verursacht. Er gehört zur normalen Hautflora und bildet weiße Kolonien aus. Erwähnenswert ist er deshalb, weil er in besonderem Maße geeignet ist, in den Körper eingebrachte Materialien (insbes. Kunststoffe) zu besiedeln. Dies gilt für zum Beispiel für künstliche Knie- und Hüftgelenke, aber auch für Katheter, die in die obere Hohlvene eingebracht werden und besonders für künstliche Herzklappen. Er ist in der Lage sich auf solchen Oberflächen auszubreiten und entzieht sich der körpereigenen Abwehr in solchen schlecht durchbluteten Arealen.

3.2.2. Streptokokken

Streptokokken sind ebenfalls kugelige Bakterien, die aber im Gegensatz zu den Staphylokokken keine Haufen bilden, sondern sich in Reihen anordnen, so dass sich eine Kettenstruktur bildet. Auch sie sind in der Gramfärbung blau, also positiv. Sie sind ebensoweit verbreitet wie die Staphylokokken, besitzen aber andere biologische Eigenschaften. Ihre charakteristische Eigenschaft ist die, dass sie die roten Blutkörperchen auflösen können. Hierzu besitzen sie verschiedene Enzyme und Toxine. Man findet sie regelmäßig auf den Schleimhäuten des Nasen-Rachen-Raumes. Daher gehören sie auch zur physiologischen Bakterienflora.

Die wichtigsten **Toxine** und **Enzyme** sind :

Streptokinase kann Proteine und Fibrin spalten um so die Ausbreitung des Keimes zu fördern. (Wird aber auch zu therapeutischen Zwecken genutzt um z.B. Gefäßverschlüsse durch Thromben [Thrombosen, Embolien] aufzulösen.)

Erythrogenes Toxin wird nur von Streptokokken gebildet, die die genetische Information zur Bildung dieses Toxins durch Viren erhalten haben, von denen die Bakterien befallen wurden. Durch dieses Toxin entsteht die charakteristische Ausbildung des Scharlachausschlags.

Hämolyysin ist für die Zerstörung der roten Blutkörperchen verantwortlich.

Folgende Krankheiten werden von Streptokokken ausgelöst :

Scharlach

Angina (Mandel und Rachenentzündungen)

Phlegmonen (oberflächliche Hautentzündungen, die im Gegensatz zur Abszessbildung bei den Staphylokokken, zu einer flächenhaften Eiterausbreitung

führen. Oftmals beschränkt sich die Ausbreitung auf die Lymphbahnen, so dass sich charakteristische rote Streifen ausbilden. („Blutvergiftung“).

Endocarditis, eine Entzündung der Herzinnenhaut, die sich besonders leicht bei Herzklappenfehlern oder auf künstlichen Herzklappen ausbilden kann. Von hier aus können ganze Bakterienhaufen mit dem Blutstrom im ganzen Körper verteilt werden um dort weitere Entzündungen auszulösen. Im schlimmsten Falle bildet sich das Vollbild einer Sepsis aus.

Anzuführen ist noch das **Kindbettfieber** (aus medizin-historischen Gründen), bei dem es durch die Übertragung von Bakterien durch die Hände des Geburtshelfers oder durch verschmutzte Instrumente zur Infektion des Geburtskanals bis hin zur Sepsis kommt. Von Bedeutung ist die Erkrankung deswegen, weil I. Semmelweis, ein Geburtshelfer aus Wien, in der Mitte des letzten Jahrhunderts nachweisen konnte, dass diese Infektion zu vermeiden war, wenn der Geburtshelfer sich nach einer Untersuchung regelmäßig die Hände wusch. Da zum damaligen Zeitpunkt solche Erkrankungen als schicksalhaft galten, schuf er mit dem Nachweis der Übertragbarkeit und des Übertragungsweges die Grundlagen für ein neues Verständnis der Infektionen. Er wies die Ärzte und Hebammen in seiner Klinik an, sich die Hände mit sauberem Wasser und Chlorkalk zu waschen und konnte damit die hohe Sterblichkeitsrate unter den Gebärenden im Vergleich zu allen anderen Klinken erheblich reduzieren.

Streptokokkeninfekte sind insbesondere deshalb problematische Infektionen, weil ihnen nachfolgend Erkrankungen auftreten, die durch die teilweise heftige Immunantwort des Körpers entstehen. So richten sich bestimmte Antikörper, nachdem die Infektion ausgestanden ist, gegen körpereigene Gewebe und Organe. So können nachfolgend folgende Krankheiten auftreten.

Gelenkentzündungen (sog. rheumatisches Fieber), die mit Erkrankungen aus dem rheumatischen Formenkreis zu vergleichen sind.

Chronische Nierenentzündungen, die bis hin zum kompletten Organversagen führen können.

Befall von bestimmten Hirnarealen und dadurch Ausbildung des sogenannten Veitstanzes (Chorea minor).

3.2.3. Pneumokokken

sind grampositive Kokken, die paarweise angeordnet vorliegen (sog. Diplokokken) und die, in ihrer pathogenen Form, von einer Kapsel umgeben sind.

Sie sind die klassischen Erreger der Lungenentzündung (Pneumonie). Die Lungenentzündung ist eine schwere, fieberhafte Erkrankung, die besonders bei alten Menschen oder Menschen mit einer herabgesetzten Immunitätslage zum Tode führen kann. In der Todesstatistik in unserem Lande steht sie, was die Infektionen betrifft an erster Stelle, wobei nicht nur die Pneumokokken, sondern eine Vielzahl von Erregern Pneumonien auslösen können. Bei Kindern sind sie aber die häufigsten Erreger der Hirnhautentzündung (Meningitis) und spielen bei Mittelohrentzündungen (Otitis media) eine große Rolle.

Patienten, denen man die Milz entfernt hat, sind besonders anfällig. Daher werden sie gegen Pneumokokken geimpft. Hierbei bezieht sich die Impfung auf das Kapselantigen.

3.2.4. *Pseudomonas aeruginosa*

ist ein ca. 2 – 4 μm langes, gramnegatives, begeißeltes Bakterium mit einer ausgeprägten Umweltresistenz. Sie besitzen z.T. eine Kapsel und kommen praktisch an jeden halbwegs feuchten Ort vor.

Neben den Staphylokokken ist es eines der wichtigsten Bakterien, die wegen ihrer hohen Antibiotikaresistenz Schwierigkeiten insbesondere auf Intensivstationen und bei abwegeschwächten Personen machen. Sie lösen lokale Infektionen, aber auch schwere septische Erkrankungen ausgehend insbesondere von Verbrennungswunden oder Infektionen von Operationswunden aus. Dabei entsteht der charakteristische blau-grüne Eiter. Bei Diabetikern können u.a. schwer verlaufende Mittelohrentzündungen (Otitis media) entstehen.

3.2.5. Gonokokken

sind gramnegative Diplokokken mit einem Durchmesser von 0,8 – 1,0 μm . Sie sind die Erreger der **Gonorrhoe**, des „Trippers“. Dies ist die weltweit häufigste Geschlechtskrankheit. In unserem Land erkranken ca. 25.000 Personen / Jahr. Sie wird durch den Geschlechtsverkehr mit infizierten Personen übertragen. Da Gonokokken außerhalb des Körpers nicht lange überleben können, sind die

infizierten Personen das alleinige Erregerreservoir. Die klinischen Symptome sind bei Männern und Frauen durchaus unterschiedlich. So verläuft die Gonorrhoe beim Mann akut, heftig mit einer Entzündung der Harnröhre evtl. unter späterem Mitbefall von Nebenhoden und Prostata. Sie äußert sich zunächst mit heftigem Brennen beim Wasserlassen und mit einem eitrigen Ausfluss aus der Harnröhre. Die Bakterien haften an der Schleimhaut des Genitaltraktes an, werden phagozytiert und leben intrazellulär weiter, wobei sie die Zellen zerstören und eine heftige Entzündungsreaktion auslösen. Bei der Frau hingegen kann die Infektion zunächst klinisch stumm sein, das heißt, dass sie zunächst unbemerkt verläuft. Sie kann aber in dann lebensgefährlich werden, wenn aus der Entzündung des Vaginaltraktes sich eine Entzündung des Bauchfells (Peritonitis) entwickelt.

Gefürchtet wird die Infektion des Neugeborenen bei der Passage durch den Geburtskanal. Hierbei kann es zur eitrigen Infektion der Bindehäute der Augen (Konjunktivitis) kommen aus der sich eine Blindheit entwickeln kann. Daher führte man bis vor einiger Zeit routinemäßig bei allen Neugeborenen die sogenannte Créde'sche Prophylaxe durch, indem man dem Neugeborenen einen Tropfen Silbernitratlösung in jedes Auge tropfte.

3.2.6. Meningokokken

Meningokokken sind ebenfalls gramnegative Diplokokken, die die eitrige **Gehirnhautentzündung** (Meningitis) verursachen. Meningokokken werden durch Tröpfcheninfektion ausschließlich von Mensch zu Mensch übertragen. Der Mensch ist der einzige natürliche Wirt von Meningokokken. Infektionen mit Meningokokken treten insbesondere im Herbst und im Frühling auf. In der sogenannten 3. Welt treten aber auch immer wieder größere Epidemien mit den Keimen auf. Man spricht auch vom Meningitis-Gürtel, der den Globus in den Gebieten um den Äquator umzieht. Besonders in den südlich der Sahara gelegenen Ländern und in bestimmten Teilen Südamerikas ist die Erkrankung sehr häufig. Die Keime siedeln im Nasen-Rachen-Raum, wobei nur ein kleiner Teil der Träger auch wirklich erkranken. Bei uns tragen ca. 5 – 20 % der Bevölkerung den Keim mit sich. Man rechnet jährlich mit rund 300 Erkrankungen in der BRD. Epidemien sind in unseren Breiten nicht aufgetreten, weil das Ausbrechen der Krankheit einer gewissen Abwehrschwäche des Patienten bedarf.

Meningitiden sind sehr gefürchtet, weil ein Großteil tödlich verläuft und bei den Überlebenden oftmals große Bezirke des Gehirns zerstört werden.

Ähnlich wie die Gonokokken, sind Meningokokken obligat intrazellulär vorkommende Keime, die sich vor der körpereigenen Abwehr im Inneren von Zellen verstecken und so von den Abwehrzellen nicht erkannt werden können. Die Letalität liegt bei unbehandelten Patienten bei 85 % und selbst bei adäquater Therapie noch bei 10 – 30 %.

Eine Meningokokkenimpfung ist dann empfehlenswert, wenn ein längerer Aufenthalt in den Ländern des Meningitis-Gürtels geplant ist – besonders bei Reisen während der Trockenzeit.

Der Impfstoff wird 1 x subcutan gespritzt und bietet ca. 3 Jahre lang Schutz.

3.2.7. Salmonellen

Salmonellen sind gramnegative Stäbchenbakterien, die unterschiedliche Krankheiten des Magen-Darm-Traktes auslösen können. Es sind ca. 2000 verschiedene Salmonellenuntertypen bekannt. Wichtig sind die folgenden :

Salmonella typhi ist der Erreger des **Typhus**. Diese (klassische) Durchfallerkrankung beginnt nach einer Inkubationszeit von ca. 1–3 Wochen. Es genügt wenn nur ca. 1000 Salmonellen aufgenommen werden um zu erkranken !! Die Krankheit beginnt mit unspezifischen Symptomen wie Unwohlsein, Bronchitis, Angina und Fieber. Das Fieber steigt dann innerhalb von 1 Woche kontinuierlich an und erreicht schließlich Werte bis zu 41° C. Nun dominieren klinisch Abgeschlagenheit, Benommenheit und Kopfschmerzen. Hinzu kommen Symptome wie Milzschwellung, das Auftreten von kreisförmigem Ausschlag besonders im Bereich der Bauchhaut (sog. Roseolen) und eine Leukopenie (d.h. diese Infektionskrankheit geht mit einer erniedrigten Abwehrzellenzahl im Blutbild einher; dies ist deshalb erwähnenswert, weil die meisten Infektionskrankheiten mit einer Leukozytose, d.h. einer vermehrten Anzahl von weißen Blutkörperchen einhergehen.) Erst in der 3. Woche der Erkrankung kommt es zu den klassischen erbsenbreiartigen Durchfällen mit hohem Wasser- und Mineralstoffverlust bei dem Patienten. Unbehandelt hat der Typhus eine ca. 15 %-ige Letalität. Da sich nach dem Durchstehen der Krankheit immer noch Salmonellen im Magen-Darm-Trakt insbesondere in den Gallengängen aufhalten, werden von den Patienten

noch eine lange Zeit nach der Krankheit, Bakterien ausgeschieden. Diese Patienten werden als Dauerausscheider bezeichnet. Da sie klinisch gesund sind, wird die Krankheit oftmals unbemerkt von ihnen weitergegeben. Daher gibt es Sperrfristen für Personen, die mit Lebensmitteln arbeiten, wenn sie an Salmonellen erkrankt waren. Sie dürfen erst wieder ihrem Beruf nachgehen, wenn sie nachweislich keine Salmonellen mehr ausscheiden.

Salmonella enteritidis löst hingegen eine akut einsetzende Gastroenteritis aus. Die Krankheitssymptome treten nach einer kurzen Inkubationszeit (1–3 Tage) mit Erbrechen, Durchfall und Fieber auf. Wie der Typhus wird die Gastroenteritis durch infizierte Lebensmittel oder Wasser übertragen. Die Keime gedeihen besonders gut im Sommer auf Fleisch, in Eiern, Mayonnaise etc. Die Schädigung der Darmschleimhaut erfolgt über ein Endotoxin, welches beim Zerfall eines Erregers frei wird, und neben der lokalen Schädigung der Schleimhaut auch für die Entstehung des Fiebers verantwortlich ist.

Bei der Therapie der o.g. Krankheit spielt die Prophylaxe eine entscheidende Rolle.

Außer den allgemeinen hygienischen Maßnahmen, gilt die Aufmerksamkeit besonders den Dauerausscheidern. Im übrigen sind Salmonellosen meldepflichtig und Erkrankte sind zu isolieren. Bei dem Umgang mit Erkrankten ist besonders hohe Vorsicht angesagt, weil die Übertragung schon mit relativ wenigen Keimen für die typhöse Form möglich ist. Jedes Jahr treten in Deutschland ca. 100.000 Fälle der Gastroenteritis mit Salmonella enteritidis und 100 Fälle mit Salmonella typhi auf. Das Keimreservoir für S. enteritidis sind insbesondere Schweine sowie Hühner, Enten und deren Eier. Bei S. typhi ist ausschließlich der Mensch Erregereservoir.

Zu den prophylaktischen Maßnahmen gehört es u.a. Lebensmittel nicht längere Zeit in der Wärme stehen zu lassen, da dies zu einer massiven Vermehrung der Keime führt. Potentiell gefährliche Speisen sollten lang und intensiv gekocht werden um eine gewisse Sicherheit zu erhalten. Trinkwasser sollte stets hygienisch aufbereitet und desinfiziert werden. Schlachthöfe, Molkereien und andere lebensmittelproduzierende Betriebe unterliegen der staatlichen Kontrolle genauso wie Trinkwasserspeicher und -leitungen.

Gegen den Typhus ist eine Schluckimpfung möglich, welche bei Reisen in Risikogebiete empfehlenswert ist. Zur Impfung wird jeweils 1 Kapsel vor dem Essen am Tag 1, 3 und 5 geschluckt. Die Impfung bietet einen relativ zuverlässigen Schutz über einen Zeitraum von 1 – 2 Jahren. Ein ausreichender Schutz ist aber erst nach ca. 3 Wochen vorhanden. Da die Typhusimpfung eine Lebendimpfung ist, muss ein zeitlicher Abstand zu anderen Impfungen (z.B. Kinderlähmung – Polio oral – ca. 1 Woche) eingehalten werden.

3.2.8. Shigellen

Shigellen sind die Erreger der **Ruhr** (Dysenterie). Shigellen sind ebenfalls gramnegative Stäbchen, die im Gegensatz zu den Salmonellen nicht beweglich sind. Shigellen sind in der Lage den infizierten Darm mit einem Toxin so zu schädigen, dass es im Anschluss an die primären wässrigen Durchfälle zu Blutungen aus der Darmschleimhaut kommt, die sich wiederum in den charakteristischen blutigen Durchfällen der Ruhr manifestieren.

Wie bei den Salmonellen genügt eine geringe Keimanzahl, um das Vollbild der Erkrankung auszulösen. Der Übertragungsweg ist der gleiche wie beim Typhus. Die Inkubationszeit ist mit 1–5 Tagen jedoch erheblich kürzer. Auch bei der Ruhr sind Dauerausscheider bekannt.

3.2.9. Yersinien

sind kurze, gramnegative Stäbchen. Sie lösen eine ganze Reihe von Krankheiten bei Menschen und Tieren aus.

Klinisch (bzw. historisch) wichtig ist *Yersinia pestis*, der Erreger der **Pest**. Die Pest kann über verschiedene Wege übertragen werden. Ein Weg ist der Biss eines infizierten Rattenflohs, aber auch die Kontaktübertragung über Hautwunden ist möglich.

Die Pest ist die klassische Epidemiekrankeheit, die im Altertum und Mittelalter ca. 25 % der damaligen Bevölkerung in Europa getötet hat.

Die Infektion beginnt mit einer Inkubationszeit von 3–5 Tagen mit der Ausbildung von rot-bläulich verfärbten und geschwollenen Lymphknoten (Bubonen oder Beulen); daher Beulenpest. Von den Lymphknoten aus kann ein Einbruch in die Blutbahnen erfolgen, bei dem die Erreger mit der Blutbahn in alle Organe

des Körpers transportiert werden und ein septisches Krankheitsbild entsteht. Die Absiedelung in die Lunge ist von besonderer Bedeutung, weil der Erkrankte die Bakterien mit dem Husten auswerfen kann und die Erkrankung per Tröpfcheninfektion übertragen werden kann.

Hiernach kann bei dem Neuinfizierten die Pest primär als Lungenpest entstehen. Diese Infektion führt ohne Therapie fast immer zum Tode.

Heute gibt es jährlich weltweit ca. 20.000 Neuerkrankte, insbesondere in den Entwicklungsländern.

Die Pest ist meldepflichtig und gehört zu den 4 Quarantänekrankheiten, das bedeutet, dass Kontaktpersonen zwangsweise isoliert werden können; zudem können auch Grundstücke, Gebäude und Transportmittel einbezogen werden. Bei der Pest sind das 6 Tage (unter Berücksichtigung der Inkubationszeit).

3.2.10. Vibrionen

Der Erreger der **Cholera**, *Vibrio cholerae*, ist ein gramnegatives, kommaförmig gebogenes Stäbchen.

Die Infektion erfolgt durch die orale Aufnahme des Keimes mit dem Trinkwasser oder mit infizierten Speisen. Der Erreger gelangt in den Darm und produziert große Mengen eines Exotoxins (ein Toxin, das aktiv vom Keim ausgeschieden wird), welches die Darmschleimhaut angreift und zu massiven Durchfällen und Erbrechen führt. Es können bis zu 20 Liter Flüssigkeit pro Tag beim Infizierten auf diese Weise verlorengehen.

Die Inkubationszeit beträgt 5 Tage. Auch die Cholera gehört zu den 4 Quarantänekrankheiten und sie ist hiermit natürlich meldepflichtig. Es besteht die Möglichkeit sich gegen die Cholera impfen zu lassen. Jedoch ist der Impfschutz schwach und unsicher. Die Cholera ist eine klassische Pandemieinfektion. Das letzte Aufblühen in Europa geschah vor rund 90 Jahren. Bei der letzten Epidemie in Hamburg starben noch rund 60.000 Menschen. Als einziges Erregerreservoir gilt auch im Falle der Cholera der Mensch.

3.2.11. Escherichia coli

In den letzten Jahren hat es zunehmend Fälle von schweren Durchfallserkrankungen durch *Escherichia coli* Bakterien gegeben. Diese Keime kommen als harm-

lose Vertreter praktisch bei jedem Menschen im Darm vor. Einige Stämme sind aufgrund ihrer Fähigkeit Toxine zu bilden aber zu Auslösern von lebensbedrohlichen Enteritiden geworden.

Die sog. Enterohämorrhagischen *E. coli* (EHEC) infizieren fast immer eine größere Gruppe von Menschen zur gleichen Zeit, treten also als Epidemie auf. Aufgenommen werden die Erreger über infizierte Lebensmittel (fäkal – oral). Nach einigen Tagen treten dann cholera-ähnliche Durchfälle auf, die im schlimmsten Falle mit einem septischen Krankheitsbild (Kreislauf- und Organversagen). Die Inkubationszeit beträgt ca. 2 – 10 Tage. Vital gefährdet sind vor allem Säuglinge, alte Menschen, aber auch Kinder und Jugendliche.

3.2.12. Listerien

werden von infizierten Tieren über direkten Kontakt oder tierische Produkte wie z.B. Milch, rohes Fleisch und Käse übertragen. Humanpathogen ist *Listeria monocytogenes*, die insbesondere gefährliche Infektionen von Mutter und Kind in der Schwangerschaft auslösen. Bei der Mutter zeigen sich nur unspezifische Symptome, wie Kopfschmerzen, Fieber und allg. Unwohlsein. Nach einer Inkubationszeit von 1 – 4 Wochen kann eine intrauterine Infektion des Fetus stattfinden, die von einer Sepsis des Neugeborenen bis hin zur Fehlgeburt führen kann. Charakteristisch ist der Verlauf als Meningitis mit Krampfanfällen. Die Erkrankung ist meldepflichtig. Schwangeren sollte also der Kontakt zu Tieren und der Verzehr von roher Milch, rohem Fleisch oder bestimmten Käsesorten nicht empfohlen werden.

3.2.13. Legionellen

(*Legionella pneumoniae*) sind schwach gramnegative Stäbchen. Ihren Namen verdanken sie der Tatsache das sie erstmalig 1976 auf einem Kongress der „American Legion“ in Philadelphia nachgewiesen wurden, nachdem 182 Kongressteilnehmer an einer ungewöhnlichen Lungenentzündung erkrankten und 29 hieran verstarben.

Die Übertragung geschieht durch das inhalieren von bakterienbefallenem Wasserdampf, wie er z. B. beim Duschen (aber auch Klimaanlage können befallen sein) auftreten kann. Nach einer Inkubationszeit von 2 – 10 Tagen kommt es

zunächst zum Auftreten von Symptomen wie Kopfschmerzen, Fieber und in über der Hälfte der Fälle zu Durchfällen. Im Anschluss hieran zeigen sich dann die Symptome der Lungenentzündung, die oftmals mit einer Rippenfellentzündung (Pleuritis) einhergehen. Da die Symptome relativ unspezifisch sind, spricht man auch von einer „atypischen Pneumonie“. Da vornehmlich Patienten mit einer Abwehrschwäche befallen werden, ist die Letalität der Legionellenpneumonie hoch.

3.2.14. Chlamydien

Die Papageien-Krankheit (Psittakose) ist ebenso eine schwere Erkrankung der Atemwege, die in vielen Fällen mit dem Tode des Patienten endet. Ausgelöst wird sie von *Chlamydia psittaci*. Der Keim wird über Staubpartikel (Kot, Federn) von infizierten Vögeln übertragen. Eine Tröpfcheninfektion erfolgt von Mensch zu Mensch. Die Erkrankung beginnt mit uncharakteristischen grippeähnlichen Symptomen, gefolgt von hohem Fieber und einem therapieresistenten, quälenden Hustenreiz.

Vorbeugend sollte ein zu enger Kontakt (z.B. Küsschen geben) zu Ziervögeln vermieden werden.

3.2.15. Hasenpest

Eine weitere meldepflichtige Zoonose stellt die Tularämie oder Hasenpest dar. Die Erreger (*Francisella tularensis*) wird von infizierten Tieren entweder durch direkten Kontakt oder über Milben und Zecken übertragen. Nach 3 – 5 Tagen stellt sich dann ein akutes systemisches Krankheitsbild, mit hohem Fieber, Schüttelfrost, Kopf- und Gliederschmerzen und einer massiven Lymphknotenschwellung im Bereich der Eintrittspforte des Erreger ein. An der Eintrittsstelle entsteht oftmals eine kleine Ulzeration. Der Keim hat die Eigenschaft, dass er in Körperzellen überleben und sich fortpflanzen kann. Das gilt auch für Makrophagen, die den Erreger aufnehmen können, ihn aber nicht an der weiteren Vermehrung hindern. Es entsteht somit ein pestähnliches Krankheitsbild, welches nur mit einer hochdosierten Antibiotikatherapie geheilt werden kann. Eine Schutzimpfung ist möglich, jedoch erscheint eine durchgreifende Sicherheit mit ihr nicht gewährleistet zu sein.

3.2.16. Treponemen

Treponemen sind nach Gram nicht anfärbbare, ca. 5–15 μm lange, spiralförmige Bakterien, die durch Drehung um die eigene Achse beweglich sind.

Klinisch betrachtet ist ohne Zweifel *Treponema pallidum*, der Erreger der Lues oder Syphilis, der wichtigste.

Die Infektion beginnt mit direktem Kontakt mit erregerhaltigen Läsionen insbesondere durch den Geschlechtsverkehr. Nach einer Inkubationszeit von 2–4 Wochen bildet sich an der Eintrittsstelle des Erregers ein derbes Geschwür im Hautbereich. Dieser sogenannte „harte Schanker“ wird auch als Primärläsion bezeichnet. Die Primärläsion verschwindet dann, auch ohne Behandlung. (Lues Stadium I).

Die Infektion ist aber hiermit noch lange nicht ausgestanden. Nach weiteren 4–8 Wochen zeigen sich dann am gesamten Körper Pusteln und Geschwüre, die auch wieder massenhaft Erreger enthalten. (Lues II). Dieses Stadium kann sich über Monate oder Jahre, mit beschwerdefreien Intervallen, halten. Aber auch dieses Stadium verschwindet ohne Behandlung. Nach Jahren kommt es dann zum 3. Stadium der Erkrankung, das sich durch verschiedentlichen Organbefall klinisch äußert und schließlich zum Tode führt. Durch den Befall fast aller Organe kommt es zum Funktionsverlust und Organversagen. Mögliche Symptome sind u.a. :

Erbblindung durch den Befall des Sehnerven.

Degeneration des Rückenmarks mit Sensibilitätsstörungen und Lähmungen

Ausbildung eines Aortenaneurysmas (einer krankhaften Ausstülpung der Gefäßinnenhaut mit der Gefahr des Risses und einer lebensbedrohlichen Blutung)

Befall des Gehirns mit Funktionsausfällen und Schwachsinn

Lues oder Syphilis ist somit eine heimtückische Erkrankung, die unbehandelt mit dem Tode des Patienten endet. Besonders trügerisch sind die beschwerdefreien Intervalle, in denen der Patient die Krankheit nicht mehr wahrnimmt.

Der Erreger kann diesen langen Zeitraum im Körper nur überstehen, weil er sich der körpereigenen Abwehr durch die Anwendung verschiedene Strategien entziehen kann. Hierzu zählt u.a., die Fähigkeit seine Oberflächenstruktur, d.h. seine Antigenität, zu ändern so dass er für die Immunabwehr immer wieder ein

neues Gesicht bekommt und die zuvor gebildeten Antikörper gegen die neue Oberfläche wirkungslos bleiben.

Die Syphilis ist weltweit sehr verbreitet. In Deutschland muss pro Jahr mit dem Auftreten von etwa 2.500 Fällen gerechnet werden. Das dritte Stadium ist allerdings selten geworden, weil Diagnose und Therapie relativ einfach durchzuführen sind.

3.2.17. Corynebakterien

Corynebakterien sind 2 – 6 μm lange und 1 μm dicke, grampositive Stäbchen mit einem verdickten Ende, das ihnen ein keulenförmiges Aussehen verleiht. Für den Menschen ist nur ein Corynebakterium pathogen, der Erreger der Diphtherie, das Corynebakterium diphtheriae. Nach einer Inkubationszeit von 3–5 Tagen kommt es durch die Wirkung des Diphtherietoxins zu folgenden Symptomen :

Zerstörung der Mund- und Rachenschleimhäuten mit Ausbildung von gräulich-weißen Belegen in diesem Bereich, unter denen es blutet, wenn man sie entfernt.

Schwellung der Halslymphknoten („Cäsarenhals“)

süßlich-fauligem Mundgeruch

Organschädigungen an Herz (toxische Herzmuskelentzündung), Niere oder Leber

Spasmen der Atemwege mit Luftnot

Schädigungen des Nervengewebes mit Ausbildung von Lähmungen der Augen-, Gaumen- oder Extremitätenmuskulatur.

Anschwellen der oberen Atemwege (echtes Krupp-Syndrom)

Ähnlich wie beim Scharlach, können nur solche Bakterien das Toxin synthetisieren, die zuvor von einem Virus befallen wurden. Durch die Einbringung der Viruserbinformationen in die DNS des Bakteriums erhält das Bakterium die nötigen Informationen zur Toxinsynthese. Die Pathogenität bezieht sich also vielmehr auf die Toxinwirkung, als auf die Infektion mit dem Bakterium. Diphtherieinfektionen sind glücklicherweise sehr selten; wenn sie auftreten zeigen sie aber meist schwere Verläufe mit einer Letalität von ca. 20 %. Erkrankte Personen müssen daher so lange isoliert werden, bis zwei Abstriche in mehr als 24 Std. Abstand negativ ausfallen. Enge Kontaktpersonen müssen in Quarantäne, bis auch bei ihnen negative Abstrichergebnisse vorliegen. Alle Gegenstände, die mit

den Patienten in Kontakt gekommen sind, müssen sterilisiert werden. Eine Impfung ist möglich und wird bei Kindern im Rahmen der Grundimmunisierung durchgeführt. Einmal durchgestanden hinterlässt die Diphtherie eine lebenslange Immunität.

3.2.18. Milzbrand

Bacillus anthracis ist ein grampositives, aerobes, sporenbildendes Bakterium. Er ist der Erreger des Milzbrandes. Der Milzbrand ist in erster Linie eine Erkrankung von Tieren, der aber auf den Menschen übertragen werden kann. Ein Befall mit dem Erreger führt immer zum Ausbruch der Krankheit. Klinisch werden drei Krankheitsbilder unterschieden :

Hautmilzbrand : ist die häufigste Form. Er wird meist durch direkten Kontakt mit infizierten Tieren übertragen. Eintrittspforten sind dann kleine Hautverletzungen. Nach einer kurzen Inkubationszeit (2-3 Tage) zeigen sich dann eine charakteristische, blau-schwarze Pustel. Es kommt zum schmerzhaften Befall der Lymphbahnen mit möglichem Einbruch in die Blutbahn, aus dem sich eine oftmals tödlich verlaufende Sepsis entwickelt.

Lungenmilzbrand : wird durch das Einatmen von sporenhaltigen Staub übertragen. Es folgt eine schlagartig einsetzende Pneumonie mit hohem Fieber und meist tödlichem Ausgang.

Darmmilzbrand (selten) : wird durch den Verzehr von infiziertem Fleisch übertragen. Es folgt eine schwere Gastroenteritis, vergesellschaftet mit Erbrechen und blutigen Durchfälle und mit häufigem tödlichen Ausgang.

Der Milzbrand ist eine meldepflichtige Erkrankung.

3.2.19. Clostridien

Clostridien sind grampositive, anaerobe, sporenbildende Stäbchen. Sie kommen überall vor, man findet sie im Staub, in der Erde aber auch im menschlichen Darm siedeln sie. Aus der großen Gruppe von Clostridien sind drei von besonderer Bedeutung :

- Clostridium perfringens : Gasbrand
- Clostridium tetani : Wundstarrkrampf (Tetanus)
- Clostridium botulinum : Botulismus

Gasbrand ist eine gefürchtete Wundinfektion, bei der es zu einer weitgehenden Gewebeerstörung kommt. Diese Zerstörung schreitet von der Wunde ausgehend rasch fort und führte in der vorantibiotischen Zeit zum Tode oder zu vielen Amputationen von Gliedmaßen insbesondere Verletzten in Kriegszeiten.

Das Bakterium besitzen ein ganzes Arsenal von gewebeerstörenden Enzymen und Toxinen. Im Eintrittsbereich der Entzündung bilden sich im Gewebe kleine Gasblasen aus, die sich bei Druck auf die Haut mit einem feinen Knistern bemerkbar machen.

Eine besondere Bedeutung hat *Clostridium perfringens* bei der Entstehung einer Dickdarmentzündung, wie sie durch die Gabe von Antibiotika entstehen kann, bei der die natürliche Darmflora zerstört wurde und die Clostridien nun den freigewordenen Raum nutzen und zu die Entzündung führen.

Der **Wundstarrkrampf** besitzt heutzutage eine weitaus größere Bedeutung. Auch bei ihm erfolgt die Infektion über Hautverletzungen. Dabei spielt es keine Rolle ob dies nun eine sehr kleine oder sehr große Wunde ist. Gefährdet sind insbesondere Brandwunden, wenn die Verbrennungen zu eine tiefgehenden Hauterzörung geführt haben. Hierdurch wird die Blutversorgung soweit herabgesetzt, dass die Erreger vom Sauerstoff getrennt wachsen können.

Ähnlich wie bei der Diphtherie spielt das Toxin von *Clostridium tetani* die entscheidende Rolle. Es führt zu einer fortschreitenden krampfartigen Lähmung der gesamten Muskulatur, wobei die Lähmungen klassischerweise im Gesichtsbereich beginnen und über die Nacken- und Rückenmuskulatur auf die Extremitäten übergreifen. Das Bewusstsein des Patienten ist hierbei nicht eingeschränkt. Weltweit erkranken heutzutage ca. 300.000 Menschen pro Jahr. Die Letalität wird mit mindestens 50 % angegeben.

Die Impfung ist daher von ganz besonderer Bedeutung.

Auch der **Botulismus** ist, klinisch besehen, eine fast reine Intoxikation. Die Infektion erfolgt über kontaminierte Lebensmittel vorzugsweise durch unsachgemäß angefertigte Konserven. Sind die Lebensmittel in den Konserven befallen, so können sich die Bakterien in dem luftabgeschlossenen Raum vermehren und große Mengen Toxin produzieren. Das Toxin ist ein hitzelabiles Protein und

zählt zu den stärksten natürlichen Giften. Schon ca. 1 g inhaliert reichen aus, um einen Menschen zu töten. Wird das Gift mit der Nahrung aufgenommen kommt es fortschreitenden Lähmungen der gesamten Muskulatur. Die Letalität beträgt bis zu 70 %. Eine aktive Impfung ist nicht möglich.

3.2.20. Tuberkulose

Die Tuberkulose (Tbc) wird durch das Mykobakterium tuberculosis, einem unbeweglichem, aeroben, sporenlösen Stäbchen ausgelöst. Diese Bakterien wurden 1882 von Robert Koch entdeckt. Er stellte einen Zusammenhang zwischen der seit langen bekannten „Schwindsucht“ und den Bakterien her. Die Übertragung erfolgt zumeist per Tröpfcheninfektion von Mensch zu Mensch. Infektionen sind aber auch auf fast allen anderen Wegen möglich. Die Inkubationszeit beträgt etwa 3–4 Wochen. Es erfolgt zunächst eine lokale Infektion mit Schwellung der benachbarten Lymphknoten (Primärstadium). Von diesen Primärherden aus können die Erreger über den Blutweg in alle anderen Organe des Körpers gelangen und sich dort festsetzen (Sekundärstadium).

Sie führen dort zu weiteren lokalen Entzündungen mit der entsprechenden Symptomatik. Von diesem Stadium aus kann sich z. B. die Miliartuberkulose entwickeln, die man mit einer Sepsis vergleichen kann.

Die Tuberkelbakterien besitzen eine Reihe von Eigenschaften, die ihnen das Überleben im Körper ermöglichen. Ihre Zellwand enthält z.B. eine Reihe von verschiedenen Wachsen, welche es ihnen ermöglichen sogar im Zellinneren von Makrophage zu überleben. Da das Immunsystem den Erreger kaum Schädigen kann, wird er vom Körper abgeschottet. Um den Entzündungsherd bildet sich eine Kaverne. Brechen diese Kavernen im Bereich der Bronchien auf, so hustet der Befallene große Mengen von Erregern aus („offene Tbc“).

Weltweit erkranken immer noch ca. 15 Millionen Menschen in jedem Jahr; ca. 3 Millionen sterben jährlich an der Tuberkulose.

In unserem Land gewinnt die Tuberkulose ebenfalls wieder an Bedeutung, auch dadurch, dass sie immungeschwächte Patienten (AIDS-Patienten, Patienten unter Chemotherapie bei Krebs oder nach Organtransplantationen) befällt. Die Zuwanderung aus Endemiegebieten stellt einen weiteren Faktor dar.

Einen gewissen Impfschutz bietet die früher durchgeführte sog. BCG-Impfung.

II. MIKROBIOLOGIE

4 Virale Infektionen

4.1 Allgemeine Virologie

Viren haben im Gegensatz zu den vorher besprochenen Bakterien andere Strategien und Mechanismen beim Befall eines Wirtsorganismus entwickelt. Ihre biologischen Fähigkeiten unterscheiden sich in wesentlichen Punkten von denen aller anderen Mikroorganismen.

Im Einzelnen gibt es folgende wesentliche Unterschiede :

Viren sind keine Zellen. Sie bestehen lediglich aus einer Hülle und darin gelagerter DNS oder RNS.

Viren haben keinen eigenen Stoffwechsel. Sie sind nicht in der Lage, sich ohne eine Wirtszelle zu vermehren.

Biologisch betrachtet erfüllen Viren also wichtige Kriterien, die ein lebendiges Wesen erfüllen muss, nicht.

Viren sind sehr kleine Erreger. Sie sind nur zwischen 20–300 nm groß. Ein Viruspartikel besteht aus einer Eiweißhülle (Kapsid) und der darin gelagerten Erbinformation, entweder DNS oder RNS. Nach der Art der Erbinformation spricht man von RNS- oder DNS-Viren. Das Kapsid kann seinerseits wieder von einer Hülle umgeben sein. Fehlt sie so spricht man in diesem Falle von einem „nackten“ Kapsid. Das Kapsid hat die Aufgabe die darin gelagerte Nukleinsäure vor äußeren Einflüssen zu schützen. Desweiteren bestimmt es die Antigenität des Virus und schafft im übrigen die Voraussetzung für das Andocken des Virus an die spezifische Wirtszelle. Einige Viren umgeben sich beim Austritt aus der Wirtszelle mit Teilen der Zellmembran in die wiederum virusspezifische Anteile eingebaut wurden. Auf diese Art entgehen sie dem Zugriff des Immunsystems, weil dieses die Membran für eine körpereigene Substanz halten und nicht attackieren.

Im folgenden Abschnitt wird ein viraler Infektionszyklus besprochen:

Zunächst lagert sich das Virus an der Wirtszelle über Schlüsselstellen der Zellmembran an. Mit speziellen Enzymen wird die Zellmembran perforiert und die Viruserbinformationen in die Wirtszelle eingebracht. Die Nukleinsäure wird nun in die DNS / RNS der Zelle eingebaut und verdrängt die ursprünglich hierin codierten Erbinformationen teilweise oder vollständig. Der Zellstoffwechsel beginnt nun mit der Produktion von Virusbestandteilen. Der eigentliche Zellstoffwechsel

findet wenn überhaupt nur noch spärlich statt. Die Virusbestandteile fügen sich zu einem neuen kompletten Virus zusammen. Hierbei werden aber von der Wirtszelle nicht nur ein neues Virus sondern einige Tausend neue Viren produziert. Diese Viren

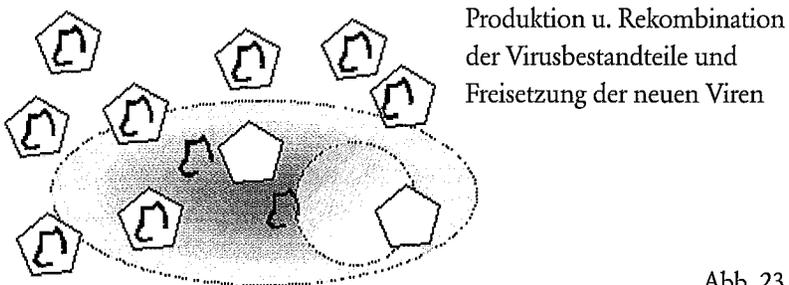
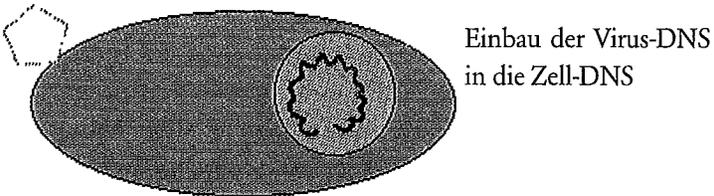
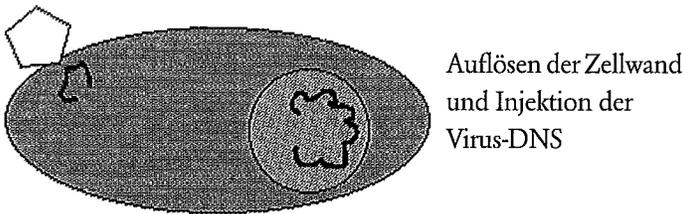
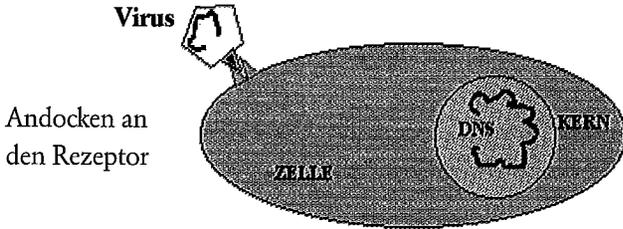


Abb. 23

gelangen nun, teilweise unter Mitnahme von Zellmembran, wieder aus der Wirtszelle nach außen um erneut andere Zellen zu befallen. Die Wirtszelle stirbt in der Regel bei diesem Vorgang ab, weil ihr eigener lebensnotwendiger Stoffwechsel praktisch erliegt. Siehe Abb. 23. Das körpereigene Abwehrsystem kann die Viren auf mehrere Arten bekämpfen.

Zunächst einmal sind die Viren, die sich nicht in ihren Wirtszellen aufhalten dem Zugriff von Antikörpern und Makrophagen nicht entzogen. Zum anderen geben infizierte Körperzellen Interferone ab, die zum einen benachbarte Zellen zur Produktion von antiviralen Stoffen anregen; zu anderen werden hierdurch Zellen der spezifischen Abwehr angelockt. T-Killerzellen töten virusinfizierte Zellen ab, so dass die Neuproduktion von Viren unterbrochen wird. T-Helferzellen lagern sich an und fördern die Produktion von spezifischen Antikörpern durch die Plasmazellen. Zudem werden in beiden Zellreihen Gedächtniszellen gebildet, die bei Reinfektionen sofort die Bildung von Antikörpern und spezifischen Abwehrzellen anregen. Hierdurch erklärt sich auch, dass viele Virusinfekte eine lebenslange Immunität hinterlassen.

Trotzdem gibt es Infekte, bei denen sich die Viren lebenslang in ihren Wirten halten können. Dies geschieht u.a. dadurch, dass sie nach dem Eindringen in eine Wirtszelle nicht aktiv werden, so dass sie vom Abwehrsystem über lange Zeit hinweg nicht erkannt und bekämpft werden (Herpes-Viren). Eine weitere Eigenschaft macht die Viren aber zu hartnäckigen Erregern. Sie weisen durch die Art ihrer Vermehrung ein besonders hohe Mutationsrate auf, so dass sie ihre Antigenität dauernd wechseln können. Das Immunsystem ist dabei aber immer nur auf den vorhergehenden Typ eingerichtet, so dass, obwohl das Virus das gleiche ist, die Bildung von Abwehrmaßnahmen immer von vorne beginnen muss. (Grippe-Viren, HIV).

Im übrigen sei noch erwähnt, dass Virusinfektionen in der Schwangerschaft, besonders aber in der Frühschwangerschaft zu massiven Störungen beim Neugeborenen führen können, im schlimmsten Falle sogar zum

Tode des Embryos. Antibiotika sind bei viralen Infekten nutzlos. In den letzten Jahren wurden aber einige antivirale Mittel entwickelt, die die Virusausbreitung im Körper verhindern können.

Im Gegensatz zu bakteriellen Infekten verlaufen die viralen mit einigen Unterschieden.

Häufigere Beteiligung von mehreren Organen zur gleichen Zeit (Haut, ZNS, Darm und Gelenkbeteiligungen)

fehlende oder schwache Leukozytose (erhöhte Anzahl von weißen Blutkörperchen im Blutbild), oft sogar eine Leukopenie (verringerte Anzahl von weißen Blutkörperchen im Blutbild) dann mit einer relativ hohen Anzahl von Lymphozyten

Virusinfekte verlaufen oft klinisch unbemerkt (Röteln, Hepatitis) oder chronisch latent (Hepatitis B, HIV (AIDS), Herpes)

unbemerkte Erregerpräsenz, wobei die Erreger bei geschwächter Abwehrlage zu einer endogenen Neuinfektion führen (Herpes zoster)

4.2 Virale Infektionskrankheiten

4.2.1. Pocken

Das Variola-Virus, der Erreger der Pocken wird nur noch aus historischen Gründen erwähnt. Insbesondere auch deshalb, weil diese, in früheren Zeiten sehr gefürchtete Erkrankung, durch konsequentes Durchimpfen ausgerottet werden konnte. Seit 1977 ist kein einziger Krankheitsfall mehr gemeldet worden. Da der Mensch für das Virus der einzige Wirt war, kann man also davon ausgehen, dass man die Pocken wirkungsvoll bekämpft hat. Ich möchte daher hier nicht auf das Krankheitsbild und auf das Virus näher eingehen.

4.2.2. Herpes-Viren

Herpes-simplex-Virus Typ 1 (HSV 1) und Herpes-simplex-Virus Typ 2 (HSV 2) sind DNS-Viren, die eine ganze Reihe von Krankheiten beim Menschen auslösen können. Der Durchseuchungsgrad in der Bevölkerung mit dem HSV 1 ist sehr hoch. Man kann davon ausgehen, dass sicher mehr als 90 % Virusträger sind.

Tab. 5 : Virale Infektionskrankheiten

Erreger	Typ	Krankheit	Ik-Zeit	Infektionsweg	Impfung	Meldepflicht
Variola-Virus	DNS	Pocken	2 Wochen	Tröpfchen	ja	Ja Quarantäne
Herpes HSV 1	DNS	Herpes labialis Meningitis	k. A.	Tröpfchen / Kontakt	nein	nein
Herpes HSV 2	DNS	Herpes genitalis Meningitis	k. A.	Tröpfchen/GV Kontakt	nein	nein
Varizellen-Zoster-Virus	DNS	Windpocken Gürtelrose	2 – 3 Wochen	Tröpfchen / Kontakt	nein	nein
Ebstein-Barr-Virus EBV	DNS	Mono-nukleose	2 – 3 2 – 3 Wochen	Tröpfchen / Kontakt	nein	nein
Hepatitis A	RNS	Hepatitis A	2 – 5 Wochen	fäkal/oral	ja	ja
Hepatitis B	RNS	Hepatitis B	8 – 25 Wochen	Serum / GV	ja	ja
Hepatitis C	RNS	Hepatitis C	2 – 6 Wochen	Serum / GV	nein	ja
Hepatitis D	RNS	Hepatitis D	8 – 25 Wochen	Serum / GV	nein	ja
Hepatitis E	RNS	Hepatitis E	2 – 8 Wochen	fäkal/oral	nein	ja
Masern-Virus	RNS	Masern	2 – 3 Wochen	Tröpfchen / Kontakt	ja	ja
Influenza-Virus	RNS	Influenza Virusgrippe	2 – 3 Wochen	Tröpfchen / Kontakt	ja ja	ja ja
Rabies-Virus	RNS	Tollwut	Wochen	Infizierte Tiere	ja	ja
Gelbfieber-Virus	RNS	Gelbfieber	3 – 6 Tage	Mücken	ja	ja/Quarantäne
Humanes Immundefizit Virus HIV	RNS	AIDS	Wochen / Jahre	Serum / GV	nein	ja
Polio-Virus	RNS	Kinderlähmung	Wochen	fäkal/oral	ja	ja

Am bekanntesten dürfte die immer wieder auftretende Bläschenbildung im Lippenbereich sein; (Herpes labialis). Hierbei muss man aber wissen, dass diese Erkrankung sekundär auftritt; d.h. dass es sich hierbei um eine endogene Infektion handelt. Der erste Kontakt (Primärinfektion) mit HSV 1 läuft in den allermeisten Fällen klinisch stumm ab. Die Übertragung geschieht über Tröpfcheninfektion oder über direkten Kontakt mit virenhaltigen Sekreten. Die Inkubationszeit beträgt etwa 2 – 7 Tage.

Es kommen schwere Primärerkrankungen wie Entzündungen im Mund-Rachen-Raum (Stomatitis aphthosa), der Augenbindehaut (Keratokonjunktivitis) oder sogar Hirn- und Hirnhautentzündungen (Encephalitis bzw. Meningitis) vor, wobei im letztgenannten Fall eine sehr hohe Letalität besteht.

Nach einer Primärinfektion setzen sich die Viren in Nervenzellen (→ im Bereich des V. Hirnnerven) fest, von wo aus immer wieder Infektionen ausgehen, sei es nun als „Fieberbläschen“ oder auch als generalisierte Infektion bei Immunschwäche.

HSV 2 führt zu folgenden klinischen Symptomen :

1. Tritt er als auf dem Wege des Geschlechtsverkehrs übertragbarer Herpes genitalis auf. Hierbei finden sich die charakteristischen Bläschen im Bereich der Geschlechtsorgane wieder. Der Herpes genitalis neigt dazu, auch nach primär überstandener Infektion immer wieder aufzutreten.
2. Als Herpes neonatorum bei Neugeborenen, die sich unter der Geburt bei ihrer Mutter infizieren. Es können hierbei schwere Infekte beim Säugling auftreten, die häufig lebensgefährliche Ausmaße annehmen können. Hierbei spielt auch wieder die Gehirnhautentzündung eine große Rolle.

Gegen Herpesviren gibt es mittlerweile Medikamente, die die Virusvermehrung im Körper hemmen können.

4.2.3. Windpocken

Das Varizellen-Zoster-Virus ist auch ein DNS-Virus, welches aus der Herpesvirinfamilie stammt. Es löst bei Primärinfektion, typischerweise im Kindesalter, die Windpocken (Varizellen) aus. Die Erkrankung ist hochinfektiös und wird per Tröpfcheninfektion übertragen. Die Inkubationszeit beträgt 14–21 Tage. Es zeigen sich nach und nach über der gesamten Haut das typische Bild der

Windpocken. Die bläschenförmigen Veränderungen beginnen als rötliche Papeln, die nach und nach in bis zu linsengroße Bläschen übergehen. Im Vollbild der Erkrankung zeigen sich alle Stadien zur gleichen Zeit; man spricht daher von einem „Sternenhimmeleffekt“. Wenn die Bläschen sich nicht durch bakteriellen Befall zusätzlich infizieren, heilen sie ohne Narbenbildung rasch ab. Nach überstandenen Windpocken verbleibt eine lebenslange Immunität. Beim Erwachsenen können sich die Windpocken primär in Form einer Windpockenpneumonie zeigen. Im Gegensatz zu der relativ harmlosen Kinderkrankheit liegt die Letalität hier bei 30 %.

Als Sekundärinfektion (endogen) im Erwachsenenalter zeigt sich das klinische Bild einer Gürtelrose (Herpes zoster). Während die Windpocken eine relativ leicht zu überstehende Krankheit darstellen, so macht doch die Gürtelrose oft erhebliche Schwierigkeiten in der Therapie. Ähnlich wie HSV 1 setzen sich die Viren nach der Erstinfektion in Nervenzellen im Bereich des Rückenmarks fest. Bei der Sekundärinfektion wandern sie dann über die Nervenbahnen bis zur Haut, wobei das gesamte Versorgungsgebiet des Nerven im Hautareal befallen wird. Wenn die Hautläsionen nach einiger Zeit abgeheilt sind, verbleiben oftmals über einen langen Zeitraum hinweg Nervenschmerzen in diesem Bereich. Besonders unangenehm ist dies im Gesichtsbereich.

4.2.4. Mononukleose

Das Epstein-Barr-Virus (EBV) ist der Erreger des Pfeiffer'schen Drüsenfiebers, der sog. (Mononukleose). Die Mononukleose wird durch direkte Kontakt (Küssen, GV etc.) übertragen. Die Krankheit wird daher auch als „kissing disease“ bezeichnet. Nach einer relativ langen Inkubationszeit von 4-7 Wochen kommt es einem generalisierten Anschwellen der Lymphknoten und auch der Milz.

(Das Anschwellen der Milz kann bis zum Milzriss gehen). Begleitet werden diese Symptome von oft hohem Fieber und einer Rachenentzündung. Regelmäßig kommt es auch zu einer Leberentzündung (Hepatitis). Meist jedoch verläuft die Krankheit symptomlos, insbesondere wenn sie in der Kindheit auftritt. Ähnlich wie bei den Windpocken haben die erstmalig im Erwachsenenalter Infizierten schwerere Verläufe. Die Erkrankung hinterlässt eine andauernde Immunität.

Von besonderem Interesse ist das EBV aber wegen des Verdachts, dass es bösartige Erkrankungen auslösen könnte. Hierzu laufen weltweit Untersuchungen.

4.2.5. Virushepatitis

Hepatitis-Viren (Hepatitis Typ A – E) lösen, wie es der Name schon sagt, Leberentzündungen aus. Aufgrund des unterschiedlichen klinischen Verlaufs der Hepatitiden müssen diese Viren differenziert werden.

Tab. 6 : Virushepatitiden

	Typ	Infektionsweg	Ik - Zeit	Impfung
Hepatitis A	RNS	fäkal / oral	2-5 Wochen	aktiv und passiv
Hepatitis B	RNS	Serum, GV	8-25 Wochen	aktiv und passiv
Hepatitis C	RNS	Serum, GV	2-6 Wochen	Ø
Hepatitis D	RNS	Serum, GV	8-25 Wochen	Ø
Hepatitis E	RNS	fäkal / oral	2-8 Wochen	Ø

Bei den Leberentzündungen sind akute von chronischen Verläufen zu unterscheiden. Die akuten Hepatitiden verlaufen bei allen Typen ähnlich. Hierbei kann der Verlauf von fast symptomfrei bis zum akuten Leberversagen reichen. Die wichtigsten Symptome sind : Fieber, Appetitlosigkeit, Kopf- und Gelenkschmerzen, Übelkeit, Lebervergrößerung, die Gelbsucht (Ikterus) mit evtl. Entfärbung des Stuhlganges und Braunverfärbung des Urins.

Zu unterscheiden sind auch die verschiedenen Übertragungswege. Hepatitis A und E kann man als Lebensmittelvergiftung ansehen, bei der der Übertragungsweg dem der Durchfallerkrankungen ähnlich ist. Bei den übrigen Hepatitiden handelt es sich um einen anderen Infektionsmodus.

Hierbei erfolgt die Ansteckung über den direkten Kontakt mit infiziertem Körpermaterial (Blut, Sperma, Vaginalflüssigkeit, Urin etc.). Man kann daher diese Formen als Geschlechtskrankheiten ansehen, wobei natürlich die Geschlechtsorgane nicht direkt betroffen sind. Der Geschlechtsverkehr ist aber der statistisch häufigste Übertragungsweg.

Die meisten Hepatitiden verlaufen in ihrer akuten Form relativ harmlos ab und führen nur in Ausnahmefällen zur Zerstörung der Leber. Problematischer sind die chronischen Verlaufsformen, die sich in unterschiedlichem Maße entwickeln können. Bei Hepatitis C gehen ca. 50 % der akuten Hepatitiden in eine chronische Form über. Bei Hepatitis B sind dies etwa 10 %, bei A rund 5 %.

Im Rahmen einer chronischen Verlaufsform kann die Leber zerstört werden. Es kommt zunächst zu einer Leberverfettung und zur Größenzunahme des Organs. Durch den zunehmenden Zelluntergang in der Leber bilden sich mehr und mehr narbige Bindegewebsstrukturen aus, die schließlich in einer Leberzirrhose oder auch mit der Entwicklung eines Leberzellcarcinoms enden können.

Eine spezifische Therapie im Sinne einer Heilung gibt es bei allen Formen nicht!!!
Daher ist der Vermeidung einer solchen Infektion größte Aufmerksamkeit zu schenken.

Der Umgang mit Hepatitiserkrankten bedarf also der besonderen Vorsicht, insbesondere natürlich bei der thanatopraktischen Behandlung. Eine Nadelstichverletzung bei einem Hepatitis B-Erkrankten birgt in hohem Maße die Gefahr einer Übertragung in sich. Sie ist um ein Vielfaches höher als die Gefahr einer HIV-Übertragung auf diesem Wege.

Die Durchführung einer aktiven Impfung gegen Hepatitis B ist daher für ausübende Thanatopraktiker nicht nur sehr zu empfehlen, sondern meiner Meinung nach unerlässlich.

Neuere Impfstoffe decken die Typen A und B gemeinsam ab, daher ist die gleichzeitige Impfung gegen Hepatitis A und B sehr empfehlenswert.

4.2.6. Röteln

Das Rubella-Virus ist der Erreger der Röteln. Die Erbinformation wird in einer RNS codiert. Die Inkubationszeit beträgt etwa 3 Wochen. Die Übertragung erfolgt per Tröpfcheninfektion oder von der Mutter auf das Kind in der Schwangerschaft.

Ungefähr die Hälfte aller Infektionen (außerhalb der Schwangerschaft) verlaufen asymptomatisch, der sonstige klinische Verlauf ist meist harmlos. Die typischen Symptome sind :

Fieber und das Auftreten von Schwellungen der Nackenlymphknoten

kleinfleckiger Hautausschlag, der typischerweise hinter den Ohren beginnt und sich über Rücken und Brust ausbreitet

Gelenkschmerzen mit einer ausgeprägten Morgensteifigkeit der Gelenke

Problematischer ist die Erstinfektion in der Schwangerschaft. Die Röteln können rasch auf den Embryo übergehen und verursachen große Schäden an ihm. Besonders empfindlich sind Embryos in der Frühschwangerschaft. Zu diesem Zeitpunkt werden Rötelninfektionen vom Embryo nicht überlebt. Es kommt zu Fehlgeburten.

Im späteren Verlauf der Schwangerschaft infizierte Neugeborene zeigen das typische Bild einer Rötelnembryopathie mit folgenden Symptomen :

- Taubheit und Blindheit
- schwere Gehirnschäden
- Herzfehler
- Wachstumsstörungen

Besonderes Augenmerk verdient daher die Rötelninfektion während der Schwangerschaft. Daher sollten alle Mädchen mit Beginn der Pubertät geimpft werden, sofern sie keine Antikörper gegen Röteln in ausreichendem Maße besitzen.

4.2.7. Gelbfieber

Das RNS tragende Gelbfieber-Virus ist der Erreger des Gelbfiebers. Gelbfieber wird von Stechmücken der Gattung *Aedes* übertragen und ist hauptsächlich im tropischen Mittel- und Südamerika sowie im tropischen Afrika verbreitet. Die Moskitos infizieren sich zum einen an erkrankten Affen und tragen dann den Erreger in ihrem Speichel mit sich. Beim Durchstechen der menschlichen Haut wird nun das Virus weitergegeben. Den kleinen Mücken reichen schon minimale Wasseransammlungen um sich zu vermehren. Die Isolation der Erkrankten ist daher, um die Weiterverbreitung der Krankheit zu verhindern, von größter Bedeutung. Die Inkubationszeit liegt bei etwa 3–6 Tage. Es kommt zunächst zu einem raschen Fieberanstieg, der von den üblichen Grippe-symptomen begleitet wird. Das Fieber geht typischerweise am 3. Tag zurück, nur um am 4. Tag noch heftiger wieder aufzuflammen. Nun zeigen sich Symptome der Hepatitis mit Ausbildung eines Ikterus. Auch finden sich regelmäßig Zeichen der Nierenbeteiligung, gelegentlich auch eine Meningitis. Die Ausbildung eines sogenannten hämorrhagischen Fiebers ist die schwerste Verlaufsform der Erkrankung. Sie ähnelt in ihrem Verlauf den Erkrankungen, wie sie von Ebola- oder Lhassa-Viren verursacht wird.

Das Gelbfieber ist mit einer hohen Letalität behaftet. In vielen Ländern ist daher der Nachweis einer Impfung Pflicht, wenn man einreisen möchte. Der Impfstoff gewährt für ca. 10 Jahre einen ausreichenden Impfschutz.

4.2.8. FSME

Das ebenfalls RNS tragende FSME-Virus wird hingegen von infizierten Zecken übertragen. Es löst die sogenannte Frühsommer-Meningoenzephalitis aus. Die Erkrankung wird hauptsächlich im Frühsommer in bestimmten Teilen Mittel-Ost- bis Südeuropas übertragen. Das Infektionsrisiko ist aber mittlerweile auch in Österreich, Bayern, Baden-Württemberg und in den neuen Bundesländern angestiegen. Die Erkrankung beginnt uncharakteristisch mit grippeähnlichen Symptomen, an die sich aber im weiteren Verlauf Symptome der Nerven- und Gehirnbeteiligung anschließen können. Ein tödlicher Ausgang der Erkrankung kommt regelmäßig vor. Eine Impfung ist möglich und wird bei längerem Aufenthalt in den Endemiegebieten empfohlen.

4.2.9. Mumps

Die durch das Mumps-Virus (RNS-tragend) verursachte Mumpserkrankung (Parotitis epidemica oder „Ziegenpeter“) gilt zwar als relativ harmlos, kann aber durch z.T. lebensgefährliche Komplikationen weitreichende Schäden verursachen. Die Krankheit wird per Tröpfcheninfektion übertragen und beginnt nach einer Inkubationszeit von rund 3 Wochen mit grippeähnlichen Symptomen. Es bildet sich eine Schwellung der Speicheldrüsen aus, die der Krankheit ihren Namen gegeben hat. Jedoch können auch andere Drüsen mit weiterreichenden Folgen befallen werden. So kann eine Begleitentzündung der Hoden (Orchitis) zur Unfruchtbarkeit und ein Befall der Bauchspeicheldrüse (Pankreatitis) zum Diabetes mellitus, zur Zuckerkrankheit führen. Jede 1000. Erkrankung ist mit einer Meningitis vergesellschaftet, die aber bei Mumps relativ gutartig verläuft. Eine frühe Impfung gegen Mumps wird wg. der Komplikationen empfohlen.

4.2.10. Masern

Auch das Masern-Virus (RNS-tragend), welches in unseren Breiten die „harmlosen“ Masern auslöst, ist durch das regelmäßig Auftreten von Komplikationen problematisch. Masern werden als Tröpfcheninfektion verbreitet und sind

hochansteckend !! Dieses Wissen machten sich zum Beispiel die spanischen Eroberer zunutze, die Kleidung von Masernerkrankten zu den Indianern brachten, für die diese Krankheit neu war und die keine Immunität gegen das Virus hatten. Dies führte zu einem massenhaften Auftreten von Masernerkrankungen unter den Ureinwohnern, die in großer Zahl der Krankheit zum Opfer fielen. Auch heute noch zählen die Masern zu den häufigsten Todesursachen in der dritten Welt. (Man kann es als „späte Rache“ ansehen, dass die Conquistadores als Souvenir die Syphilis aus der neuen Welt mitbrachten, die nun ihrerseits in ganz Europa wütete.)

Masern zeigen sich als akute, hochfieberhafte Ausschlagerkrankung. Sie beginnen als typische Infektion des oberen Atemwege mit Fieber, Schnupfen und Bronchitis.

Nach etwa 4 Tagen folgt der kennzeichnende kleinleckige, rötliche Ausschlag, der hinter den Ohren beginnt und sich rasch über den gesamte Körper ausbreitet. Die zu Beginn kleinen Flecken laufen später zu größeren Arealen zusammen und können ihre Farbe, im Höhepunkt der Erkrankung, zu einen rötlich-blauen Ton ändern.

Gefürchtete Komplikationen der Masern sind :

Ein Befall des Gehirns (Masernencephalitis) mit schweren Schäden bis hin zum Tode
Masernpneumonie mit hoher Letalität

beidseitige Mittelohrentzündungen durch zusätzlichen bakteriellen Befall, das gleichzeitige Auftreten von Diphtherie oder Scharlach aufgrund des geschwächten Immunsystems

das Auftreten eine stets tödlich verlaufenden Encephalitis (SSPE), nach einer Latenzzeit von 2 – 20 Jahren, die sich an eine Maserninfektion anschließen kann. Hierbei spielt es offenbar keine Rolle, wie schwer die Maserninfektion gewesen ist. Aufgrund der regelmäßig auftretenden Komplikationen werden heutzutage Kinder mit einer Kombinationsimpfung (Masern – Mumps – Röteln) immunisiert.

4.2.11. Virusgrippe

Einen besonderen Fall stellt das RNS-tragende Influenza-Virus, der Erreger der Virusgrippe (Influenza) dar.

Dazu ist zu erwähnen, dass man sprachlich und sachlich genau zwischen der

Influenza und der im Volksmund gebräuchlichen „Grippe“ unterscheidet. Die „Grippe“ bezeichnet einen relativ harmlosen viralen Infekt, dem bestimmte Symptome zugeordnet werden. (Fieber, Kopf- und Gliederschmerzen, Abgeschlagenheit, Husten und Schnupfen).

Die eigentliche Grippe (Influenza) ist hingegen eine oftmals schwer verlaufende Erkrankung, die als Epidemie regelmäßig auftritt und viele Opfer fordert.

Man unterscheidet drei Typen; Influenza-Virus A, B und C.

Man kann sich zwar gegen die Influenza impfen lassen, jedoch kommen in regelmäßigen Abständen Mutationen beim Virus vor, bei denen sich die Antigenität ändert, so dass der verabreichte Impfstoff gegen das mutierte Virus unwirksam ist. Diese Mutationen ereignen sich beim Typ A etwa alle 2 – 3 Jahre, beim Typ B etwa alle 3 – 6 Jahre. Dies erklärt das epidemieartige Auftreten, weil auch unabhängig vom Impfstatus sich das Immunsystem auf den Erreger neu einstellen muss. Das Grippevirus ist hochansteckend, und dies führt zu einer raschen Verbreitung der Infektion. Die Viren werden nach dem Ort des erstmaligen Auftretens der Epidemie benannt. (daher z.B. „Hongkong-Grippe“). Entsteht durch Vermischung von verschiedenen Virusstämmen ein antigenetisch völlig neuer Stamm (ca. alle 15 Jahre), so kommt es zu weltweiten Pandemien.

Die Infektion wird durch Tröpfchen übertragen. Nach einer kurzen Inkubationszeit kommt es zu den Symptomen einer Viruspneumonie, deren Verlauf oftmals lebensgefährlich ist. Typisch für die Viruspneumonie ist die nachfolgende „Superinfektion“ durch alle möglichen Arten von Bakterien, die zu einer zusätzlichen Gefährdung für den Patienten führt. Besonders gefährlich ist die Grippe für alte und immungeschwächte Menschen, aber auch für Menschen mit einer Herz- / Kreislaufkrankung und für Diabetiker und Schwangere.

Für diese Personengruppen wird die Schutzimpfung im Herbst empfohlen. Eine Impfung sollte aber auch bei Personen vorgenommen werden, die täglich berufsbedingt mit vielen Personen Kontakt haben (z.B. Bestatter und Thanatopraktiker).

4.2.12. Tollwut

Das Rabies-Virus (RNS-tragend) ist der Erreger der Tollwut (Rabies, Lyssa), die im allgemeinen von infizierten Tieren durch Bisse oder Kratzer auf den Menschen übertragen wird.

Es folgt eine schwere Infektion des zentralen Nervensystems (ZNS), die fast ausnahmslos mit dem Tode des Infizierten endet. Die Inkubationszeit beträgt ca. 1–3 Monate, sie kann auch bedeutend länger sein; dies ist hauptsächlich durch die Lokalisation der Bißstelle bedingt. Man kann sagen, dass die Prognose mit der Länge der Inkubationszeit zusammenhängt. Je länger die Inkubationszeit, desto besser sind die Aussichten.

Die Krankheit wird einerseits durch die erhöhte Reizbarkeit des Patienten mit heftigen Schluckbeschwerden und einer, für diese Erkrankung typischen „Wasserscheu“ mit daraus resultierender Trinkverweigerung und Austrocknung des Patienten charakterisiert; zum anderen treten fortschreitende Krämpfe und Lähmungen auf die mit der kompletten Atemlähmung (bei vollem Bewusstsein !!) zum Tode führt. Einzig die Impfung kann vor der Erkrankung und ihren Folgen schützen.

4.2.13. AIDS

Das Humanes-Immundefizit-Virus (HIV), der Erreger des erworbenen Immundefizitsyndroms (acquired immune deficiency syndrome) oder AIDS, ist erst seit 1985 identifiziert. Es gehört der Gruppe der Retroviren an, die bezüglich ihres Vermehrungszyklus einige Besonderheiten aufweisen. Die vom Virus in die Zelle eingebrachte RNS wird über ein Enzym, die sogenannte „reverse Transkriptase“ in eine DNS umcodiert, die dann in die DNS der Wirtszelle eingebracht wird.

Man unterscheidet 2 Typen : HIV 1 (verbreitet in Europa und Nordamerika) und HIV 2 (Afrika und zunehmend auch in Asien).

Beide Viren werden ähnlich wie das Hepatitis B Virus, z.B. über Blut, Sperma und sonstige Körperflüssigkeiten übertragen. Die Wahrscheinlichkeit sich zu infizieren ist um den Faktor 100 mal kleiner als bei Hepatitis B !, reicht aber offenbar aus, um insbesondere in der dritten Welt bis zu 25 % der Bevölkerung zu infizieren.

Eine sichere Therapie oder gar einen Impfstoff gibt es zur Zeit nicht. Der einzige Weg der Krankheit aus dem Weg zu gehen besteht in der Vermeidung der Ansteckung. Das bedeutet einerseits im privaten, dass man beim Geschlechtsverkehr mit Partnern, deren HIV Status man nicht kennt, sich so verhalten sollte als wenn dieser HIV-positiv ist; also, dass ein Kondom in einem solchen Falle Pflicht ist.

Zum anderen bedeutet dies, dass man bei der thanatopraktischen Behandlung von HIV-positiven Personen schon eine besondere Vorsicht an den Tag legen muss. Die Wahrscheinlichkeit, dass man sich an einer verschmutzten Nadel infizieren kann ist zwar klein, allerdings sollte man bedenken, dass man nicht derjenige (oder diejenige) sein muss, der die Statistik Lügen straft.

Zu bedenken sei auch, dass das Virus außerhalb des menschlichen Körpers nicht lange überlebensfähig ist (im Wasser ca. 20 min.) in eingetrockneten Blutflecken aber auch noch nach drei Tagen seine bösartigen Aktivitäten fortsetzen kann.

Nach dem Eindringen des Virus in den Körper befällt es zunächst die T-Helferzellen um sich in ihnen zu vermehren. Dabei werden die Helferzellen zerstört und mit ihnen verlieren auch die B-Lymphozyten einen Großteil ihrer Effektivität, da sie direkt von den Helferzellen abhängig sind. Die hieraus resultierenden Folgen sind eine fortschreitende Abwehrschwäche, die sich ihrerseits durch Begleitinfektionen bemerkbar macht. Hinzu kommt das auch andere Aufgaben der spezifischen Abwehr nicht mehr effektiv erfüllt werden können. So werden entartete Zellen, welche für die Krebsentstehung verantwortlich sind, nur noch unzureichend erkannt und bekämpft. Dies erklärt das gehäufte Auftreten des ansonsten seltenen Kaposi-Sarkoms bei HIV-Infizierten.

Die akute Infektion verläuft meist klinisch unbemerkt.

Gelegentlich verläuft sie mit Fieber, grippeähnlichen Symptomen und Gelenkschmerzen. Ein kleinfleckiger Ausschlag, der den ganzen Körper befällt, kann hinzukommen. Der weitere klinische Verlauf ist ebenfalls recht unterschiedlich. Man unterscheidet 4 Stadien der HIV-Infektion :

Stadium 1 ist die oben beschriebene Primärinfektion

Stadium 2 ist der scheinbar gesunde Patient mit ständig hohem Antikörpertiter gegen das Virus

Stadium 3 wird durch bleibende Lymphknotenschwellungen und / oder eine Milzvergrößerung charakterisiert

Stadium 4 erfasst die eigentlich AIDS-Krankheit mit Symptomen wie Fieber über Wochen hinweg, Durchfälle, Gewichtsverlust. Begleitinfektionen (Pneumonien, Tuberkulose, virale Infekte aller Art, Pilzbefall). Hinzu können Krebserkrankungen wie das Kaposi-Sarkom oder Lymphome (bösartige Neubildungen im

Bereich der Lymphknoten) kommen. Zudem treten auch neurologische Symptome durch den Hirnbefall mit dem Virus auf.

Die meisten Neuinfizierten entwickeln Symptome in einem Zeitraum von einem halben Jahr bis zu 12 Jahren. Es werden aber auch „Langzeitüberlebende“ beobachtet die schon 15 Jahre positiv sind, bei denen die Krankheit aber noch nicht ausgebrochen ist. Ihnen gilt innerhalb der Forschung natürlich ein ganz besonders hohes Interesse.

Die Krankheit ist in Deutschland immer noch eine Krankheit der Risikogruppen. Eine Durchseuchung der Bevölkerung hat also im größeren Ausmaß bisher nicht stattgefunden.

90 % aller Fälle sind auf diese Risikogruppen beschränkt. Rund zwei Drittel entfallen auf Homo- oder Bisexuelle mit häufig wechselnden Geschlechtspartnern. Etwa 10 % sind Drogenabhängige, die sich die Drogen spritzen.

Mit ca. 5 % bei fallender Tendenz sind Personen betroffen, die Blut- oder Blutprodukte erhalten mussten. Etwa genauso groß ist der Anteil von Partnern, die sexuellen Kontakt mit Personen aus den Hochrisikogruppen haben. 1 % sind Kinder, die sich während der Schwangerschaft bei ihrer Mutter infizierten. Das Risiko in der Schwangerschaft wird für das Kind mit rund 60 % Infektionswahrscheinlichkeit angegeben.

Diese Zahlen sind im ständigen Fluss und sollten keinesfalls den Eindruck erwecken, dass einem nichts passieren kann, wenn man den Risikogruppen nicht angehört.

4.2.14. Poliomyelitis

Das Polio-Virus ist der Erreger der Kinderlähmung (Poliomyelitis). Es ist ein sehr kleines RNS-Virus. Die Erkrankung wird fäkal-oral übertragen, eine Tröpfcheninfektion ist auch möglich, wenn sich Viren im Nasen-Rachen-Raum festgesetzt haben. Das Virus kann außerordentlich leicht übertragen werden. Dies erklärt das häufige Auftreten von Epidemien. Das Virus vermehrt sich dann im Dünndarm und verteilt sich über Blut- und Lymphgefäße im ganzen Körper. Die Inkubationszeit beträgt 5 – 14 Tage, sie kann aber auch länger als 4 Wochen sein. Die meisten Erkrankungen ($\geq 90\%$) verlaufen ohne jede Symptomatik.

In 1 % der Fälle kommt es aber zum Befall der Nervenzellen im Vorderhirnbereich des Rückenmarks oder der Zellen in den motorischen Abschnitten der Hirnrinde.

Die Zellen werden zerstört und es folgen Lähmungen der Skelettmuskulatur in Abhängigkeit vom Ort des Befalls und dem Ausmaß der Zerstörung. Grundsätzlich werden zwei Formen unterschieden. Die spinale Form, bei der der Befall auf das Rückenmark beschränkt ist. Die sogenannte bulbopontine Form mit Befall des Hirnstammes (Lähmung des Atem- und Kreislaufzentrums !)

Auch hier gilt, dass nur die Impfung einen Schutz gegen die Erkrankung gibt.

4.2.15. Hämorrhagische Fieber

Kurz besprechen möchte ich noch die Erreger des hämorrhagischen Fiebers, welches in vielen Fällen als hochakute, tödliche Infektion abläuft. Die Letalität liegt zwischen 5 – 80 %. Eine Reihe von Erregern sind für dieses Krankheitsbild verantwortlich. Auslöser für die Infektion sind u.a. das Ebola-Virus, Hanta-Virus, Lhassa-Virus.

Das Krankheitsbild der Erkrankungen ähnelt sich und zeigt folgende Symptome:

hohes Fieber mit Schüttelfrost

Kopf und Gliederschmerzen

Übelkeit, Erbrechen, Durchfall

Entstehung von Nekrosen in Leber, Niere, Herz, Gehirn und Lunge

Kreislaufversagen mit Schock

Innere und äußere Blutungen, durch den Zusammenbruch der Blutgerinnung
Übertragungswege der Krankheit sind direkter Kontakt zu Erkrankten oder deren Ausscheidungen. Das eigentliche Reservoir dieser Viren sind Nagetiere oder Primaten. Eine Therapie oder ein Impfschutz steht nicht zur Verfügung. Bei Ausbruch einer Epidemie hilft nur die Einhaltung der seuchenhygienischen Maßnahmen. Aus meiner Sicht verbietet sich eine thanatopraktische Behandlung von an diesen Krankheiten Verstorbenen absolut.

II. MIKROBIOLOGIE

5 Prionen u. ä.

Abschließend sollen auch die Erkrankungen, die von Prionen oder die sog. slow-virus-diseases besprochen werden. Bei einer Reihe von Tierarten und beim Menschen gibt es Erkrankungen, die einer Gruppe von Erregern (oder besser Auslösern) zugeordnet werden, die im eigentlichen Sinne aber gar keine Krankheitserreger sind – also nicht mit Bakterien, Viren, Parasiten oder Pilzen gemein haben. Als Beispiele seien genannt die Bovine Spongiforme Encephalopathie oder BSE (Rind), Scrapie (Schaf) und Creutzfeld-Jakob-Erkrankung beim Menschen. Auslöser scheinen bestimmte Proteine zu sein, die sich in bestimmten Hirnregionen ansammeln und dort zu Zelluntergängen im ZNS führen. Diese Prionen sind Eiweißmoleküle, die eine Abwandlung von im Körper natürlich vorkommenden Proteinen darstellen. Sie sind chemisch äußerst stabil und überstehen Temperaturen von über 100°C und viele Desinfektionsmittel oder Chemikalien unbeschadet. Im Boden können sie sich ebenfalls jahrelang stabil halten. Das Wort Prion leitet sich von der Bezeichnung „proteinaceous infectious particle“ her und bedeutet soviel wie „infektiöses Eiweißteilchen“. Das Prionmolekül unterscheidet sich nur in einigen Aminosäuresequenzen von den natürlich vorkommenden Eiweißen des Körpers. Dieser Sequenzunterschied führt aber zu einer anderen räumlichen Struktur, welche die krankmachenden Eigenschaften des Prions etabliert.

Man unterscheidet PrP^{Sc} und PrP^C, wobei die Bezeichnung Sc sich auf die bei der Scrapie (oder Traberkrankheit) typische Molekülstruktur bezieht. Das C bezieht sich auf eine Proteinstruktur, wie sie auch in normalen Zellen vorkommen kann. Übertragungsweg scheint der Verzehr von infiziertem Material zu sein.

Die äußerst seltene Creutzfeld-Jakob-Erkrankung, die mit einer Häufigkeit von 0,5–1 / 1.000.000 auftritt, zeigt große Ähnlichkeiten zu BSE und Scrapie. Sie wurde erstmalig 1920 beschrieben. Ihre Symptome äußern sich in einem unaufhaltsamen Verfall des Zentralen Nervensystems, welcher immer mit dem Tode endet. In ca. 15 % der Fälle scheint eine erbliche Komponente (hier liegen PrP^C vor) vorzuliegen und für weitere 5 % werden Applikationen von infiziertem Spendermaterial wie Wachstumshormonen, Hirnhaut oder Spenderhornhaut verantwortlich gemacht. Die restlichen 80 % treten sporadisch auf und können z.Zt. nicht sicher zugeordnet werden. Eine Therapie mit der Chance auf Heilung gibt es nicht.

II. MIKROBIOLOGIE

6 Parasitologie

Im Rahmen der Parasitologie möchte ich nur auf einige wenige Parasiten, seien sie nun Einzeller oder Vielzeller, eingehen.

Besprechen möchte ich

die Malaria

die Amöbenruhr

den Echinococcus (Hunde- / Fuchsbandwurm)

Natürlich gibt es neben den o.g. Parasiten noch eine Unzahl anderer, die mir aber für dieses Skript nicht erwähnenswert erscheinen. Das soll aber nicht bedeuten, dass diese anderen Erkrankungen harmlos sind. Viele der Parasiten kommen ausschließlich in der Tropen oder Subtropen vor.

Durch den zunehmenden Massentourismus werden einige dieser Parasiten als Mitbringsel auch nach Deutschland gebracht.

6.1 Malaria

Die **Malaria**, insbesondere die *Malaria tropica*, gilt als die klassische Tropenkrankheit. Sie wird durch vier Arten von **Plasmodien** ausgelöst. Man schätzt, dass weltweit mehr als 300 Millionen Menschen an der Malaria erkrankt sind. Sie ist sicherlich eine der ältesten beschriebenen Krankheiten überhaupt.

Weil man glaubte, dass Malaria durch schlechte Luft in Sumpfgebieten ausgelöst wird, erhielt sie ihren sinngleichen Namen (*mala aria* = schlechte Luft).

Übertragen wird die Erkrankung durch den Stich einer infizierten Anopheles-Mücke, in deren Speicheldrüsen sich die ungeschlechtliche Form des Parasiten entwickelt hat. Diese Formen wandern nun über die Blutbahn in die Leber und entwickeln sich dort zu einer Zwischenform, die nun wiederum mehrere Tausend sogenannte Merozoiten bilden und diese wieder in die Blutbahn abgeben. Die Merozoiten befallen nun die roten Blutkörperchen und entwickeln sich in ihnen zu Geschlechtsformen heran.

Werden nun diese infizierten Erythrozyten bei einem weiteren Stich durch eine Mücke aufgenommen, so kommt es in der Mücke zur geschlechtlichen Vermehrung der Parasiten. Verbleiben die Merozoiten im Körper so befallen sie wiederum andere Erythrozyten, um sich in ihnen erneut zu vermehren.

Durch das fast gleichzeitige Befalle der Erythrozyten und das synchronisierte Freiwerden kommt es zu den für die Malaria charakteristischen Fieberschüben. Besprechen möchte ich lediglich die **Malaria tropica**, die durch **Plasmodium falciparum** auslöst wird. Es handelt sich hierbei um die Malariaform, die für die meisten Toten verantwortlich ist. Sie beginnt nach einer Inkubationszeit von 7 – 10 Tagen mit einem grippeartigen Beschwerdebild. Es folgen Fieberschübe mit Schüttelfrost, Übelkeit, Erbrechen, Milz- und Leberschwellung, Müdigkeit und Nackensteifigkeit.

Gefürchtete Komplikationen sind : Funktionsausfall der Nieren, Schädigung des Herzmuskels, Verstopfung von Gefäßen (Embolien durch die veränderten Erythrozyten) insbesondere im Gehirn mit daraus resultierenden Funktionsausfällen, Thrombenbildungen in Gefäßen mit Verbrauch von Gerinnungsfaktoren und nachfolgenden Blutungen. Typisch für die Malaria tropica sind die unregelmäßigen, relativ langen und heftigen Fieberschübe.

Im Verlauf der Erkrankung können bis zu 40 % der Erythrozyten von den Parasiten befallen werden.

Therapie und Prophylaxe werden mit verschiedenen Malariamedikamenten durchgeführt, wobei es auch hier, wie bei den Bakterien, durch die Resistenzentwicklung immer schwerer wird, ein geeignetes Mittel zu finden.

6.2 Amöbenruhr

Aus der Klasse der Rhizopoden („Wurzelfüßler“), möchte ich nur auf die für den Menschen wichtigste pathogene Amöbe eingehen. *Entamoeba histolytica* ist der Erreger der Amöbenruhr. Amöben bewegen sich durch die Bildung von Ausläufern ihres Cytoplasmas fort. Sie ernähren sich durch Phagozytose, das heißt die Amöbe umfließt mit ihrer Membran das Ernährungssubstrat und bildet aus dem entsprechenden Membranabschnitt ein Vesikel (kl. Blase) welches dann im Cytoplasma aufgelöst wird.

Entamoeba h. kommt in drei Formen vor.

Magnaform

Minutaform

Zysten

Sie ist insbesondere in den tropischen Gebieten der ganzen Welt verbreitet.

Die Unterscheidung der drei Formen ist von wichtiger klinischer Bedeutung. Zunächst sind es Entwicklungsstadien, die im Rahmen der Vermehrung von der Amöbe durchlaufen werden.

Der Erreger wird als Zyste, fäkal-orale Übertragung, aufgenommen und ändert im Darm seine Gestalt zur Minutaform. Hauptinfektionsquelle sind symptomlose Träger der Zysten. Diese Formen sind noch nicht pathogen. Erst wenn sich aus der Minutaform die Magnaform entwickelt, kommt es zum Ausbruch der Erkrankung. Die Magnaform ist sehr gut beweglich und ist in der Lage in die Darmwand einzudringen. Dabei löst sie das Gewebe auf („histolytica“) und es entstehen flache Geschwüre der Darmwand, aus denen es bluten kann.

Es kommt zu blutigen-schleimigen Durchfällen. Gelangen nun die Magnaformen über die Vena porta in die Leber, kann es zum Auftreten von Leberabszessen kommen, die nun ihrerseits eine lebensgefährliche Erkrankung darstellen.

Eine medikamentöse Prophylaxe wie bei der Malaria gibt es nicht ! Der einzige Schutz besteht in der Vermeidung der Infektion. Hierbei gilt die beachtenswerte und rettende Maxime der alterfahrenen Tropenbesucher im Umgang mit Lebensmitteln : „Cook it, peel it or leave it !“ („ Koch es, schäl es oder lass es !“).

6.3 Echinokokkose

Von den mehrzelligen Parasiten möchte ich nur den **Hunde- oder Fuchsbandwurm** (*Echinokokkus granulosus* bzw. *Echinokokkus multilocularis*) erwähnen.

Es gibt eine große Anzahl von Würmern, die den Menschen befallen können. Hierunter zählen Spezies, die nur geringe oder gar keine Krankheitssymptome verursachen. Es gibt aber selbstverständlich auch Arten, die immer zu Symptomen oder Krankheiten führen.

Zu diesen zählen insbesondere diejenigen Würmer, für die der Mensch nicht Endwirt ist. Wie schon im ersten Abschnitt erwähnt, profitieren Parasiten normalerweise vom Überleben ihres Wirtes. Sie haben also eigentlich kein Interesse daran, dass der Wirt zu stark geschädigt wird oder gar stirbt. Dies gilt im Besonderen dann, wenn das Überleben des Wirtes für die Vermehrung des Parasiten entscheidend ist.

Im Falle der Echinokokkusinfektion des Menschen ist Letzteres der Fall.

Die Infektion erfolgt über die orale Aufnahme von Wurmeiern; also fäkal-oral z.B. über ungewaschene bodennah wachsende Waldfrüchte, oder Salat etc. Auch im Fell befallener Hunde und Katzen befinden sich die Eier. Im Darm entwickeln sich aus den Eiern Larven, die die Darmwand durchdringen können und über das Pfortadersystem in die Leber gelangen. Hier bilden sich nach unterschiedlich langer Zeit einzelne, z. T. große Zysten. Aber auch andere Organe können über den Blutweg befallen werden. Im Falle des *E. multilocularis* bilden sich eine große Anzahl von kleineren Zysten, die ein tumorähnliches, in das Gewebe eindringendes Wachstum zeigen. Betroffen sind hiervon am häufigsten Leber und Lungen, aber auch das Zentrale Nervensystem (immerhin rund 5 % der Fälle !)

Komplikationen sind bei *E. granulosus* die Zerreißung der Zyste mit Verteilung der Erreger im gesamten Bauchraum. Weitere Gefahren sind dann allergische Schockreaktionen.

Während die einzelnen, großen Zysten zum Teil operabel sind, kommt im Falle von *E. multilocularis* eine Operation selten in Frage.

Wie bei fast allen anderen Infektionen gilt hier auch, dass die Prophylaxe erheblich leichter fällt als die Therapie der Erkrankung.

7 Pilze

Pilze nehmen als Erreger von Krankheiten eine Sonderrolle ein. Sie sind Eukaryonten und besitzen pflanzenähnliche Wandstrukturen. Sie unterscheiden sich aber von den Pflanzen dadurch, dass sie nicht zur Photosynthese (also zur Bildung von Zuckermolekülen unter Sonnenlicht) fähig sind. Sie benötigen also ähnlich wie Bakterien organisches Material um zu wachsen.

Die Gruppe der Pilze umfasst ca. 100.000 Arten, die ich natürlich nicht besprechen kann. Man teilt die für Infekte relevanten Pilze in drei Gruppen ein :

Hefen

Schimmelpilze

Dermatophyten

Erkrankungen durch Pilze (sog. **Mykosen**) zeigen sich in ähnlich vielfältiger Weise, wie Infektionen durch Bakterien. Viele Mykosen entstehen endogen, wenn es zu einer Schwächung der Körperabwehr gekommen ist. (z.B. bei AIDS-, Krebs- oder Transplantationspatienten). So durchlaufen rund 99 % aller AIDS - Patienten im Laufe ihrer Erkrankung einen Befall der Mund-, Rachen- oder Speiseröhrenschleimhaut mit dem Hefepilz **Candida albicans**; den sog. **Soor**. Diese Erkrankung kann sich auch entwickeln, wenn die Bakterienflora durch Antibiotikagabe stark geschwächt wird.

Schimmelpilzinfektionen zählen zu den gefährlichsten Komplikationen bei Abwehrschwäche. Sie schädigen den Organismus nicht nur durch den lokalen Befall, sondern insbesondere durch ihre Fähigkeit starke Toxine zu produzieren. Sie bilden das **Aflatoxin**, welches in hohem Maße kanzerogen (d.h. krebsauslösend) ist.

Die Dermatophyten spielen als Erreger von Haut-, Haar- und Nagelinfektionen eine Rolle. Diese Infektionen zeichnen sich durch ihre besondere Hartnäckigkeit aus, mit der sie vielen Therapiebemühungen widerstehen.

Pilze konkurrieren mit den Bakterien um den gleichen Lebensraum. Sie haben daher Strategien entwickelt um sich der lästigen Konkurrenz zu entledigen. Diese Feststellung ist die Grundlage der antibiotischen Therapie gewesen.

Die mehr oder weniger zufällige Beobachtung (um 1928 durch A. Fleming), dass sich Bakterien auf einer mit Schimmelpilzen verunreinigten Kultur nicht

vermehren konnte, führten zur Entwicklung des ersten spezifischen Antibiotikums; des **Penicillins** (1940).

Seitdem gingen die infektionsbedingten Todesfälle, die noch zu Beginn bis Mitte dieses Jahrhunderts die häufigste Todesursache waren, dramatisch zurück.

Am Beispiel der Pilze kann man sehr anschaulich verdeutlichen, dass Nutzen und Schaden durch Mikroorganismen oft sehr nah beieinander liegen. So nutzen wir einerseits die Schimmelpilze zur Antibiotikaherstellung (*Penicillium notatum*), im Rahmen der Käseherstellung (Camembert (*Penicillium candidum*); Roquefort, Gorgonzola (*Penicillium roqueforti*), die Hefepilze bei der Gärung von Bier, Wein und Kefir, andererseits sind diese Pilze auch bei der Entstehung von Krankheiten beteiligt. Wie bei den Bakterien gibt es mittlerweile auch eine Reihe von Substanzen, die bei der Bekämpfung von Pilzinfektionen wirksam sind. (**Antimykotika**)
Aber genauso wie bei den Bakterien beobachtet man die Entwicklung von Resistenzen.

Teil III
Pathologie
und Rechtsmedizin

**III. Pathologie
und Rechtsmedizin**



III PATHOLOGIE UND RECHTSMEDIZIN

(R. Klatt; Ch. Kuckelkorn; K. Ziebolz)

1 Einleitung

Die **Pathologie** ist die Lehre von den Krankheiten und den Krankheitserscheinungen.

Sie versucht eine Antwort auf die Frage nach der **Ätiologie** (Ursachenlehre) und der **Pathogenese** (Entstehungsmechanismus) der jeweiligen Krankheit zu finden. Die Aufgabe der Pathologie ist es, anhand der von Lebenden (**Biopsie**) bzw. Verstorbenen (**Autopsie**) gewonnenen Untersuchungsmaterialien, Krankheiten festzustellen bzw. Verdachtsdiagnosen zu erhärten oder zu verwerfen. Die Pathologie nimmt damit einen wichtigen Platz in der klinischen Diagnose und Therapie sowie in der Forschung und Lehre ein.

Die ärztliche Verantwortung endet nicht mit dem Tode des Patienten. Dies trifft insbesondere für den Pathologen zu, der die entsprechenden Gesetze über Transport und Bestattung von Leichen kennen muss.

2 Grundbegriffe

Gesundheit (Definition nach der WHO): Zustand des völligen körperlichen, geistigen, seelischen und sozialen Wohlbefindens.

Krankheit : Störung einer der o.g. Faktoren, objektiv feststellbar oder subjektiv empfunden.

Unwohlsein : Leichte, vorübergehende Störung des Wohlbefindens.

Übel : chronische unangenehme Erkrankung

Gebrechen : chronische sichtbar behindernde Erkrankung.

Siechtum : langwierige fortschreitende Erkrankung bis zum körperlichen Verfall.

Ätiologie : Lehre von den Krankheitsursachen.

Pathogenese : Beschreibt die Entwicklung und den Verlauf einer Krankheit.

Disposition : Bereitschaft für ein bestimmtes Leiden (Geschlecht, Alter, Rasse, Genetik etc.).

Resistenz : Widerstandskraft gegen eine Erkrankung oder eine Schädigung.

Morbidität : Krankheitshäufigkeit innerhalb einer Population : Anzahl der Personen, die an einer Krankheit pro 100 000 Einwohner leiden.

Inzidenz : Anzahl der Neuerkrankten pro 100 000 Einwohner pro Jahr.

Mortalität : Zahl der Todesfälle in der Gesamtbevölkerung pro definiertem Zeitraum (z.B. pro Jahr).

Letalität : Zahl der Todesfälle unter den Erkrankten.

Lebenserwartung : Statistischer Wert, der die zum Beobachtungszeitpunkt noch zu erwartenden Lebensjahre der betrachteten geschlechtsspezifischen Altersgruppe angibt.

III. PATHOLOGIE UND RECHTSMEDIZIN _____

3 Sterben und Tod

3.1 Sterben

Als Sterben bezeichnet man das Zurückgehen aller Lebensfunktionen, sei es aus Krankheits-, Alters- oder Unfallgründen. Erlöschen die Funktionen dann irreversibel (d.h. nicht umkehrbar) bedeutet dies den Tod. Der Tod ist das Endstadium einer Reihe von morphologischen und funktionellen Störungen, die von der Agonie (Sterbevorgang) über den klinischen Tod bis zum biologischen Tod reicht.

3.2 Tod

Der klinische Tod ist gekennzeichnet durch die sog. unsicheren Todeszeichen (fehlende Atmung, Kreislaufstillstand, Bewusstlosigkeit und fehlende Pupillenfunktion, fehlende Reflexe, Leichenkälte, Leichenblässe). Die Phase des primären Herz- und Atemstillstands wird auch als **Vita minima** bezeichnet. Unter geeigneten Wiederbelebensmaßnahmen kann dieser Zustand reversibel sein. Ihm folgt der **Hirn- oder Individualtod**. Die Einstellung der Hirnfunktion ist hierbei das wichtigste Kriterium, unabhängig davon, ob das Herz noch schlägt oder nicht. (s.u.)

Nach dem Individualtod beginnt das unterschiedlich schnelle Absterben der verschiedenen Organe und Gewebe des Körpers. (**Intermediäres Leben**). Nach rund 20 Stunden schließt dieses mit dem biologische Tode ab. Beim **biologischen Tod** sind Herz-, Kreislauf- und Gehirnfunktion nicht mehr zu aktivieren. Es treten dann die sicheren Todeszeichen in Erscheinung (Totenflecke, Totenstarre und Verwesung).

Die Totenflecke (**Livores**) werden durch Blutansammlungen in den abhängigen Körperpartien der Leiche gebildet. Die oberen Körperteile sind dementsprechend blutleer. Livores treten ca. 30 min. **post mortem** (p.m. = nach dem Tode) auf. Nach 4 Stunden p.m. sind sie voll ausgeprägt und konfluieren (d.h. sie laufen zusammen). Bis zu 10 Stunden p.m. sind sie wegdrückbar.

Die Totenstarre (**Rigor mortis**) entsteht durch den Mangel an ATP innerhalb der Muskulatur, der nach dem Tode, durch die fehlende Sauerstoffversorgung, eintreten muss. Die Verbindung von Myosin- und Aktinfilamenten kann nicht mehr aufgehoben werden, so dass eine Dauerkontraktion entsteht, die erst durch die Zerfallsprozesse (nach ca. 1 – 2 Tagen) wieder gelöst wird. Sie beginnt etwa

2 Stunden p.m. am Kiefergelenk und ist nach 8 – 10 Stunden an allen großen Gelenken des Körpers nachweisbar.

Die **Fäulnis** ist das dritte sichere Todeszeichen. Der Körper beginnt durch körpereigene Enzyme (**Autolyse**) und durch die Bakterienflora zu verfallen. Zu den ersten Fäulniszeichen zählt die grünliche Verfärbung der Bauchhaut, die durch die Umwandlung des Blutfarbstoffes zu einer Schwefelverbindung entsteht. Dies geschieht durch die Abfallstoffe, die durch die Bakterien gebildet werden.

Die Auflösung der Weichteile beginnt im Freien nach ca. 1 Jahr (unter der Erde nach 4 – 5 Jahren). Zu einer Knochenauflösung kommt es nach rund 5 Jahren (bzw. 10 – 15 Jahren).

Die Bestimmung der Verwesungsdauer ist von Bedeutung für die Festlegung der gesetzlichen **Ruhefrist**. Dies betrifft u.a. den Zeitpunkt für die mögliche Neu- belegung eines Grabes oder für die Erschließung und Entwidmung eines Friedhofs. Als „dritter Tod“ sei der **Individual-** oder **Hirntod** genannt. Er ist insbesondere bei der Transplantation von Organen bzw. deren Entnahme von besonderer Bedeutung. Bei der Feststellung des Hirntodes (und damit der Möglichkeit zur Entnahme von Spenderorganen), müssen folgende objektive Kriterien erfüllt sein :
isoelektrisches EEG über mind. 24 h. (Nulllinie im EEG = keine nachweisbare Gehirnaktivität)

angiographischer Nachweis der fehlenden Hirndurchblutung (zweimal im Abstand von 30 min.)

irreversible Areflexie, sowie das Fehlen jeglicher Spontanatmung

Als **Leiche** oder **Leichnam** bezeichnet man den leblosen oder entseelten menschlichen Körper, solange er in seine einzelnen Teile erhalten ist. Durch die natürliche Zerstörung geht die Individualität und somit auch die Bezeichnung Leiche verloren. So ist ein Skelett keine Leiche mehr. Das gleiche trifft für Knochenreste zu, die bei der Neu- belegung eines Grabes gefunden werden. Aus Pietätsgründen sollten sie in sog. Gebeinhäusern aufgehoben werden. Unklar ist ob z.B. eine Mumie als Leiche anzusehen ist.

Eine Leiche kann durch **Präparation** künstlich erhalten werden. In der Regel geschieht dies durch Injektion von Formalin in die großen Blutgefäße (**Embal- mung**). Auf diese Weise wird der normale Verwesungsprozess durch die Enzyme (Autolyse) und die Bakterien (Fäulnis) unterbrochen. Eine Konservierung

kann aber auch spontan erfolgen, z. B. in sehr trockenen Regionen kann die Austrocknung der Leiche zur **Mumifikation** führen. Eine weitere Möglichkeit der Konservierung auf natürliche Art ist die **Moorleiche**, bei der der hohe Gerbsäureanteil im Moor den Verwesungsprozess stoppt.

Juristische Probleme im Zusammenhang mit einer Leiche sind nicht selten, da die einschlägigen Gesetze nicht eindeutig und zum Teil widersprüchlich sind. Eine Leiche ist keine Sache die man besitzen kann. So ist auch ein Straftatbestand einer Sachbeschädigung (z.B. im Rahmen einer Obduktion) ausgeschlossen.

Die nächsten Angehörigen üben ein eingeschränktes Besitz- oder Verfügungsrecht über eine Leiche aus.

Sie haben ein **Totenfürsorgerecht** (bzw. -pflicht) und sind verantwortlich für die Todesmeldung beim Standesamt sowie für den Transport, Aufbewahrung und Bestattung der Leiche. Die Benachrichtigung eines Arztes zu einer **Leichenschau** ist Aufgabe des unmittelbar Verantwortlichen für die Leiche.

Zuhause ist es der nächste Angehörige, in einem Krankenhaus der Chefarzt (oder ein von ihm bestimmter Mitarbeiter), in einem Altenheim, Gefängnis oder Sammellager der zuständige Leiter.

Auf oder in einem Beförderungsmittel (Schiff, Bahn, Fahrzeug, Flugzeug) ist der Kapitän oder Fahrer verantwortlich.

3.3 Leichenschau

Der Gesetzgeber schreibt vor, dass im Rahmen der Leichenschau ein approbierter Arzt, nach Identifizierung des Verstorbenen, den Tod, die Todesart, und die Todeszeit nachzuweisen hat. Der Aufforderung zur Leichenschau hat jeder approbierte Arzt – wie bei einem Notfall – sofort Folge zu leisten. Danach ist der **Leichenschauschein** auszufüllen und dem Standesbeamten vorzulegen. Diese Bescheinigung ist Voraussetzung für :

die Eintragung des Sterbefalles (Todesbescheinigung) durch den Standesbeamten
die Beförderung der Leiche (evtl. Ausstellung eines Leichenpasses).

die Aufbahrung und spätere Bestattung der Leiche auf einem Friedhof.

Eine Leiche ist innerhalb von 36 Stunden in einen geeigneten Raum (Leichenkammer) zu überführen. Der Transport einer Leiche darf nur mit der **Todesbescheinigung** (Sterbefallsanzeige mit der standesamtlichen Eintragung

auf der Rückseite) in **zugelassenen Fahrzeugen** (Leichenwagen eines Bestattungsinstitutes, Fahrzeuge eines Institutes für Anatomie oder Pathologie) stattfinden. Stirbt ein Patient während des Transportes im Notarztwagen oder einem anderen Fahrzeug, so ist die Leiche zum nächsten Leichenaufbewahrungsort (Krankenhaus) zu bringen.

Für andere Transportarten gelten besondere Vorschriften :

Mit der Bahn hat der Transport der Leiche in einem Sarg (Metallsarg oder Holzsarg mit 10 cm dickem, flüssigkeitsaufsaugendem Material) zu erfolgen.

Für die Beförderung in einem Schiff oder einem Flugzeug muss es sich um einen Metallsarg handeln. Auch der Transport ins Ausland erfolgt – mit einem besonderen Leichenpass – in einem Metallsarg.

Die **Identifizierung** der Leiche muss zweifelsfrei (durch eigene Kenntnis, Angehörige, Zeugen, Personalpapiere, Hinzuziehen des behandelnden Arztes) erfolgen. Bei unbekanntem Leichen ist lediglich der Tod festzustellen und Polizei bzw. Justizbehörden müssen verständigt werden.

In der Regel werden Tod und Todeszeitpunkt durch die Todeszeichen festgestellt. (s.o.)

Der **Leichenschauschein** wird erst nach Klärung der wesentlichen ärztlichen Diagnosen ausgestellt : **Todesursache** (Herz-Kreislaufstillstand, Atemlähmung, Koma, Verblutung, Marasmus), Leiden, die unmittelbar den Tod herbeigeführt haben. Weitere Angaben beziehen sich auf einen möglichen Unfall, eine Berufskrankheit, eine Vergiftung oder eine Gewalteinwirkung. Bei Frauen sind die Fragen zu beantworten ob eine Schwangerschaft vorgelegen hat oder eine Entbindung in den letzten drei Monaten erfolgte. Diese vertraulichen Angaben (zugleibter Teil des Leichenschauscheins) werden für statistische Zwecke – über das Gesundheitsamt – dem Statistischen Landesamt zur Verfügung gestellt.

3.4 Abort, Früh- und Totgeburt

Im Zusammenhang mit der Melde- und Bestattungspflicht ergibt sich die Frage, wann diese Gesetze auch für den Perinataltod zutreffen. Hierzu unterscheidet der Gesetzgeber :

Abort oder **Fehlgeburt** : Leibesfrucht zum Zeitpunkt der Geburt ohne Lebenszeichen mit einem Gewicht von ≤ 500 g.

Totgeburt : Leibesfrucht zum Zeitpunkt der Geburt ohne Lebenszeichen mit einem Gewicht von ≥ 500 g.

Frühgeburt : Leibesfrucht zum Zeitpunkt der Geburt mit (wenn auch nur kurzfristigen) Lebenszeichen (Herztöne, Atmung, Pulsieren der Nabelschnur)

Früh- und Totgeburten sind wie Erwachsenenleichen zu behandeln, und damit melde- und bestattungspflichtig.

Es ist gesetzlich nicht erlaubt die Leiche zu wissenschaftlichen Zwecken einem Institut für Pathologie zu überlassen (in den meisten Fällen, um den Angehörigen die Bestattungskosten zu ersparen). Nach der wissenschaftlichen Untersuchung muss eine Bestattung stattfinden.

3.5 Aufbewahrung und Bestattung der Leiche

3.5.1. Aufbewahrung :

Spätestens 36 Stunden nach dem Tod muss die Leiche in eine Leichenhalle (Krankenhaus, Bestattungsinstitut, Institut für Pathologie oder Rechtsmedizin, Friedhof oder Krematorium) überführt werden.

Ist der Patient an einer ansteckenden Krankheit verstorben, dann sind besondere Schutzmaßnahmen zu beachten :

Die Leiche ist nicht zu waschen oder zu entkleiden

Die Leiche ist in Tüchern, getränkt mit einer (von der DGHM zugelassenen) desinfizierenden Flüssigkeit, einzuschlagen

Die Leiche ist unverzüglich in einen gut abgedichteten Sarg mit 10 cm dicken, flüssigkeitsaufsaugenden Stoffen einzusargen

Die Leiche ist unverzüglich in eine zugelassene Leichenhalle zu bringen

Institute für Pathologie können mit einem Infektionstrakt ausgerüstet sein. Hier wird die Leiche in einer eigenen Kühlkammer aufgehoben. Auch für die Obduktion ist ein besonderer Raum vorgesehen. Raum und Instrumentarium werden nach Gebrauch sterilisiert bzw. desinfiziert.

Für Obduzenten und Präparatoren besteht eine Schleuseneinrichtung mit separaten Umkleieräumen und Waschgelegenheiten. Die Leichenorgane und Präparate werden in diesem Trakt gesondert aufgehoben. Nicht selten wird erst während der Obduktion eine ansteckende Krankheit (z.B. Tbc) festgestellt. In diesen Fällen ist der Raum nach der Obduktion sofort zu schließen und mit einer zugelassenen (d.h. von der DGHM geprüften) Desinfektionslösung zu desinfizieren. Außerdem ist der behandelnde Arzt zu benachrichtigen.

3.5.2. Bestattung

Für Leichen besteht ein Bestattungszwang auf einem in der Regel öffentlichen Friedhof, der von der betreffenden Gemeinde eingerichtet, unterhalten und ggfs. erweitert werden muss. Friedhöfe können aber auch von Kirchen-, Religions- oder Weltanschauungsgemeinschaften unterhalten werden. Der Bestattungszwang gilt auch für die Aschenreste nach der Verbrennung der Leiche. Unter bestimmten Bedingungen kann eine Bestattung zeitlich verzögert werden; etwa wenn eine Leiche in einem anatomischen Institut zu Lehrzwecken verwahrt wird.

Gelegentlich wird an das Institut für Pathologie der Wunsch gerichtet, den Leichnam für wissenschaftliche oder Lehrzwecke zur Verfügung zu stellen. Dies trifft insbesondere für Totgeburten zu, die dem Institut überlassen werden sollen, um den Angehörigen die Bestattungskosten zu ersparen. Auch heute noch wird der Wunsch geäußert, Totgeborene heimlich in den Sarg eines Erwachsenen zu legen oder nach der wissenschaftlichen Bearbeitung zu verbrennen. Diese Vorgehen widerspricht aber eindeutig der geltenden Gesetzgebung. Für Totgeburten (s.o.) besteht ein Bestattungszwang!

Für Lehrzwecke können Leichen einem anatomischen Institut zur Verfügung gestellt werden. Hierbei ist allerdings folgendes zu beachten :

Die Leiche wird dem anatomischen Institut zur Verfügung gestellt, wenn der Verstorbene dieses Vorgehen ausdrücklich (z.B. in seinem Testament) gewünscht hat. Das Institut für Anatomie kann auch keine vertraglichen Verpflichtungen (z.B. ein Entgelt) gegenüber dem Verstorbenen oder seinen Angehörigen eingehen; solche Verpflichtungen wären nichtig!

Auch die Leichen von Personen, die keine Angehörigen haben und in einem Krankenhaus, Altersheim oder in eine Sammelunterkunft sterben, können – unter bestimmten Bedingungen – dem anatomischen Institut zur Verfügung gestellt werden. Die Leiche verbleibt 1 – 2 Jahre im Institut. Danach hat eine Bestattung stattzufinden, deren Kosten vom Institut übernommen werden. (Das Sterbegeld erhält in der Regel die Person oder Institution, die die Bestattungskosten getragen hat.) Frühestens 48 Stunden und spätestens 96 Stunden nach der ärztliche Feststellung des Todes hat die Beisetzung in einem behördlich festgelegten Ort (Friedhof) stattzufinden. Ausnahmen werden genehmigt, wenn an Wochenenden und

Feiertagen keine Bestattungen stattfinden. Weitere Ausnahmen kann der Gemeindevorstand im Einverständnis mit dem Gesundheitsamt zulassen.

Mit dem **Bestattungszwang** ist der **Friedhofszwang** verbunden, aber nicht identisch. So kann – bei entsprechender Genehmigung – auch eine Bestattung auf hoher See erfolgen.

Die Bestattung kann als Erdbestattung (Begräbnis) oder Feuerbestattung (Kremation) stattfinden.

Eine Erdbestattung darf nur als nichtkonservierte Leiche in einem Holzarg vorgenommen werden. Für eine Feuerbestattung muss eine besondere Genehmigung vorliegen. Diese erfolgt durch den Amtsarzt, nachdem ausgeschlossen wurde, dass noch ein forensisches (d.h. rechtlich relevantes) Interesse an einer Obduktion besteht (z.B. bei Verdacht auf das Vorliegen einer Straftat).

3.6 Pathologisches Institut

Stirbt ein Patient in einem Universitätskrankenhaus, dann ist der Tod unverzüglich durch den Stationsarzt oder den Arzt vom Dienst festzustellen. Die Leiche ist vom Pflegepersonal zu entkleiden und – mit den Angaben zur Identität und dem entsprechenden Pathologie – Leichenschein – in das Institut für Pathologie zu verbringen.

Ein Einspruch gegen die Obduktion durch die Angehörigen darf nur von den zuständigen Ärzten entgegengenommen werden; Erklärungen gegenüber dem anderen Personal sind rechtlich betrachtet nichtig und von dem Personal abzulehnen. Die Angehörigen sind hierbei an die zuständigen Ärzte zu verweisen. Die Klinik und das Institut für Pathologie haben folgendes zu beachten : Leichen müssen in das Institut für Pathologie gebracht werden. Hier ist der Eingang der Leiche mit den Angaben zur Identität des Verstorbenen, Sterbedatum und -zeit, Station und Klinik zu registrieren. Nur das Institut für Pathologie (gegebenenfalls das Institut für Rechtsmedizin oder Anatomie) übergibt die Leiche dem Bestatter. Dieser darf eine Leiche nicht unmittelbar von einer Klinik abholen, da das Institut für Pathologie auch den ordnungsgemäßen Abtransport der Leiche zu registrieren hat. Das Institut für Pathologie führt eine Sterbeliste für das Krankenhaus. Obduktionen oder jeder andere Eingriff nach dem Tode dürfen nur von den Ärzten des Instituts für Pathologie im Institut vorgenommen werden. Sonderfälle bedürfen der ausdrücklichen Genehmigung

des Institutsleiters. (z.B. Frage der Organentnahme). Das Üben oder Erproben von diagnostischen oder operativen Techniken an der Leiche bedarf der Genehmigung der Angehörigen und des Leiters des Instituts für Pathologie.

Während der Obduktion dürfen keine sichtbaren Teile der Leiche entfernt werden. Es ist bei der Obduktion zu beachten, dass keine sichtbaren Entstellungen entstehen. Der verantwortliche Arzt für den Obduktionssaal hat sich von der sachgemäßen Behandlung der Leiche persönlich zu überzeugen.

Die Einsargung und die Ausgabe der Leiche erfolgt durch den Sektionsassistenten. Die Angehörigen können die Leiche zu festgesetzten Terminen besichtigen. Die Leiche darf nur in angekleideten und aufgebahrten Zustand besichtigt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Angehörigen keine Einblick in die übrigen Räume des Instituts erhalten können.

3.7 Die Obduktion

Der Pathologe führt die Obduktion immer im Auftrag durch. Der Auftrag erfolgt meist durch den behandelnden Kliniker. Eine Genehmigung von Seiten der Angehörigen kann vorausgesetzt werden. Die großen christlichen Religionen und der Islam sowie der jüdische Glauben verbieten die Obduktion nicht. Lediglich bei Angehörigen der Roma und Sinti sowie der Zeugen Jehovas ist mit einer strikten Ablehnung zu rechnen, so dass dieses von vorne herein (soweit bekannt) berücksichtigt werden sollte.

In der Krankenhausordnung sollte die Durchführung einer klinischen Obduktion, durch entsprechende Klauseln im Aufnahmeantrag geregelt sein. Bei einer **Genehmigungsklausel** muss die Obduktion immer von den Angehörigen des Verstorbenen genehmigt werden, oder vom Patienten zu Lebzeiten gestattet worden sein. Im Falle einer **Verweigerungsklausel** muss die Obduktion ausdrücklich vom Verstorbenen zu Lebzeiten, oder von den Angehörigen innerhalb der ersten 8 Tagesstunden (7 – 22 Uhr) p.m. verweigert werden.

Der Bundesgerichtshof hat in seinem Urteil vom 31. 5. 1990 (AZ : IX ZR 257/ 89) folgende Bestimmung als rechtmäßig bestätigt :

Die innere Leichenschau (Obduktion) kann vorgenommen werden, wenn sie zur Feststellung der Todesursache aus ärztlicher Sicht notwendig ist, oder wenn ein wissenschaftliches Interesse besteht.

Von der inneren Leichenschau ist abzusehen, wenn ihr die verstorbene Person zu Lebzeiten widersprochen hat. Hat die verstorbene Person der inneren Leichenschau nicht ausdrücklich zugestimmt, so darf sie erst nach Ablauf von acht Tagesstunden vorgenommen werden. (Tagesstunden sind die Stunden zwischen 7 – 22 Uhr). Widersprechen der Ehegatte, die volljährigen Kinder, die Eltern oder die Geschwister der verstorbenen Person oder ihr gesetzlicher Vertreter innerhalb der genannten Frist, so ist von der inneren Leichenschau abzusehen. Bestehen unter den widerspruchsberechtigten Personen Differenzen, so geht der Wille des Ehegatten dem der volljährigen Kinder, der Wille der Volljährigen Kinder dem der Eltern und der Wille der Eltern dem der Geschwister vor. Bei Meinungsverschiedenheiten unter widerspruchsberechtigten Personen gleichen Grades ist von einer inneren Leichenschau abzusehen.

Absatz 2 gilt nicht, wenn besondere gesetzliche Bestimmungen die innere Leichenschau vorschreiben.

Die innere Leichenschau wird unter Beachtung der Ehrfurcht vor dem toten Menschen vorgenommen und auf das notwendige Maß beschränkt.

Über jede innere Leichenschau wird eine Niederschrift aufgenommen, aus der hervorgeht, aus welchen Gründen die innere Leichenschau vorgenommen wurde und zu welchem Ergebnis sie geführt hat. Die Niederschrift ist aufzuheben. Zu Absatz 2 ist zu bemerken, dass Universitäten und akademische Lehrkrankenhäuser, abweichend kürzere Widerspruchszeiten haben können z.B. lediglich 6 Tagesstunden. Es gilt zu beachten :

§ 168 StGB Störung der Totenruhe

(1) Wer unbefugt aus dem Gewahrsam des Berechtigten eine Leiche, Leichenteile, eine tote Leibesfrucht, Teile einer solchen oder die Asche eines Verstorbenen wegnimmt, wer daran oder an einer Beisetzungsstätte beschimpfenden Unfug verübt oder wer eine Beisetzungsstätte zerstört oder beschädigt, wird mit Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder mit Geldstrafe bestraft. Der Versuch ist strafbar.

Nicht selten glaubt eine Krankenschwester oder ein Pfleger, mit dem Rat an die Angehörigen die Obduktion zu verweigern, dem Verstorbenen einen letzten Dienst erweisen zu müssen. Hier sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die nichtärztlichen Mitarbeiter diesbezüglich nicht für ein Gespräch mit den Angehörigen

zuständig sind. In einigen Bundesländern würden sie gegen geltendes Recht verstoßen ! Auch das ärztliche Hilfspersonal sollte daher über die Bedeutung der Obduktion und über die Rechtsvorschriften aufgeklärt werden. Negativ werden Angehörige auch durch Bestattungsinstitute beeinflusst. Sie möchten ohne Zeitverlust die Leiche abholen. In diesem Fall ist es Aufgabe des Pathologen, die Bestattungsinstitute darauf aufmerksam zu machen, dass auch sie an einem kooperativen Verhalten des Instituts für Pathologie interessiert sein muss. Letztlich bestimmt, der Institutsleiter wann und unter welchen Bedingungen die Leiche zur Verfügung gestellt wird (z.B. obduzierte Leichen sofort, nichtobduzierte Leichen erst nach schriftlicher Genehmigung des Institutsleiters). Nicht zuletzt sei erwähnt, dass es so gut wie nie zu einer Obduktionsverweigerung kommt, wenn es um Versicherungsfragen oder um Regressansprüche geht.

Die Rate der Obduktionen beträgt ca. 1,4%, wobei es regionale Unterschiede zwischen Ballungsräumen (7%) und Landkreisen (0,3%) zu verzeichnen gibt. Die **klinische Obduktion** wird bei einem natürlichen Tod durchgeführt und dient der Sicherstellung der Diagnose von Grundkrankheit, Nebenerkrankungen und der Todesursache. Sie dient somit zum einen der Qualitätssicherung (Überprüfung der Diagnosenstellung und Therapie vor dem Tode des Patienten) in einer Klinik und zum anderen der Fortbildung des ärztlichen Personals (insbesondere bei klinisch-pathologischen Konferenzen). Sie wird in der Pathologie der Klinik auf Klinikkosten hin geleistet.

Die Obduktion ist als klinisch diagnostische Indikation zu betrachten. Dementsprechend hat sie sich sowohl makroskopisch als auch histologisch nach der klinischen Fragestellung zu richten. Die in einigen Ländern übliche Teilnahme des behandelnden Arztes an einer Obduktion, wird in unserem Lande nur die ideale Ausnahme bleiben. Der Obduktion muss von dem Patienten, oder nach seinem Tode von den Angehörigen zugestimmt werden.

Bei Unfällen mit Todesfolge können klinische Obduktionen nur durch die Staatsanwaltschaft erfolgen. Kommt hierbei der Verdacht auf das Vorliegen einer unnatürlichen Todesart auf, so kann eine gerichtliche Nachobduktion durch einen Rechtsmediziner angeordnet werden.

Die **rechtsmedizinische Obduktion** nach § 87 IV der StPO, wird beim Vorliegen eines unnatürlichen Todes (auch schon beim Verdacht hierauf) durch

den Rechtsmediziner durchgeführt. Sie wird aufgrund einer polizeilichen Untersuchung von der Staatsanwaltschaft beantragt und von einem Gericht angeordnet.

Bei dieser Art von Obduktion ist auf folgende Besonderheiten zu achten :

Sie wird immer von zwei Ärzten im Beisein eines Vertreters der Staatsanwaltschaft durchgeführt.

Eine besonders genaue Untersuchung ist hierbei stets angezeigt und setzt ein hohes Maß an Erfahrung bei dem Untersucher voraus.

Protokoll und Diagnose sind im Verlauf der Obduktion oder unmittelbar nach Beendigung anzufertigen.

Material aus den Körper- bzw. Organhöhlen ist zu asservieren.

Weitere Arten der behördlich angeordneten Obduktionen sind die **Seuchensektionen** und die **Sektionen vor geplanten Feuerbestattungen**.

Versicherungsobduktionen werden im Auftrag von Versicherungsträgern (Berufsgenossenschaften, Sozialgerichten, privaten Versicherungen) vorgenommen. Erfolgt der Auftrag erst nach der Beerdigung, so ist eine Exhumierung vorzunehmen. Hat schon eine klinische Obduktion stattgefunden, so haben die Träger der Sozialversicherung ein Recht auf den Einblick in die Unterlagen. Dabei ist aber zu beachten, dass diese Obduktionen natürlich nicht unter der möglichen Fragestellung seitens einer Versicherung durchgeführt wurde, so dass die Untersuchungsergebnisse für diese Fragestellung unbefriedigend sein können. So kann das Vorliegen eines entschädigungspflichtigen Leidens dem Obduzenten unbekannt sein. Er hat also dann folgerichtig auch keine gezielten Untersuchungen unter dieser Fragestellung durchgeführt.

Ein Sonderfall (wenn auch selten) sind die **privaten Obduktionen**, die von Angehörigen in Auftrag gegeben werden, um evtl. Versicherungsansprüche durchzusetzen.

Eine **Seuchensektion** erfolgt bei vorliegendem natürlichem Tod durch eine als Seuche eingestufte Krankheit. Sie dient dem Zweck der Diagnosesicherung und somit auch der Seuchenprävention. Sie kann durch die Gesundheitsbehörden oder durch ein Gericht angeordnet werden. Die Angehörigen können ihrer Durchführung nicht widersprechen.

Vor **Feuerbestattungen** ist im Institut für Rechtsmedizin eine Sektion durchzuführen. Dies gilt bei natürlichem Tod und der Willensbekundung zur Feuerbestattung oder auch für den Fall, dass Zweifel an den in der Todesbescheinigung gemachten Angaben bestehen. In letzterem Fall erfolgt dann die rechtsmedizinische Obduktion.

3.8 Obduktionstechnik

Die **äußere Besichtigung** ist besonders sorgfältig durchzuführen, da sie sich später in der Regel nicht mehr rekonstruieren lässt. Sie umfasst allgemeine Befunde wie :
Körpergröße, -gewicht,

Ernährungszustand,

allgemeiner Habitus (Allgemeinzustand, Knochenbau etc.),

Farbe der Haut,

Farbe und Beschaffenheit der Konjunktiven und der Kornea,

Behaarung,

Beschreibung von Hautnarben und ähnliches.

Im Rahmen dieser Inspektion, bei der die Leiche auch auf den Bauch zu legen ist, sind die Todeszeichen wie Leichenstarre, Leichenkälte und Leichenflecken anzugeben.

Körperhöhlen : Nach Eröffnung der Körperhöhlen (Schädel-, Brust- und Bauchraum) und vor der Entnahme von Organpaketen, sind Höhlenwand und Höhleninhalt zu untersuchen. Dabei werden Angaben über die Lage und Beschaffenheit der Organe, der Blutgefäße und über Ergussbildungen, Verletzungen oder andere pathologische Befunde gemacht. Dies ist nach der Organpaketentnahme natürlich nicht mehr möglich.

Bei der Befunderhebung sind folgende Kriterien von Wichtigkeit :

Lage und Form der Organe

Größe und Gewicht der Organe

Geruch und Konsistenz

Die eigentliche Obduktion wird abgeschlossen durch die schriftliche Erhebung der Befunde – **Obduktionsprotokoll**. Dieses sollte so objektiv wie möglich sein. Hiernach wird eine erste makroskopische Diagnose erstellt. Ergänzt und gegebenenfalls korrigiert wird diese durch die histologischen und laborchemischen Befunde.

In einem Protokoll sind die pathologischen Veränderungen zu beschreiben, ohne die Diagnose vorwegzunehmen. Ein sorgfältig ausgefülltes Protokoll soll dem Leser auch noch nach Jahren die Möglichkeit geben eine Diagnose zu erstellen. Eine Diagnose kann sich im Laufe der Jahre durchaus ändern, nicht jedoch die objektive Befundbeschreibung. Auch negative Befunde können von Bedeutung sein : Sie weisen daraufhin, dass der Obduzent nach bestimmten Veränderungen gezielt gesucht hat. Sind sie für ein Krankheitsbild von Relevanz, dann sollten sie auch erwähnt werden. Die Erfahrung zeigt, dass der Pathologe mit der Zeit seine Diagnose auf den ersten Blick stellt und erst dann die charakteristischen Befunde oder diagnostischen Kriterien sucht. Er geht also den umgekehrten Weg und kann dabei unwillkürlich die Beschreibung an die Diagnose anpassen ! Ein 6 – 8 Seiten langes Protokoll – wie es früher üblich war – ist heute sicher nicht mehr routinemäßig abzufassen und auch nicht zu überprüfen. Negativ wirkt sich auch die nicht seltene Unsitte aus, Protokolle erst Tage oder gar Wochen nach der Obduktion abzufassen. Moderne Dokumentationsmethoden, z.B. die elektronischen Datenverarbeitung zwingen zu einer kürzeren, aber auch präziseren Darstellung der Befunde. Aus diesem Grunde ist heute eine erweiterte Beschreibung der Diagnose vorzuziehen. Sie sollte innerhalb von 24 Stunden als vorläufige Obduktionsdiagnose dem behandelnden Arzt zur Verfügung gestellt werden und unter Einbeziehung der histologischen Untersuchung durch eine endgültige Obduktionsdiagnose mit Epikrise ersetzt werden.

Als ergänzende Unterlagen dienen das Protokoll der äußeren Besichtigung und der histopathologischen Untersuchung.

Der letzte Schritt ist die **Epikrise** : Hier werden die Obduktionsdiagnosen mit den klinischen Befunden korreliert. Es ist zu prüfen, ob die zu Lebzeiten festgestellten Symptome sich durch entsprechende pathologisch-anatomische Korrelate erklären lassen, und umgekehrt, ob retrospektiv bestimmte Obduktionsdiagnosen klinisch richtig zu interpretieren sind.

Pathologisch-anatomische Obduktionsdiagnose mit Protokoll

Allgemeine Angaben : Laufende Obduktionsnummer, patientenbezogene Daten (Name, Geburtsdatum, Geschlecht, Beruf), behandelnder Arzt bzw. Krankenhaus.

Klinische Daten : Die wichtigsten Angaben zum Krankheitsbild, klinische Haupt- und Nebendiagnosen, Todestag und -zeit.

Obduktionsangaben : Grundleiden, letale Komplikationen, unmittelbare Todesursache, Obduktionstag und -zeit, Obduzent.

Das **Grundleiden** stellt die Erkrankung dar, die letztlich zum Tode des Patienten führt. Ein wichtiges Leiden, wie z. B. ein bösartiger Tumor, kann aber für das Gesamtkrankheitsbild von untergeordneter Bedeutung sein und ist dann als **Nebenerkrankung** zu führen. Sehr häufig stellt der Kliniker die Frage nach der unmittelbaren Todesursache („Woran ist der Patient letztendlich gestorben?“) und gibt sich mit der Antwort „Herz-Kreislauf-Versagen“ nicht zufrieden. Die Frage ist aber letztlich nicht immer mit Sicherheit zu beantworten, weil z.B. bei alten Patienten der Tod als Folge eines Summationseffektes mehrerer Ursachen anzusehen sein kann; wobei also eine einzelne Ursache als Auslöser des Todes nicht hinreichend erklärt werden kann. In anderen Fällen kann eine physiopathologische Ursache vorliegen, die morphologisch nicht darzustellen ist (z.B. Herzrhythmusstörungen; Elektrolytverschiebungen). Mit dem Begriff **letale Komplikation** sollte in einer formalpathologischen Kette die letzte, morphologisch noch erfassbare Todesursache angegeben werden.

3.9 Klinische und Obduktionsdiagnosen

Es stellt sich naturgemäß die Frage, inwiefern klinische und Obduktionsdiagnosen übereinstimmen. In den letzten Jahren ist die klinische Diagnostik durch neue oder verbesserte Verfahren (Ultraschall, Computertomographie, Kernspintomographie u.a.) sowie durch immense Fortschritte auf dem Gebiet der Immunologie, der Histologie und Zytologie erweitert worden. Man sollte also meinen, dass es dem Kliniker, unter Zuhilfenahme der o.g. Techniken, in jedem Falle möglich sein sollte eine sichere und richtige Diagnose zu stellen. Dann ließe sich daraus folgen, dass Obduktionen eigentlich keine entscheidende Bedeutung mehr hätten.

Die regelmäßige Überprüfung der **Treffsicherheit klinischer Diagnosen** deckt aber weiterhin Fehldiagnosen auf. Man muss damit rechnen, dass rund 10 % aller klinischen Diagnosen Fehldiagnosen sind.

Bei den übrigen 90 % finden sich Diagnosen, die auch nicht vollständig richtig sind, sondern zwar von ihrer Grundaussage stimmen; wichtige Aspekte in der Kausalkette der Todesursache fehlen aber, oder sind nur unzureichend berücksichtigt. Hierin begründet sich also weiterhin die Notwendigkeit der Durchführung von Obduktionen.

4 Allgemeine Pathologie

Im folgenden werden die morphologischen Befunde der allgemeine Pathologie abgehandelt, die besonders für die Interpretation der Makropathologie von Bedeutung sind.

4.1 Begriffsbestimmungen

Als **Erkrankung** (oder Krankheitszustand) bezeichnet man – in Anlehnung an die WHO – jede Störung der Gesundheit. Man rechnet zur Zeit mit ca. 30.000 verschiedenen Erkrankungen. Die Erkrankung stellt einen Prozess, einen Krankheitsprozess, dar, während der Begriff **Krankheit** einen Zustand beschreibt. Somit können die beiden Begriffe nicht synonym verwandt werden.

Als Gesundheit wird der Zustand völligen körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefindens definiert. Zwischen diesen beiden Begriffen lassen sich aber keine scharfen Grenzen ziehen.

Die Bezeichnung „völlig“ dürfte wohl auf keinen Menschen zutreffen; zum anderen kann ein Mensch unter einer guten Dauertherapie (z.B. ein gut eingestellter Diabetiker oder ein Bluthochdruckpatient) wohl im weitesten Sinne als gesund angesehen werden. Es ist aber zu beachten, dass zahlreiche mehr oder weniger ausgeprägte morphologische Veränderungen (z.B. Staubablagerungen in der Lunge) nicht unbedingt mit Funktionsstörungen einhergehen müssen. Hierbei ist also das „Wohlbefinden“, ein subjektiver Begriff, von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grund ist zwischen „krankmachenden“ und „nicht krankmachenden“ Organ- und Gewebeveränderungen zu unterscheiden. Ferner ist zu berücksichtigen, dass ein Mensch – auch ohne Störung seines Wohlbefindens – durchaus krank sein kann; z.B. bei einer Krebserkrankung im Frühstadium, die oftmals ohne jegliche Symptome verläuft. Im Umkehrschluss bedeutet dies : Ein subjektives Krankheitsgefühl, das sich nicht durch einen klinischen Befund objektivieren lässt, entspricht durchaus dem Verlust von Gesundheit, da der Patient in seinem Wohlbefinden beeinträchtigt ist.

Kommt es nach einer Erkrankung nicht zu einer vollständigen Heilung so spricht man von einem **Leiden**.

Im Arbeitsrecht sowie in der Renten- und Sozialversicherung bezieht sich der Begriff „Erkrankung“ auf eine körperliche, seelische oder soziale Störung, die

einer Krankenpflege bedarf und mit einer Arbeitsunfähigkeit (oder zumindest mit einer Verminderung der Arbeitsfähigkeit) einhergeht.

Eine **Erkrankung** manifestiert sich klinisch als :

Symptomenkomplex : vereinzelt subjektive und / oder objektive Befunde, die nicht unbedingt gemeinsam vorkommen müssen und somit in ihrer Aussagekraft sehr eingeschränkt sind.

Syndrom : Koppelung von subjektiven und objektiven Symptomen, die statistisch gehäuft vorkommen aber nicht auf eine einheitliche Ursache zurückzuführen sind.

Krankheit : Es handelt sich um eine gut definierte Erkrankungsform (nicht immer bekannter Genese) mit einer charakteristischen klinischen Manifestation und einem in der Regel vorhersagbaren Verlauf. Auch die Behandlungsmöglichkeiten sind – zumindest in Richtlinien – festgelegt.

Leiden : Restzustand einer nicht vollständig ausgeheilten Erkrankung bzw. eine besonders langwierige oder dauerhafte Erkrankung. Die Pathologie ist daher nicht die Lehre von den Erkrankungen sondern der Leiden. Diese Bezeichnung geht wahrscheinlich auf die frühere diagnostische Tätigkeit der Pathologen zurück, die fast ausschließlich auf die Obduktion beschränkt war. (Nach dem Tod ist keine Erkrankung sondern nur noch ein Restzustand einer Erkrankung, also ein Leiden nachzuweisen).

Übel : chronische Erkrankung, die als besonders unangenehm empfunden wird.

Gebrechen : chronische, sichtbare und besonders behindernde Erkrankung.

Siechtum : langwierige Erkrankung, die zum körperlichen Zerfall führt.

Unwohlsein : leichte, vorübergehende Störung des Wohlbefindens.

4.2 Pathogenese

Erkrankungen sind auf endogene oder exogene Ursachen zurückzuführen. Diese krankmachenden Ursachen werden als **Noxe** bezeichnet.

Noxen können aus der unbelebten (physikalischer (thermisch, mechanisch, ionisierend) oder chemischer Natur) oder aus der belebten Natur (Bakterien, Viren, Pilze und Parasiten) sein.

Eine Erkrankung kann durch die alleinige Einwirkung einer Noxe hervorgerufen werden. Häufiger entsteht sie jedoch auf einem „vorbereitetem Boden“, der eine Krankheitsbereitschaft (Disposition) darstellt.

Das Gegenteil ist die verstärkte Abwehrbereitschaft (Resistenz), die bis zu einer vollständigen Immunität gegenüber einer Erkrankung reichen kann.

Der weitere zeitliche Verlauf einer Erkrankung reichen von **perakut** – über **akut**, **subakut** und **subchronisch** – bis **chronisch**. Die Krankheit kann vollständig (Restitutio ad integrum) unvollständig (Defektheilung oder Leiden) oder gar nicht ausheilen und im ungünstigsten Falle zum Tode führen. Ein erneutes Auftreten einer Erkrankung wir als Rezidiv bezeichnet. Als Remission bezeichnet man das Verschwinden der Symptome, nicht aber der Krankheit.

4.3 Systematik der Erkrankungen

Die verschiedenen Krankheiten des Menschen lassen sich in eine der folgenden Gruppen einordnen :

Pränatale Differenzierungs- und Wachstumsstörungen (Fehlbildungen)

Kreislaufstörungen

Stoffwechselstörungen

Entzündungen

Immunologische Erkrankungen

Postnatale Differenzierungs- und Wachstumsstörungen

Pränatale Differenzierungs- und Wachstumsstörungen

Als Fehlbildung (Missbildung) bezeichnet man morphologisch erfassbare und zum Zeitpunkt der Geburt bereits nachweisbare Anlage- oder Wachstumsstörungen, die über die speziesbezogene Variationsbreite der Norm hinausgehen. Missbildungen entstehen als Folge einer Störung in der Schwangerschaft. Diese Störungen können verschiedenste Ursachen haben.

Sie können u.a. **genetisch** bedingt sein, **endogen** oder auf den Einfluss von **schädigenden Substanzen** (Alkohol, Nikotin, Medikamente, Gifte u. a.) zurückzuführen sein. Desweiteren können auch **Infektionen** Ursache von Missbildungen sein (Rötelnembryopathie). Gleiches gilt auch für **Radioaktivität** und andere Strahlen, die das Erbgut schädigen können. Man unterscheidet je nach dem Zeitpunkt des schädigenden Einflusses (der zu der Fehlbildung geführt hat) zwischen der

Gametopathie (Störungen der Ei- oder Samenzelle) z.B. „Mongolismus“ (M. Down)

Blastopathie (Schädigung der befruchteten Eizelle bis zum 18. Tag) z.B. „Siamesische Zwillinge“

Embryopathie (Schädigung vom 18. Tag bis zum 3. Monat der Schwangerschaft) z.B. Alkohol, Röteln

Fetopathie (nach dem 3. Schwangerschaftsmonat und der Geburt) z.B. Toxoplasmose, Diabetes mellitus

Hierbei ist zu beachten, dass je früher die Schädigung Eintritt, der Effekt um so größer ist. Das bedeutet, dass eine Schädigung in den ersten Schwangerschaftstagen erheblich größere Auswirkungen hat, als in den letzten Tagen vor der Geburt.

Kreislaufstörungen z.B. Herz- und Kreislauferkrankungen, hoher Blutdruck, Arterienverkalkung, Verschlüsse von Gefäßen (Thrombosen, Embolien) etc.

Stoffwechselstörungen z.B. Diabetes mellitus, Schilddrüsenfunktionsstörungen, Nebenniereninsuffizienz etc.

Entzündungen z.B. Infektionskrankheiten, Befall des Organismus durch Parasiten, Bakterien, Pilze, Viren etc.

Immunologische Erkrankungen z.B. Allergien, Rheuma, Multiple Sklerose etc.

Postnatale Differenzierungs- und Wachstumsstörungen z.B. Krebserkrankungen, Fehlernährung etc.

4.4 Nicht natürliche Todesursachen

Im folgenden möchte ich auf nicht natürliche Todesursachen eingehen, die für den Thanatopraktiker Bedeutung haben können. Es ist ja eigentlich die Aufgabe des Arztes, der die Leichenschau vornimmt, eine nicht natürliche Todesursache festzustellen. Ich beabsichtige auch nicht, die Thanatopraktiker in die Rolle des Gerichtsmediziners zu versetzen. Ich möchte vielmehr einige Erkennungsmerkmale von nicht natürlichen Todesursachen aufzeigen, um ein besseres Verständnis über die Arbeit und Vorgehensweise des Pathologen / Rechtsmediziners zu ermöglichen. Es ist unwahrscheinlich (aber auch nicht ganz ausgeschlossen), dass ein Thanatopraktiker im Rahmen der Behandlung eines Verstorbenen auf Hinweise für eine nicht natürliche Todesursache stößt, die dem Notarzt oder Hausarzt entgangen sein könnten.

Ersticken : bedeutet den Tod durch Sauerstoffmangel in den Geweben und Organen des Körpers. Man unterscheidet zwischen einer inneren und äußeren

ren Erstickung. Zur **inneren Erstickung** kommt es, wenn durch verschiedene Substanzen der Sauerstoff zwar noch eingeatmet werden kann, er aber durch den Körper nicht mehr verstoffwechselt wird. Dies kann z.B. im Rahmen einer **Kohlenmonoxid-** oder **Zyanwasserstoffvergiftung** auftreten. Die **äußere Erstickung** kann durch eine Reihe von Ursachen auftreten. **Erhängen, Erdrosseln, Erwürgen** aber auch **Ertrinken**. Diese Vorgänge können unfallbedingt eintreten, können aber auch im Rahmen eines Mord- oder Selbstmordgeschehens eine Rolle spielen. Die Symptome des Erstickungstodes werden im Einzelnen noch Erwähnung finden. Beim Erhängen, Erdrosseln und Erwürgen findet man aber gemeinsame charakteristische Zeichen. Dies sind unter anderem die **Zyanose** (Blauverfärbung der Haut durch die venöse Stauung) im Kopf- und Halsbereich, das Auftreten von punktförmigen Schleimhautblutungen (durch den Stau). Diese werden als „**Erstickungsblutungen**“ bezeichnet. Man findet sie im Bereich der Augenlider und der Bindehaut, aber auch in den Häuten der Brustorgane, wie dem Rippenfell (**Tardieu'sche Flecken** der Pleura) oder dem Herzbeutel.

Erhängen : Meist in selbstmörderischer Absicht, manchmal aber auch unfallbedingt und in nicht geringer Zahl auch in mörderischer Absicht, wobei es auch vorkommt, dass der Getötete, um einen Selbstmord vorzutäuschen, nach dem Tode aufgehängt wird. Durch einen Strick oder ähnliche Gegenstände, die um den Hals geschlungen werden, wird durch das Körpergewicht a) die Luftzufuhr über die Trachea unmöglich; b) die Venen und Arterien des Halses werden abgeklemmt und c) unter Umständen kommt es zum Genickbruch (Fraktur des Dens axis). Unterschieden wird in typisches und atypisches Erhängen, wobei beim **typischen Erhängen** der Körper frei schwebt und das Werkzeug (Seil) symmetrisch um den Hals geschlungen ist; beim **atypischen Erhängen** der Körper noch Kontakt zum Untergrund hat.

Wenn man berücksichtigt, dass eine Zugkraft von ca. 2 kg schon genügt um die V. jugularis zu komprimieren und selbst für die A. carotis ein Zug von rund 5 kg ausreicht, dann ist auch nachvollziehbar, dass sich jemand an einer Türklinke erhängen kann. Man findet beim Erhängen neben den o.g. allgemeinen Symptomen der Erstickung auch die typischen **Strangmarken**, die durch das Seil oder einen ähnlichen Gegenstand hervorgerufen werden.

Erdrosseln : Im Unterschied zum Erhängen, bei dem das Körpereigengewicht den Zug am Seil auslöst, wird beim Erdrosseln der Hals durch einen anderen Zug mit einem Seil, einem Tuch oder ähnlichem zugeschnürt. Das Erdrosseln geschieht fast ausschließlich in mörderischer Absicht. Die Symptome sind diejenigen, die schon oben genannt wurden. Es finden sich regelmäßig Male vom Tatwerkzeug, die aber nicht, wie beim Erhängen ansteigend, sondern nahezu kreisförmig um den Hals verlaufen.

Ertrinken : Das Ertrinken ist ein Sonderfall, bei dem verschiedene Mechanismen zum Tode führen. Beim Ertrinken kommt es zu einem Anhalten der Atmung für ca. 20 – 30 sec., hiernach ist der CO_2 -Spiegel im Blut auf ein solches Maß angestiegen, dass es zu einem reflektorischen „Einatmen“ von Wasser in die Lungen kommt (Aspiration). In dieser Phase werden große Mengen an weißem Bronchialschleim abgesondert, der sich mit dem Wasser und der noch vorhandenen Luft zu Schaum vermischt. Dieser Schaum tritt regelmäßig bei Ertrunkenen durch Mund und Nase aus. Er wird als Schaumpilz bezeichnet und ist das klassische Ertrinkungszeichen. Je nach Art des Wassers (Salz- oder Süßwasser), kommt es nun zu einem Übertritt von Wasser in die Blutwege (Süßwasser) oder zum Austritt von Wasser aus den Blutwegen (Salzwasser). Dies hat zur Folge, dass das Blutvolumen innerhalb kürzester Zeit extrem ansteigt (Süßwasser) oder abfällt (Salzwasser). Hierdurch kommt es in den Blutwegen zu einer massiven Verschiebung des Gleichgewichtes an Blutsalzen und Proteinen. Dies kann, insbesondere im Salzwasser, den Tod – unabhängig vom Sauerstoffmangel – auslösen.

Vergiftungen : treten ebenfalls unfallbedingt oder in Tötungsabsicht bzw. Selbstmordabsicht auf. Es gibt eine Unzahl von Substanzen, die beim Menschen den Tod verursachen können. Hierbei ist der berühmte Satz des Paracelsus (1493 – 1541) zu erwähnen, der besagt, dass alle Substanzen in Abhängigkeit zu ihrer Dosierung giftig sind. Die „Gifte“ haben unterschiedliche Wirkungsweisen, die auf verschiedenste Arten zum Tode führen können. Sie greifen entweder in den Gesamtstoffwechsel (Kohlenmonoxid (CO)-Verdrängung des Sauerstoffes im roten Blutkörperchen, Zyanwasserstoff (HCN)-Hemmung eines lebenswichtigen Enzyms in allen Zellen) ein oder führen zur raschen Zerstörung eines Organes (**Knollenblätterpilzgift** → Leberzerstörung, **Giftgase** wie „Gelbkreuz“ oder „Senfgas“ → Lunge) bzw. Lähmen das Nervensystem (z.B. **Drogen, Alkohol**,

Bakterientoxine, Pflanzengifte, Schlangengifte u.v.a.) oder die Muskulatur („Pfeilgift“ aus verschiedenen Baumfroscharten Südamerikas, das „**Curare**“). Andere Gifte können **allergische Reaktionen** im Körper auslösen, die zum allergischen Schock und damit zum Tode führen können (Insektentoxine wie Bienen- oder Wespengift). Unfallbedingt spielen Vergiftungen bei Kindern eine sehr wichtige Rolle. Sie gehören im Kindesalter zu den häufigsten Todesursachen. Hierbei ist das versehentliche Schlucken von **Medikamenten, Haushaltschemikalien, giftigen Pflanzen** (Maiglöckchen, Tollkirschen, Goldregen u.a.) oder anderen Produkten (**Alkohol, Tabak**) zu nennen. Die Symptome, die bei Vergiftungen auftreten, sind je nach Gift und Giftmenge sehr unterschiedlich. Eine rein klinische Diagnose ohne labortechnische Untersuchungen ist oftmals nicht möglich.

Unfälle : Als Unfall wird ein plötzliches, von außen auf den Körper einwirkendes Ereignis definiert. Der Unfalltod ist die wohl am häufigsten vorkommende Art eines nicht natürlichen Todes. So kommen jedes Jahr ca. 12.000 Personen im Straßenverkehr, rund 2.000 bei der Arbeit, 4.000 in der Freizeit und 9.000 im Haushalt durch einen Unfall ums Leben. Das von außen auf den Körper einwirkende Ereignis (der Unfall) kann verschiedenste Ursachen bzw. Quellen haben. Man kann **physikalisch-mechanische** (Gewalteinwirkung z.B. Sturz, Anprall, Zusammenstoß; Hitze und Kälte; Elektrischer Strom und Blitzschlag; ionisierende Strahlung (Radioaktivität); Schuss-, Stich- und Hiebverletzungen) von **chemischen** (Vergiftungen, Verätzungen) Ursachen unterscheiden. Man muss aber im Hinterkopf behalten, dass hinter einem Unfall sich auch eine Straftat verbergen kann. Die Symptome des Unfalltodes hängen selbstverständlich mit der Art des Unfalles zusammen und sind dementsprechend vielfältig.

Selbstmord (Suizid) : Annähernd alle o.g. Todesursachen können auch von der betroffenen Person in Selbsttötungsabsicht verantwortet sein. Eine Unterscheidung zwischen Unfall, Mord oder Selbstmord erweist sich oftmals als sehr schwierig. Prinzipiell sind die Symptome von Verunfallten, Ermordeten oder Selbstmördern nicht grundsätzlich von einander abweichend. Oftmals sind es Details, die letztlich Aufschluss darüber geben können, woran der Betroffene verstorben ist. Dies explizit hier aufzuzählen, halte ich nicht für notwendig, weil es in einem solchen Falle zwangsläufig zu einer Untersuchung durch die Staatsanwaltschaft kommt und somit schon eine Beurteilung des Falles vorliegt.

III. PATHOLOGIE UND RECHTSMEDIZIN ---

Teil IV

Die Hygienische Totenversorgung

IV DIE HYGIENISCHE TOTENVERSORGUNG

(R. Klatt, J. Raman)

1 Historischer Überblick

Frühe Bestattungsarten

Der moderne Mensch (*Homo sapiens sapiens*) hat immerhin noch 98 % des Erbguts mit seinen entwicklungsgeschichtlich nächsten Verwandten, den Schimpansen und Gorillas, gemein. Die ca. 30.000 Gene unseres Chromosomensatzes teilen wir uns also weitestgehend mit unseren tierischen Verwandten. Die Vorläufer-Linien trennten sich nach genetischen Untersuchungen etwa vor 8 Millionen Jahren. Menschenaffen haben durchaus die Fähigkeit Trauer beim Tode eines Gruppenmitgliedes zu empfinden. Ein Bestattungsäquivalent ist bei ihnen jedoch nicht bekannt. Der **Neandertaler** hingegen (ca. 200.000 – 30.000 v. Chr.), eine Seitenlinie in der Entwicklung zum *Homo sapiens sapiens*, bestattete seine Toten. Gräber sind eine der wichtigsten Quellen, wenn es darum geht, sozio-kulturelle Daten zu ermitteln, denn Totenkult ist zugleich ein Spiegel des gesellschaftlichen Lebens und eines der wenigen Merkmale, die den Menschen vom Tierreich trennen. Kennzeichen dieser Bestattungen sind u.a. die Anlage oder Nutzung einer Grabgrube, die zumeist in einer Höhle lokalisiert war, die Versorgung des Verstorbenen durch z.B. die Rötelpigmentierung (natürlich vorkommende Substanz aus Roteisenstein) oder die Einkleidung in Felle, bzw. Abdeckung der Toten mit Steinen oder Mammutschulterblättern um gegen Tierfraß vorzubeugen oder als Ausdruck einer archaischen Angst vor Wiedergängern, sowie die im weitesten Sinne Beigabe von Grabschmuck (Blumenstreuung).

Der physisch notwendige Gruppenzusammenhalt war die Grundlage zur Ausbildung eines „sozialen Verhaltens“, wozu auch eine mehr oder weniger ausgeprägte Bestattungskultur gehört. Die intellektuelle Realisierung des Todes, ihre kulturelle Verarbeitung und Vereinnahmung sind seit jener Zeit (ca. 35.000 Jahre vor Christus) nachweisbar. Die Merkmale einer solchen Bestattung sind ein wiederfindbares Grab und damit die Schaffung einer Lokalität zur Erinnerung an den Toten. Des weiteren

bedeutet die lebensangelehnte Ausstattung des Toten mit der Beigabe von Kleidung, Waffen und Werkzeugen und die Ehrung durch Schmuck (Blumenstreuung) sowie der Versuch der Bewahrung vor dem Verfall durch die Rötelstreuung den Bezug des Verstorbenen zu den Hinterbliebenen aufrecht zu erhalten.

In der Zeit um 8000 v. Chr. vollzog sich der Schritt vom Jagen und Sammeln zur kontrollierten Nahrungsproduktion durch Ackerbau und Viehzucht. Die so bewirkte Sesshaftigkeit, der Bau von festen Ansiedlungen, ein anderes Sozialgefüge beinhaltete auch einen differenzierteren Totenkult. Im nahen Osten begrub man die Toten unter den Fußböden der Häuser. In Gefäßen gab man ihnen Speise und Trank mit. Oft fehlen den Skeletten die Schädel. Diese Schädel wurden mit einer rötlich gefärbten Gipsmasse in naturalistischer, manchmal auch idealistischer Manier übermodelliert, Muscheln dienten als Augeneinsätze. Die so präparierten Ahnenköpfe stellte man in speziellen Räumen auf. Diese Form des Schädelkultes ist ein weltweit nachweisbares Phänomen der Totenbehandlung, das sich bis in die heutige Zeit sogar in Mitteleuropa finden lässt (z. B. bemalte Schädel von Hallstatt).

Seit dem Beginn der Sesshaftigkeit gibt es im weitesten Sinne „Friedhöfe“ und eine „Bestattungsordnung“. Die Friedhofsareale liegen oft in der Nähe der Siedlung, manche der uralten Friedhöfe enthalten über 100 Bestattungen, so dass man davon ausgehen kann, dass die Gräber über Tage gekennzeichnet waren. Meist sind streng eingehaltene Regeln zu erkennen, wie z. B. bestimmte Haltungen (Hockerstellung, geschlechtsspezifische Lage, Ausrichtung nach Himmelsrichtungen). Von Anfang an gab es auch Brandbestattungen: In der Urne wurden die Überreste des Toten samt seiner persönlichen Habe niedergelegt, in den übrigen Gefäßen befanden sich die Speise- und Trankbeigaben. Besonders reich ausgestattete Gräber (mit Gold, Silber, Waffen und Schmuck), welche sich ab dem 4. Jt. vor Christus nachweisen lassen, erlauben Rückschlüsse auf die Vorstellung eines Lebens nach dem Tode. So kann als Grundregel abgeleitet werden, dass wer im Leben Besitzstand und Stellung innehatte, auch im Jenseits in diesem Stande weiterexistieren würde.

Im 4. und 3. Jahrtausend v. Chr., als in Mittel- und Westeuropa Kultmonumente der Art von Stonehenge (England) und Carnac (Frankreich) angelegt wurden, baute man auch entsprechende Grabanlagen. Diese Großsteingräber waren über so weite Teile Europas verbreitet, dass man dahinter sicher einen ausgeprägten Kult und damit auch einen gesellschaftlichen Konsens vermuten darf. Solche

Megalithgräber waren nur durch Zusammenschluss mehrerer Dorfgemeinschaften zu errichten und wurden auch gemeinschaftlich genutzt.

Die Ägypter bestatteten in Pyramiden, Schachtgräbern und Felskammergräbern. Die Gräber, nicht nur der Pharaonen, waren oft wie Wohnungen ausgestattet, weshalb man dort auch Möbel und alles Zubehör findet, was man im Leben brauchte. Die Mumifizierung war übrigens kein Privileg der Pharaonen, denn weite Bevölkerungsschichten, auch ärmere Leute, ließen sich mumifizieren. Die Ägypter glaubten an ein ewiges Weiterleben im Jenseits, in das man aber nur mit einem unverletzten Körper eintreten konnte. Deshalb entwickelten sie die Technik der Haltbarkeitsmachung/Mumifizierung. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte beschrieben, wie sie zur Zeit des Neuen Reiches (18.–20. Dynastie, ca. 1542–1069 v. Chr.), dem Höhepunkt der Mumifizierungskunst befolgt wurden.

- 1) Entfernung aller inneren Organe durch einen Schnitt an der linken Körperseite. Ab etwa 1.100 v. Chr. auch Entfernung des Gehirns (Durchstoßung des Nasendaches und Zerkleinerung des Gehirns mittels einer gebogenen Nadel).
- 2) Füllung des Bauch- und Brustraums mit Päckchen aus trockenem Natron.
- 3) Ebensolche Mumifizierung von Darm, Leber, Magen und Lunge.
- 4) Verpackung des gelagerten Körpers in große Mengen Natron. Mehrere Wochen Austrocknung durch Natronpackung.
- 5) Nachtrocknen in der Sonne.
- 6) Darm, Leber, Magen und Lunge werden nach Einwicklung in Leinenbänder in speziell dafür vorgesehene Krüge, sogenannte Kanopen, verstaut. Die Krüge tragen oft Deckelköpfe, die die vier Söhne des Gottes Horus darstellen, wobei jeder einem bestimmten Organ zugewiesen war.
- 7) An den ausgetrockneten Körpern wurden die entstandenen Hohlräume mit Leinen, Sägespänen, Nilschlamm und manchmal Flechten ausgefüllt, die eingefallenen Augenhöhlen mit kleinen Zwiebeln angehoben. Auch regelrechte Schönheitsoperationen sind bekannt: an bestimmten Stellen legte man Schnitte in die Haut und unterfütterte sie mit feuchtem Ton. Dann wurde der Körper wie von einem Bildhauer modelliert.
- 8) Bandagierung der Mumie mit Leinenstreifen, die man aus alten Bettüchern und Kleidungsstücken herstellte. Für die Wicklung einer Mumie rechnet man bis zu 375 m² Stoff.

9) Mit dem Leinen wickelte man auch heilbringende und helfende Symbole ein: vor den Toten lag ein beschwerlicher und gefährlicher Weg in die Unterwelt, bei dem sie am Ende noch das Totengericht, angeführt von 42 Richtern, zu bestehen hatten. Bei den Prüfungen spielte auch das Herz des Toten eine wichtige Rolle (es wurde gegen eine Feder vom Haupt der Maat, Göttin der Gerechtigkeit, abgewogen), weshalb ihm bei der Mumifizierung eine Sonderbehandlung zuteil wurde.

10) Oft Bedeckung des Kopfes mit einer Maske.

11) Sarglegung, oft in einem anatomisch angepasstem Holzarg.

12) Fest umschriebenes Totenritual vor der endgültigen Niederlegung, besonders wichtig dabei: Das Mundöffnungsritual, mit dem die Seele wieder in den präparierten Körper einzog.

Die **Skythen**, ein nomadisches Reitervolk, lebten vom 8. bis 4. Jahrhundert v. Chr. nördlich der Krim bis in weite Teile Sibiriens. Nach ihrem Glauben trennte sich die Seele des Toten erst nach 40 Tagen vom Körper, weshalb ein verstorbener Skythenfürst noch 40 Tage lang durch das Land gefahren wurde, damit sich seine Untertanen verabschieden konnten. Ihm zu Ehren veranstaltete man Gastmähler, an denen der tote Fürst selbst bei Tische saß. Die Skythen hatten auch den Brauch, Diener und Lieblingspferde mit in den Tod zu nehmen. Die dazu notwendige Mindestkonservierung hat Herodot (484–425 v. Chr.) überliefert.

Folgende Maßnahmen werden zur Konservierung durchgeführt :

1) Entnahme des Gehirns durch das Hinterhauptloch.

2) Entfernung der Eingeweide. Füllung des gesäuberten Bauchraums mit Sägespänen und geruchsintensiven Spezereien, die bisher noch nicht eindeutig identifiziert sind (vermutlich Zyperngras oder Safran, Eppich und Anis).

3) Entfernung der Muskeln. Aufpolsterung der Haut.

4) Überzug mit einer Wachsschicht, die modelliert wurde und als Grundlage einer Schminke diente.

Die skythischen „Mumien“ sind allerdings nicht aufgrund der so erfolgten Balsamierung erhalten geblieben, vielmehr wurden sie durch das sibirische Eis konserviert.

Bereits 2.500 v. Chr. haben sich die Könige der Stadt Ur im Zweistromland zwischen Euphrat und Tigris mit Dienern, Soldaten und Wagenlenkern bestatten lassen, ebenso in China (Königsgrab der Shang-Dynastie, die vom 13. bis zum 10. Jahrhundert v. Chr. regierte).

Eine spätere Verfeinerung dieses Brauches in China zeigt eindrucksvoll das berühmte Grab des ersten Kaisers von China aus dem Jahr 210 v. Chr. mit seiner unvergleichlichen Tonarmee aus mehr als 6.000 übermannsgroßen Tonsoldaten, jeder mit individuellen Gesichtszügen. Nach chinesischer Auffassung war mit der Gesichtsdarstellung auch die Seele des Abgebildeten gebannt, er hatte „sein Gesicht verloren“. Im Süden des Landes wurden etwa zur gleichen Zeit die Verstorbenen in ca. 2 Dutzend Lagen Stoff und 6 Lagen Seide eingewickelt, wohl um einen Luftabschluss des Körpers zu erreichen. Der Körper wurde dann in 40 cm Kalk und Asche begraben. Die Särge waren innen mit flüssigem Quecksilber getränkt. Auch so konnte eine Konservierung erfolgen. Von Alexander dem Großen wurde berichtet, dass sein Leichnam mittels Honig konserviert wurde. Ungewollte Balsamierungen erfolgten in unseren Breiten bei den sog. Moorleichen, bei denen der Sauerstoffabschluss und die Gerbsäuren im Moor die Verwesung stoppten. Bisher hat man rund 700 Leichen gefunden. Ähnliche Effekte finden sich bei Leichen, die in trockener Zugluft liegen. Auch hier treten mumifizierungsähnliche Veränderungen auf.

IV. DIE HYGIENISCHE TOTENVERSORGUNG _____

2 Geschichte der Thanatopraxie

Wie bereits im vorigen Kapitel erwähnt, haben die Menschen schon seit Jahrtausenden, insbesondere in den antiken Hochkulturen, einen Weg gesucht um die Verwesung des Leichnams aufzuhalten. Dies gilt natürlich insbesondere für die Ägypter, die die ersten waren, die eine Konservierungstechnik entwickelten. Sie begannen damit rund 3500 v. Chr. und führten das Verfahren bis in das 7. Jahrhundert n. Chr. durch (s. Kap. 4.1). Die Verfahrenstechnik änderte sich natürlich in diesem rund 4000 Jahre währenden Zeitraum. Grundsätzlich bleibt aber die trockene Wärme der Hauptfaktor für die Konservierung. Die Verhinderung der Verwesung war in der ägyptischen Mythologie die Voraussetzung für die Wiedergeburt und den Übertritt in das Totenreich. Das ägyptische Wissen um die Techniken war streng geheim. Nur ausgewählte Priester waren in diese Techniken eingeweiht. Sie wurden von Generation zu Generation innerhalb dieser Priesterschaft weitergegeben. Die Technik bestand im Prinzip aus der Organentnahme und der langsamen Trocknung des Leichnams (**Mumifizierung**). Nach der arabischen Eroberung Ägyptens und der Islamisierung des Landes gerieten die Konservierungstechniken in Vergessenheit.

Aber auch in anderen Kulturen wurden Balsamierungstechniken angewandt. So z.B. bei den indianischen Kulturen in Mittel- und Südamerika (sowie Teilweise auch in Nordamerika), in Persien, bei den Ureinwohnern der Kanarischen Inseln, den Guanches etc. Allen gemein war die rituelle und religiöse Bedeutung der Balsamierung.

Im christianisierten Europa gab es natürlich einen solchen religiösen Hintergrund nicht. Daher entwickelten sich erst sehr spät, unter wissenschaftlich-anatomischen Aspekten Techniken zur Konservierung. Die ersten anatomischen Obduktionen im 13. und 14. Jahrhundert (an Leichen von Hingerichteten) fanden noch an nicht-konservierten Leichen statt.

Grundlagen lieferten noch die Texte von **Claudius Galen** (130–200 n. Chr.), der seine Beschreibungen aus Sektionen von Tieren herleitete und auf den Menschen übertrug. Diese anatomischen Sektionen fanden unter einem gewissen Zeitdruck statt, da ja der Körper der natürlichen Verwesung weiterhin unterlag. Als früheste Form der Konservierung kannte man lediglich das Auskochen des Skeletts. Die Anatomen der damaligen Zeit fanden natürlich bald heraus, dass die Galenischen

Beschreibungen einige gravierende Unterschiede zu ihren eigenen Beobachtungen aufwies. Dies führte in der Folgezeit zu einer enormen, wenn auch verbotenen, Sektionshäufigkeit. Papst Bonifazius VIII. verbot im Jahre 1300, bei Androhung der Exkommunizierung, die Durchführungen von Sektionen. Nichtsdestotrotz wurde mehr und mehr seziiert. Hierbei tat sich besonders **Versalius** (1515 – 1564) hervor, der sich der systematischen Anatomie anhand von Sektionen widmete. Nach und nach wurden Techniken ausprobiert um die Körper länger haltbar zu machen. Neben der Entnahme der Organe, dem Trocknen des Körpers in der Sonne und in Öfen sowie dem Auskochen der Knochen wurden im 15. Jahrhundert erstmalig auch verschiedenste Flüssigkeiten in der Körper eingebracht. **Leonardo da Vinci** (1452 – 1519) benutzte z.B. Wachs, um Abdrücke von Körperhöhlen zu preservieren. Andere Flüssigkeiten wie etwa Tinte oder warmes Wasser wurden in die Gefäße injiziert. Im weiteren Verlauf entwickelte sich die Methode, das Blut aus dem Körper zu pressen, die inneren Organe zu entfernen und die Körperhöhlen mit getränkter Watte oder Pudern zu füllen.

Im 18. Jahrhundert begann dann, wenn man so will, die Moderne. Es wurden die ersten „desinfizierenden“ Flüssigkeiten in den Körper eingebracht. Man benutzte nun reinen Alkohol oder Alkohol in Verbindung mit verschiedenen Salzen wie Zinkchlorid oder Quecksilberchlorid bzw. Arsensalze. Zur Anwendung kam aber auch z.B. die Borsäure oder hochkonzentrierte Salzlösungen.

Der Italiener **G. Tranchina** brachte (im 19. Jahrhundert) diese Flüssigkeiten über die re. Femoralarterie oder die A. carotis comm. dextra ein. Später drainierte er die Flüssigkeit und das Blut über die V. jugularis interna.

Jean Nicolas Gannal (1791 – 1852) Chemiker und Offizier in Napoleons Großer Armee, veröffentlichte 1838 das Buch der „Geschichte des Einbalsamierens“, in dem er ein von ihm entwickeltes Verfahren zu Balsamierung beschrieb. Er hatte dieses Verfahren über Jahre hinweg entwickelt und verschiedenste Flüssigkeiten auf ihre konservierenden Eigenschaften hin untersucht. Er führte Nachuntersuchungen an Körpern durch, die er Monate zuvor behandelt hatte und die dann beerdigt worden waren. Er fand an keinem dieser Körper Zerfallsspuren. Er war also der erste, der wissenschaftlich die Tauglichkeit seines Verfahrens nachweisen konnte. Das Buch wurde 1840 ins Englische übersetzt und damit

fand Gannals Methode eine breite Anwendung in England und den USA. Einen Schub erhielt die Technik bedingt durch den Bürgerkrieg in den USA (1861 – 1865). In diesem Krieg wurden zum ersten Mal die Gefallenen nicht auf dem Felde vergraben, sondern behandelt in ihre Heimatstädte verbracht. Dies hatte zur Folge, dass die Familien noch Abschied nehmen konnten und für die Armeen war es vorteilhaft die genaue Anzahl und Identität der Gefallen erfasst zu haben. Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts setzte sich die Anwendung von Formalinlösungen durch. Arsen- und Quecksilberlösungen waren aufgrund ihrer Giftigkeit in Frankreich schon seit 1848 verboten.

Weitere Entwicklungen hinsichtlich der Instrumente setzten sich ebenfalls durch. So konnte man schon zu Beginn unseres Jahrhunderts die erste elektrische Pumpe zur Injektion erhalten. Zuvor war die Flüssigkeit noch über große Spritzen injiziert worden; ein relativ mühsamer Prozess, der mehrere Stunden dauern konnte. Die ersten Schulen für Thanatopraxie wurden gegen Ende des 19. Jahrhunderts in den USA und Canada gegründet. Später folgten auch Schulen in Europa. 1969 wurde das belgische Institut für Thanatopraxie gegründet. Das Deutsche Institut für Thanatopraxie (DIT) folgte 1993.

IV. DIE HYGIENISCHE TOTENVERSORGUNG _____

3 Ethische Aspekte

Die Thanatopraxie ist ein wesentlicher Bestandteil des Berufsbildes eines Bestatters. Sie steht in direkter Nachfolge der im vorigen Kapitel erwähnten Methoden der Einbalsamierung. Es spielen bei ihr aber weder religiöse oder mythische Aspekte eine entscheidende Rolle bei der Durchführung. Auch ist die zeitliche Zielsetzung eine andere. Es geht nicht darum den Verstorbenen für die Ewigkeit zu präparieren, sondern um einen eingeschränkten, definierten Zeitraum, indem eine offene Aufbahrung oder eine Überführung ermöglicht wird. Heute spielen im wesentlichen hygienische und trauerpsychologische Aspekte die Hauptrolle bei der Thanatopraxie. Sie soll die Möglichkeit der Abschiednahme am offenen Sarg, ohne Infektionsgefährdung der Hinterbliebenen, durchführbar machen. Die Trauerbewältigung kann hierdurch unterstützt werden. Außer den hygienischen Gesichtspunkten gibt es noch die ästhetische Komponente, die für die Angehörigen von Bedeutung sein können. Der letzte Blick auf den Verstorbenen entscheidet mit über die Erinnerung, in der der Verstorbene bleiben wird. Dabei soll nicht die „Beschönigung“ des Todes im Vordergrund stehen, sondern vielmehr der oftmals unwürdige Zustand der Leiche in einen solchen überführt werden, der der Würde des Verstorbenen besser Rechnung tragen kann. Und dies ist weit mehr als bloße Kosmetik. Mit dem Tode muss ja nicht zwangsläufig die Sorgfaltpflicht gegenüber einem Mitmenschen aufhören. Der Bestattungsvorgang ist ja keine „Entsorgung“, sondern eine Abschiednahme von einem Menschen und nicht von einer Sache. Genauso wenig kann man auch die Körperpflege eines Pflegebedürftigen als bloße Reinigung betrachten. Sie berücksichtigt ebenso die Natur des Menschen und seine Würde und ist zudem eine eminente Form der Kontakterhaltung, der über den rein physischen Kontakt weit hinaus geht. Und dies wird nach dem Tode ebenfalls durch die Thanatopraxie ermöglicht. Die Behandlung bedeutet, dass man die Person, die bestattet werden soll, in einem Zustand beisetzt, der ihre Menschenwürde respektiert.

Die Würde des Verstorbenen muss selbstverständlich bei der thanatopraktischen Behandlung immer im Vordergrund stehen. Dies gilt für alle Abschnitte der Behandlung und ist, wie oben schon erwähnt, der Hauptgrund der Behandlungsdurchführung. Hierzu gehört unter anderem ein gutes und fundiertes Wissen über die Art und Durchführung der Behandlung und ihrer Teilaspekte. Es ist daher die Pflicht und Schuldigkeit eines jeden Thanatopraktikers, alle Behandlungen und Verfahrensweisen, unter Würdigung der Person des Verstorbenen und seiner Angehörigen, respektvoll und gewissenhaft durchzuführen.

IV. DIE HYGIENISCHE TOTENVERSORGUNG ---

4 Religiöse Aspekte

Obwohl in den großen Weltreligionen Einbalsamierungen nicht vorgesehen sind, gibt es doch weder im christlichen noch jüdischen und moslemischen Glauben, Dogmen, die die Einbalsamierung grundsätzlich verbieten würden. Es ist aber zu beachten, dass der Wunsch der Angehörigen oder ggfs. des Verstorbenen selbst, stets Priorität besitzen müssen; nicht nur aus juristischer, sondern auch aus ethisch-moralischen Gründen. Eine Behandlung ohne den ausdrücklichen Wunsch und Zustimmung der Angehörigen, ist aus meiner Sicht nicht durchführbar, weil sie weder rechtlich, noch moralisch-ethisch zu vertreten ist.

Die religiöse Toleranz ist mit der zeitlichen Einschränkung der Konservierung eng verbunden. Eine unbefristete Konservierung wäre sicherlich vom religiösen Standpunkt her problematisch.

IV. DIE HYGIENISCHE TOTENVERSORGUNG _____

Teil V

**Die Durchführung
der Thanatopraktischen
Behandlung**

V DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

(J. Homburg, R. Klatt, M. Gommel)

1 Behandlungsprinzipien

Grundsätzlich wird bei der thanatopraktischen Behandlung eine konservierende und desinfizierende Lösung über das Blutgefäßsystem in den Körper injiziert, wobei das Blut aus dem Körper drainiert wird. Des Weiteren werden die großen Körperhöhlen (Thorax, Abdomen) zusätzlich über einen Trokar mit der Lösung versorgt, und gleichzeitig werden sie von freier Flüssigkeit, Schleim, Blut etc. durch Absaugung über den Trokar befreit. Die Einzelschritte werden noch im Seminar erklärt werden – hierbei geht es zunächst um einen Überblick über die Tätigkeit.

Der Arbeitsgang besteht also im wesentlichen aus drei Teilen.

Der **Injektion** des Balsamierungsmittels (meist auf Formaldehydbasis) über ein großlumiges arterielles Gefäß. Aufgrund der günstigen anatomischen Lage wird die A. carotis communis dextra bevorzugt. Man kann aber auch andere große Arterien für die Injektion nutzen. Die Entscheidung, welche Arterie zu gebrauchen ist, wird von Fall zu Fall ganz individuell gefällt werden müssen, weil es hierbei einige wichtige Aspekte zu berücksichtigen gilt. Alternativen sind : A. carotis comm. sinistra; A. femoralis dextra oder sinistra sowie die A. axillaris dextra oder sinistra. Die injizierte Flüssigkeit drückt das Blut durch das gesamte Gefäßsystem bis in die re. Herzkammer, wo es sich schließlich sammelt. Auf diese Weise können alle Körperstellen gut erreicht werden.

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

Unter Umständen müssen aber Extremitäten oder der Kopf gesondert, über die versorgenden Arterien erreicht werden. Dies gilt z.B. bei Arterienverschlüssen oder bei Verkalkung der Arterien, aber auch bei obduzierten oder entstellten (z.B. nach Unfällen) Körpern. Nach der Injektion ist es nun von entscheidender Bedeutung eine **Drainage** zu schaffen, über die das Blut dann auch abfließen kann. Wird eine solche Drainage nicht ermöglicht, kommt es zum Stau der Flüssigkeit, die dann die Gefäße in großen Mengen verlässt und sich im Gewebe sammelt. Das kann zum Anschwellen und damit zur Entstellung des Körpers führen. Zum anderen kann sich die Flüssigkeit ohne Drainage nur schlecht verteilen, so dass eine effiziente Versorgung und damit ein hygienischer Zustand des Körpers nicht erreicht werden kann. Das Blut muss also – über einen Weg zum und vom rechten Ventrikel – drainiert werden. Hierzu schafft man einen Zugang über die re. Vena jugularis interna. Auch für sie spricht die Größe des Gefäßdurchmessers und die anatomisch günstige Lage in Bezug auf die re. Herzkammer (s. Gefäßsystem im Kapitel Anatomie). Alternativen an anderen Gefäßen sind hier nicht so zahlreich und effizient, so dass eigentlich nur die Drainage über den Trokar direkt aus der re. Herzkammer in Frage kommt.

Absaugung und **Auffüllen** der großen Körperhöhlen über den Trokar. Flüssigkeiten, Stuhl, Schleim oder auch freie Flüssigkeit aus den Hohlorganen (Magen, Darm, Blase) oder der Lunge müssen aus dem Körper entfernt werden. Gleichlaufend wird mit der Konservierungsflüssigkeit eine Auffüllung der Körperhöhlen vollzogen, damit der Verfallsprozess (die Autolyse beginnt ja im Abdomen !!) auch hier aufgehalten werden kann.

Nähen der Wunden, rekonstruktive Schritte (wenn nötig), **Verschluss der Körperöffnungen**, Reinigung der Körperoberfläche, **Bekleiden** und **Kosmetik**.

2 Vorbereitung

Bevor man beginnen kann den Körper zu versorgen, müssen Vorbereitungen getroffen werden, die die Arbeit sicherer und leichter machen. Der persönliche Schutz vor Verletzungen oder Infektionen nimmt hierbei einen sehr bedeutende Position ein.

Man muss immer davon ausgehen, dass der zu behandelnde Körper stets eine potenzielle Infektionsquelle ersten Ranges darstellt. Daher ist der Schutz der eigenen Person, des Personals und der Umwelt gar nicht wichtig genug zu nehmen. Die persönliche Sicherheit beginnt schon mit der Durchführung von Impfmaßnahmen, die bereits Erwähnung gefunden haben.

Des weiteren ist das Tragen von Schutzkleidung, einem Mundschutz, einer Schutzbrille und von Handschuhen sowie von Überschuhen von größter Bedeutung. Ein stets übersichtlicher Arbeitsplatz, der hell und geräumig genug ist und eine gute Belüftungsanlage im Arbeitsraum schaffen die Voraussetzungen konzentriert und sicher zu arbeiten. Es folgen einige Tipps und Hinweise worauf man grundsätzlich achten sollte, wenn man den Regeln entsprechend arbeiten möchte.

Im Arbeitsraum sollte weder gegessen, getrunken und auch nicht geraucht werden. Es sollte sich nur der im Arbeitsraum aufhalten, der unmittelbar an der Arbeit beteiligt ist. Zudem ist ein ungestörtes Arbeiten meist das bessere Arbeiten. Man sollte während des Arbeitsvorganges nichts anderes zu erledigen haben; Störungen und Unterbrechungen von außen sind von vorne herein zu unterbinden. Arbeitsmaterialien sollten sofort nach dem Gebrauch gereinigt und desinfiziert werden. Man sollte die Anzahl der Instrumente auf dem Tisch so gering wie möglich halten, um chaotische Verhältnisse am Arbeitsplatz zu vermeiden.

Die Aufbewahrung der Chemikalien muss entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen erfolgen. Unbefugten Zugang zu diesen Stoffen muss vermieden werden. Die räumlichen Gegebenheiten müssen dem Umgang mit diesen Chemikalien Rechnung tragen.

Im Arbeitsraum sollte zumindest eine **Augendusche** vorhanden sein, die im Falle eines Augenkontaktes mit den Flüssigkeiten zur ersten Hilfe bereitsteht. Weiterhin ist eine ausreichende **Lüftungsanlage** unabdingbar, damit Spitzenkonzentrationen von Formaldehyd möglichst rasch ausgeglichen werden können. Alle Flächen im Arbeitsraum sollten die Behandlung mit Reinigungs- und

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

Desinfektionsmitteln vertragen können. Der Fußboden sollte verfliesen und möglichst mit einem zentralen Ablauf ausgestattet sein. Es besteht die Möglichkeit, die Raumluft zusätzlich über eine zentral angebrachte UV-Lampe zu reinigen. Diese Lampe sollte aber nur in den Arbeitspausen eingeschaltet werden. Instrumente sollten, wenn sie gerade nicht gebraucht werden, in einer Schale mit Desinfektionslösung gelagert werden.

Mit in Gebrauch befindlichen Handschuhen niemals andere Dinge, als den Verstorbenen oder die Instrumente, die gerade in Gebrauch sind, berühren. Nach Möglichkeit kein Telefon im Arbeitsraum anschließen, da die Gefahr besteht, dass man mit unsauberen Handschuhen nahezu reflexartig an den Hörer fasst, um ein Gespräch entgegen zu nehmen. Zu empfehlen ist im übrigen die Verwendung von Nitril-Handschuhen, die neben ihren guten physikalischen Eigenschaften auch geringeres allergenes Potenzial besitzen als z.B. Latex-Handschuhe.

Außerdem sollten alle Armaturen mit dem Ellenbogen über Hebelvorrichtungen bedienbar sein, so dass auch hier kein Kontakt mit den Händen nötig ist. Die übrige Schutzkleidung, insbesondere Mundschutz und Schutzbrille sollten keinesfalls mit den Handschuhen in Kontakt kommen. Also, vor der Arbeit dafür sorgen, dass alles richtig passt und sitzt ! Kommt es dazu, dass man trotzdem etwas anderes mit den Händen berühren muss, muss man eben die Handschuhe konsequent wechseln. Man sollte in einem solchen Falle nicht an der falschen Stelle sparen wollen. Hilfreich kann die Einrichtung einer Schleuse sein, in der die Alltagskleidung komplett abgelegt und in einem separaten Raum die Arbeitskleidung angelegt werden kann. Wünschenswert erscheint die Installation einer Dusche, um sich gegebenenfalls dekontaminieren zu können.

2.1 Identifizierung des Verstorbenen

Vor dem Beginn der Behandlung ist die Identität des Verstorbenen zweifelsfrei festzustellen und ohne das Vorliegen einer Einverständniserklärung zur Behandlung sollte nicht begonnen werden. Eine Behandlung kann ebenfalls nicht begonnen werden, wenn noch kein Totenschein vorliegt oder bei dem Verstorbenen eine Erkrankung bestand, die unter das Bundesseuchengesetz fällt und wo eindeutige Rechtsvorschriften durch die Behandlung verletzt würden. Die Klärung der Todesursache vor der Behandlung erscheint ebenso unabdinglich.

2.2 Vorbereitung des Raumes, der Instrumente und der Injektionspumpe sowie der Flüssigkeiten.

Der Arbeitsraum, der Arbeitstisch und die Instrumente sollte schon vor dem Beginn der Behandlung so vorbereitet sein, dass ein ununterbrochener Behandlungsablauf gewährleistet ist. Zeit, die man vermeintlich bei der Vorbereitung verschwendet, wird erfahrungsgemäß bei zügigem Ablauf der Behandlung mehrfach wieder eingespart.

2.3 Warenkunde

(Johann Homburg, Richard Klatt)

Allgemeine Warenkunde

Für die Behandlung des Verstorbenen werden diverse Flüssigkeiten, Gels und andere Chemikalien von verschiedenen Herstellern angeboten und vertrieben. Jedes einzelne auf dem Markt erhältliche Produkt besteht natürlich aus einer „geheimen“ Formel aus verschiedensten Ingredienzien. An dieser Stelle werde ich natürlich keine Empfehlung für ein Produkt oder eine Gruppe von Produkten geben, vielmehr soll in diesem Abschnitt auf die Grundsubstanzen der Flüssigkeiten und ihre Wirkungsweise eingegangen werden. Die Entscheidung für oder gegen ein Produkt obliegt dem Tätigen selber.

Folgende Arten von Produkten für die Behandlung lassen sich grundsätzlich unterscheiden :

Gefäßinjektionsflüssigkeiten

Cavity-Flüssigkeiten

Subcutaninjektions-Flüssigkeiten („hypodermic-fluids“)

Co-Injektionsflüssigkeiten

Pre-Injektionsflüssigkeiten

Andere Chemikalien o. Flüssigkeiten

Die **Gefäßinjektionsflüssigkeit** wird über eine Arterie in den Körper eingebracht und verteilt sich über das Gefäßsystem im gesamten Körper. Die Injektionstechnik wird später besprochen. Die Flüssigkeit enthält folgende Bestandteile : Ein Trägermedium (meist Wasser), Farbstoffe, Desinfektionsmittel (z.B. Formaldehyd, Gluteraldehyd o.ä.), verteilungsfördernde Mittel, konservierende Stoffe, rehydrierende Mittel sowie Parfums und Pufferlösungen. Die Trägerflüssigkeit

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

löst und verbindet die verschiedenen wirksamen Detergenzien. So findet sich in ihr Wasser, Alkohole, Glycerin und ähnliche Substanzen. Farbstoffe, die diesen Lösungen beigefügt werden, wirken als kosmetisch wirksame Pigmente oder färben lediglich die Flüssigkeit an. Die Hauptbestandteil der Injektionsflüssigkeit besteht aber aus den eigentlichen desinfizierenden Komponenten. Hierzu zählt in den meisten Fluids an erster Stelle das Formaldehyd, die Alkohole oder andere Aldehyde (Glutraldehyd). Diese Bestandteile bewirken die Abtötung von Bakterien, Viren, Pilzen und ihren Sporen und anderen Mikroorganismen. Die desinfizierenden Komponenten sind auch diejenigen, die für die spätere Konservierung verantwortlich sind. Distributionsfördernde Mittel reduzieren die Oberflächenspannung und die Kohäsion der Flüssigkeitsmoleküle, so dass ein reibungsloser Transport und eine gute Verteilung in das Gewebe ermöglicht werden kann. Weitere Hilfsmittel in der Flüssigkeit können sein :

rehydrierende Komponenten, die der perimortalen Dehydratation entgegenwirken und den unerwünschten Deformations- und Fixationseffekt der Dehydratation aufheben sollen. Hierzu dienen Stoffe wie Lanolin oder Aloë, wie sie aus verschiedensten Kosmetikaprodukten bekannt sind.

Puffer, die den pH-Wert der Flüssigkeit so regulieren, dass eine optimale Wirkung garantiert werden kann. Die Flüssigkeiten reagieren am besten im leicht alkalischen Milieu ($\rightarrow \text{pH} \geq 7,0$).

Salze (organische und anorganische) erhöhen die Osmolarität der Flüssigkeit und sorgen ebenfalls für eine verbesserte Verteilungsfähigkeit

Gerinnungshemmende Stoffe sorgen dafür, dass das Blut flüssig bleibt und nicht gerinnt. Hierdurch kann das Blut leichter aus dem Körper drainiert werden.

Parfumzusätze geben den Flüssigkeiten einen angenehmeren Geruch

Die konservierenden und präservierenden Stoffe in der Flüssigkeit fixieren die Gewebeproteine. Dies sorgt für die zeitliche Verschiebung der Verwesung. Drei verschiedene Fixierungen gibt es :

Koagulation – d.h. die Ausfällung der Eiweiße durch Wasserentzug, wie sie bei der Anwendung von Alkohol, Aceton oder Glycerin geschieht.

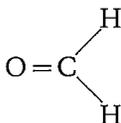
Denaturierung – d.h. bei erhaltenem Molekülanteilen ändert sich die räumliche Anordnung der Proteine, so dass sie z.B. in Wasser als Flocken ausfallen können. Dies geschieht durch Anwendung von Säuren oder aber auch durch Hitze.

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

Vernetzung – führt zu einem Verlust der räumlichen Molekülanordnung und ist chemisch stabil. In früheren Zeiten wurden zu diesem Zwecke wässrige Lösungen mit Arsen, Zinkchlorid oder Alkohol sowie Phenollösungen verwandt. Da diese Stoffe hochtoxisch sind und in der Handhabung dem Anwender einige Schwierigkeiten bereiten können, wurde schon vor Jahrzehnten auf andere Stoffe zurückgegriffen. So führen reine Alkohollösungen zu einer Schrumpfung, Entwässerung und Ausbleichung des Gewebes.

Heutzutage werden hauptsächlich folgende Substanzen angewendet :

1.) **Formaldehyd** – chemisch : COH_2



Formaldehyd liegt als Gas vor und wird

als Formalin in wässriger Lösung mit einer maximalen Konzentration von 35 – 55 % hergestellt. Der Siedepunkt liegt bei 21°C und es können sich schon bei Raumtemperatur explosionsfähige Gas-Luftgemische bilden. Formaldehyd ist ein starkes Reizgas und giftig. Es hat einen stechenden Geruch und führt zu Schleimhautreizungen an Augen-, Nasen- und Rachenraum. Diese Reizungen können bis zum toxischen Lungenödem führen. Bei direktem Kontakt führt es zu Verätzungen. Des Weiteren ist es allergiefördernd und potenziell cancerogen, d. h. dass eine Krebsentstehung bei Formaldehyd nicht ausgeschlossen ist. Im Tierversuch zeigt sich ein Krebsrisiko; zum jetzigen Zeitpunkt wird aber allgemein davon ausgegangen, dass eine erhöhte Cancerogenität beim Menschen nicht nachzuweisen ist. Es ist somit in die EU-Kategorie Canc. Cat. 3 eingestuft. Die Desinfektionswirkung des Formaldehyds beruht auf seiner Denaturierungs- und Vernetzungsfähigkeit von Proteinen. Es kommt als Gas und als wässrige Lösung zur Anwendung. Ein Versprühen von Formaldehydlösungen zur Raumdesinfektion ist aber aus arbeitsschutztechnischen Gründen verboten (laut den Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 552 Abs. 3.3). Zu Einzelheiten über den Umgang mit Formaldehyd und seinen Lösungen verweise ich auf das Chemikaliengesetz, die Gefahrstoffverordnung, die TRGS und auf die Merkblätter zum Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen.

2.) **Dialdehyde** wie das Gluteraldehyd und das Glyoxal, welche die gleiche Wirkung wie Formalinlösungen erreichen im Umgang aber wesentlich anwenderfreundlicher sind. Jedoch kommen Lösungen mit Dialdehyden bis heute nicht ohne einen geringen Anteil Formaldehyd aus.

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

3.) **Phenole** (Karbolsäure o. Hydroxybenzol) (oder ähnliche Stoffe wie Chlorophene, Cresol, Hexachlorophene oder T-amyl-phenol) wirken ebenfalls hauptsächlich über die Koagulation. Sie trocknen, bleichen und fixieren das Gewebe. Ihre Anwendung erfolgt in 50%igen wässrigen Lösungen. Phenole sind starke Zellgifte, wirken als schwache Säuren und sind stark ätzend. In hohen Dosen schädigen sie das Zentrale Nervensystem. Die Karbolsäure wurde von J. Lister ab 1867 zur Desinfektion von chirurgischen Instrumenten, OP-Tischen aber auch von Haut und Wunden verwandt. Sie ist für den typischen „Krankenhausgeruch“ verantwortlich.

4.) **Alkohole** (Methanol, Äthanol, Propanol, Isopropanol) werden sowohl als Desinfektionsmittel aber auch als „Bindemittel“ für Formalinlösungen gebraucht. Sie stehen aber zur Händedesinfektion an erster Stelle. Gebrauchsfertige Lösungen enthalten in der Regel ca. 70 % Alkohol in zumeist wässrigen Lösungen. Bei der Anwendung unterscheidet man zwischen der hygienischen und der chirurgischen Händedesinfektion. Bei der hygienischen Händedesinfektion erfolgt die Anwendung des Alkohols vor dem Händewaschen, um schon den potenziellen Schmutz vor dem abwaschen zu desinfizieren. Bei der chirurgischen Händedesinfektion ist es genau andersherum. Hier wird zunächst eine Handwäsche vorgenommen um anschließend die Alkohollösung aufzutragen und einwirken zu lassen. Zu beachten sind hierbei die teilweise recht langen Einwirkzeiten, die die Alkohollösungen benötigen um sicher zu desinfizieren. Einzelheiten hierzu finden sich auf allen für die Händedesinfektion zugelassenen Produkten.

Cavity-Flüssigkeiten unterscheiden sich von den Injektionsflüssigkeiten zunächst einmal durch ihren erhöhten Wirkstoffgehalt aber auch dadurch, dass ihnen nur in einem geringen Anteil Hilfsmittel beigemischt werden müssen. Sie enthalten aber grundsätzlich die gleichen Wirkstoffe wie die Injektionsflüssigkeiten. Meist sind die Fluids farblos und von einer sehr geringen Viskosität, was bei der Gewebediffusion von Vorteil ist. Cavity-Flüssigkeiten sind, wie der Name schon sagt, für die Anwendung in Hohlräumen gedacht. Sie finden aber in Einzelfällen auch Anwendung bei der Lokalanwendung von Kompressen oder aber auch bei der Injektion in Gefäße.

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

Hypodermische Chemikalien sind für die Anwendung direkt auf oder unter der Haut bestimmt. Folgenden Ansprüchen müssen sie gerecht werden : Sie sollen Entfärben und bleichen

Abschwellen

Verfestigen, Austrocknen und Konservieren.

Inhaltstoffe sind ähnlich denen, die auch in den bereits genannten Gruppen Anwendung gefunden haben – Formaldehyd, Dialdehyde, Phenol, Methanol, höhere Alkohole und Parfums sowie Hilfsstoffe wie Gips und Holzstaub.

Aufgrund ihrer Konsistenz unterscheiden wir Flüssigkeiten, Gels oder Puder. Die Einsatzgebiete sind z.B. die Vorbereitung der Haut vor der Kosmetik, die Versorgung von infizierten Hautläsionen und Geschwüren sowie Verletzungen. Als **Puder** verwendet können mit ihnen große Oberflächen, wie sie bei Obduktionsleichen z.B. an den Körperinnenseiten vorhanden sind, behandelt werden. Neben den guten desinfizierenden Eigenschaften wird hier auch noch die trocknende Wirkung des Puders ausgenutzt. Auf die trocknende Wirkung konzentriert, haben einige Puder einen gewebeaushärtenden Effekt – sie werden als **Hardening Compounds** bezeichnet. Bei Anwendungen von Pudern muss aber darauf hingewiesen werden, dass der Puderstaub vom Anwender natürlich eingeatmet, verschluckt und auf der Haut angesammelt werden kann. Auf die Notwendigkeit der entsprechenden Schutzkleidung und auf das Tragen eines adäquaten Atem- und Augenschutz sei an dieser Stelle noch einmal verwiesen. Sie benötigen einen Feinstaubfilter der höchsten Kategorie um mit den Pudern sicher arbeiten zu können.

Flüssige Produkte können unter die Haut injiziert werden um Verfärbungen zu entfernen. An der Hautoberfläche haben sie einen bleichenden Effekt, der vor der Anwendung einer Kosmetik erwünscht ist. Gels wiederum ermöglichen durch ihre hohe Viskosität eine gute Anhaftung an der Hautoberfläche; somit kann mit ihnen eine gute Desinfektion von Hautarealen erreicht werden, die über das Injektionsverfahren nicht zugänglich sind. Dies gilt insbesondere für Geschwüre und Abschürfungen der Haut.

Co-Injektions-Flüssigkeiten werden der arteriellen Injektionsflüssigkeit beigemischt, um das Eindringen (Diffusion) und die Verteilung im Gewebe (Distribution) zu unterstützen. Sie besitzen selber keine desinfizierenden oder

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

präservierenden Eigenschaften. Hauptaufgaben sind den pH-Wert des Wassers zu regulieren, die Distribution und Diffusion zu fördern und die Bildung von Blutkoageln zu verhindern.

Prä-Injektionsflüssigkeiten haben ebenso eine supportive Funktion für die arterielle Injektion. Diese Substanzen werden der eigentlichen Injektion vorausgeschickt um Blut und Blutbestandteile schon aus dem Gefäßsystem zu entfernen. Sie sollten aber nur zur Anwendung kommen, wenn gute Injektionsbedingungen vorliegen und der Zeitraum zwischen Tod und Behandlungsbeginn nicht allzu lang ist. Sie schützen das Gefäßsystem vor den oft sehr aggressiven Desinfektionssubstanzen und verhindern die Entstehung von Kapillarerstörungen und Effekten wie der Hämolyse und der Koagelbildung.

Zusätze und Hilfsmittel sind verschiedene Kleber, Puder, kittende Substanzen oder sog. „flüssiges Gewebe“.

Kleber werden zum Abdichten der natürlichen Körperöffnungen, der Inzisionen, von Wunden oder ähnlichen Läsionen benutzt. Sie können verschiedentlich aufgetragen werden, teilweise werden sie aber auch gesprüht. Puder besitzen ihren Hauptvorteil darin, dass sie eine größere Menge an Flüssigkeit absorbieren können ohne dabei einen wesentlichen Volumenzuwachs zu haben.

Kittende Substanzen z.B. aus Ton (Embalmer Putty) oder Gips helfen größere Öffnungen (Trachea, Ösophagus) abzudichten oder ersetzen Zähne, Knochen o. ä. Bei der Restauration sind sie unentbehrlich. Ähnliches gilt für das sog. „Flüssige Gewebe“. Dies sind Substanzen, die bei Kontakt mit bestimmten Oberflächen (z.B. Gewebe) ihre Konsistenz verändern können. So werden aus den Flüssigkeiten, die man zum subcutanen Gewebeersatz heranzieht und die man unter die Haut injizieren kann, nach Kontakt mit dem Gewebe gelartige oder noch höhervisköse Stoffe.

Um der Dehydrierung der oberflächlich gelegenen Körperabschnitte vorzubeugen, empfehlen sich eine Reihe von **Cremes** und fettenden Substanzen. Sie sind entweder auf der Basis von Fetten oder Silikon hergestellt. Fette können dabei pflanzlicher (z.B. Öle) oder tierischer Herkunft sein. Sie verhindern nach dem Auftragen den weiteren Flüssigkeitsverlust und halten die Haut geschmeidig. Dem Hautschutz dienen weiterhin eine ganze Reihe von kosmetischen Produkten, die aus der alltäglichen Anwendung bekannt sind.

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

Hierbei möchte ich noch nicht auf die Rekonstruktionsprodukte wie z.B. Wachse o.ä. eingehen.

2.3.2. Menge und Konzentration der Injektionsflüssigkeit

Die Injektionsflüssigkeitsmenge wird vor der Behandlung festgelegt und mit einer Formaldehydkonzentration von 0,75 – 1,3 % in der Pumpe angesetzt. In der Regel sind körpergrößenabhängig zwischen 7 – 9 Liter Fluid bestehend aus der Trägerflüssigkeit (Wasser) und dem Konzentrat (Industrieprodukt) notwendig.

Die **Konzentration** errechnet sich nach der folgenden Formel :

$$\text{Konzentration (in \%)} = \frac{\text{(Index des Konzentrates) in \%} \times \text{(Menge des Konzentrates), in ml}}{\text{(Trägerflüssigkeit + Menge d. Konzentrates) in ml}}$$

Bsp. Index = 24 % Menge = 500 ml Trägerflüssigkeit = 7500 ml

$$= \frac{24 \% \times 500 \text{ ml}}{(7500 \text{ H}_2\text{O} + 500 \text{ Konz.}) \text{ ml}} = \frac{12.000}{8000} = 1,5 \%$$

2.4 Platzierung des Verstorbenen

Erst unmittelbar nach der Durchführung der persönlichen Schutzmaßnahmen sollte der Verstorbene aus der Kühlung geholt werden. Er wird auf dem Tisch auf mind. 4 Blöcke gelegt, wobei darauf geachtet werden muss, dass der Kopf tiefer als die Füße zu liegen kommt. Diese Position garantiert die gute Drainage über die V. jugularis interna und dass das Blut vom Körper weglaufen kann, ohne diesen zu beschmutzen.

Nach Abschluss der Körperdrainage muss der Kopf aber höher gelagert werden um zu verhindern, dass sich ein zu großer Druck im Kopfbereich aufbauen kann. Die Blöcke sollten so platziert werden, dass kein Stau in den Extremitäten entsteht. Also sollten die Fersen, das Steißbein und die Schultern aufliegen.

Die Genitalien des Verstorbenen sind stets bedeckt zu halten. Dies verlangt der Respekt vor dem Verstorbenen.

2.5 Analyse des Körpers vor der Behandlung

Unerlässlich ist vor dem Beginn des Verfahrens die Inspektion des zu versorgenden Körpers, damit eine erfolgreiche Behandlung gewährleistet werden kann. Gerade zu Beginn der Tätigkeit als Thanatopraktiker/-in ist es von hohem Wert, sich Anhand eines Behandlungsprotokolls die essenziellen Etappen des Vorgehens zu vergegenwärtigen.

2.5.1. Einflüsse und Veränderungen vor Eintritt des Todes (ante mortem)

Zu den Beurteilungskriterien von Einflüssen auf den Körper, die vor dem Tode in Erscheinung getreten sind gehören :

Der Zustand des Körpers, wobei Körpergewicht und Körpergröße, Ernährungszustand und Alter von Bedeutung sind.

Verletzungen, Zustand nach Gewalteinwirkung, Operationen, Amputationen, Narben und Narbenverziehungen der Haut, Atrophie der Muskulatur, eingesteifte Gelenke durch Arthrose und ähnliche Veränderungen sollten im Protokoll dokumentiert und müssen bei der Behandlung Berücksichtigung finden. Krankheitsbedingte Veränderungen, die insbesondere an der Haut zu erkennen sind (z.B. **Ikterus**, **Hämatome**) und Gewebewasseransammlungen (**Ödeme**) oder Einflüsse durch Medikamente wie Cortison (dünne, verletzliche Haut, Ödeme, Stammfettsucht), Blutverdünner (Marcumar, Aspirin, Heparin) finden eine ebensolche Berücksichtigung.

Das Vorhandensein von **Implantaten** (Herzschrittmacher, Portanlagen, Endoprothesen u.ä.) von sogenanntem Osteosynthesematerial (Schrauben, Platten etc.) oder künstlichen Ausgängen von Darm, Blase sowie Trachealkanülen sollten ebenfalls dokumentiert werden und bedürfen zum Teil der gesonderten Behandlung.

Die **Temperatur** des Körpers vor dem Tode hat u.a. Einfluss auf den Eintrittszeitpunkt und die Ausprägung der Leichenstarre und der Verwesung. Diese treten schneller und deutlicher bei erhöhter Temperatur auf. Ein Absinken der Temperatur durch Auskühlung des Körpers (reduziertes Unterhautfettgewebe → alte Menschen → konsumierende Erkrankungen (chron. Infekte, Krebs) verzögert hingegen die o.g. Prozesse nur marginal.

Der Wasseranteil in den Geweben und Organen ist ebenso behandlungsrelevant. Ein Zuviel an Gewebewasser (**Ödeme**) oder eine generalisierte Austrocknung des Körpers (**Exsiccose**) ergeben Konsequenzen auf die Verfahrensweise. Bei der Exsiccose zeigt sich nicht nur eine erhöhte Viskosität und damit schlechtere Drainierbarkeit des Blutes; es kann zur Verklumpung des Blutes in den Kapillaren kommen und die Versorgung und Drainage der Peripherie erheblich erschweren. Haut und Schleimhäute sind trocken und leicht verletzlich. Eine erhöhte Flüssigkeitsansammlung im Gewebe führt zu einer früher einsetzenden und intensivierter Autolyse und fördert den Verwesungsprozess. Eine thanatopraktische Behandlung sollte in solchen Fällen kurzfristig erfolgen. Ödeme entstehen bei Herz- und Niereninsuffizienz sowie bei ausgeprägtem Eiweißmangel im Blutplasma. Probleme kann auch eine massive Erweiterung der Kapillargefäße vor dem Tode bereiten, weil es dabei zu einer starken Blutansammlung kommt, die bei der Behandlung beachtet werden muss. Passt man den Injektionsdruck nicht adäquat an, führt der erhöhte Druck rasch zu einem Anschwellen des Gewebes. Gründe für die Kapillargefäßerweiterung können u.a. Sauerstoffmangel vor Eintritt des Todes oder auch bestimmte Medikamente sein.

2.5.2. Einflüsse und Veränderungen nach Eintritt des Todes (post mortem)

Bei der thanatopraktischen Behandlung haben wir ebenfalls die postmortalen Erscheinungen wie

der Abkühlung des Körpers (Algor mortis)

dem Durchsacken des Blutes in das Gewebe bei Hypostase

der Dehydratation (Wasserverlust)

der Leichenstarre (Rigor mortis)

der Verwesung, Fäulnis

den Leichenflecken (Livores)

der Gewebeerstörung von innen (Autolyse) •

und von außen (z.B. durch Tierfraß)

bei der Dokumentation und der Ausführung zu beachten.

Über den Einfluss der **Temperatur** des Körpers wurde schon berichtet. Die Auswirkungen, die durch die Temperatur des Körpers vor dem Tode bedingt

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

sind, gelten auch für die Umgebungstemperatur in der sich der Körper nach dem Tode befindet. Da nach dem Tode noch diverse Stoffwechselprozesse ablaufen können, bei denen neben den Stoffwechselprodukten auch Wärme anfällt, setzt die Abkühlung des Körpers erst nach Beendigung dieser Prozesse ein. Die Abkühlung verläuft in den ersten Stunden nach dem Tode recht schnell – die Körpertemperatur nähert sich im weiteren Verlauf relativ langsam der Umgebungstemperatur. Die Körperkerntemperatur bleibt länger erhalten als die Temperatur der Körperoberfläche. Die höhere Temperatur des Körperinneren begünstigt die Verwesungsprozesse, so dass die Verwesung stets im Körperinneren zuerst beginnt.

Körpereigene Einflüsse, die zu einer schnellen Abkühlung führen, sind :

kleine Körperstatur und
geringer Fettanteil im subkutanen Gewebe sowie
die Exsiccose und
eine Unterkühlung schon zum Todeszeitpunkt.

Körperfremde Einflüsse, die zu einer schnellen Abkühlung führen, sind :

Niedrige Umgebungstemperatur
Wasserkontakt zum Körper (Wasser entzieht dem Körper um ein vielfaches schneller die Wärme als Luft)
Zugluft
Geringe Bekleidung und fehlende Bedeckung des Körpers

Körpereigene Einflüsse, die zu einer langsamen Abkühlung beitragen sind :

Hohes Körpergewicht und
ein hoher (isolierender) Fettgewebsanteil
Hohe Körpertemperatur zum Zeitpunkt des Todes (Fieber)

Körperfremde Einflüsse, die zu einer langsamen Abkühlung beitragen, sind :

Hohe Umgebungstemperatur
Isolierende Bekleidung
Isolierende Bedeckung (Plumeau, Decken, Heizkissen, Wasserbetten)
Wenig Luftzirkulation

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

Durch eine entsprechende Kühlung des Körpers lässt sich also der Verwesungsprozess verlangsamen und die intravasale Blutverklumpung kann gestoppt werden; gleichzeitig setzen aber die **Livores** – Leichenflecken – schneller und ausgeprägter ein, da die Schwerkraft das flüssige Blut besser nach unten ziehen kann. Das Durchsacken des Blutes in die abhängigen Körperanteile setzt schon nach ca. 20 Minuten post mortem ein. Da sich zunächst noch ein größerer Anteil in den Blutgefäßen befindet, lassen sich die Flecken anfänglich noch wegdrücken. Nach einigen Stunden (2 – 4) laufen die Flecken zusammen und sind nach ca. 10 Stunden nicht mehr wegdrückbar). Die Leichenflecken können nachdem das Blut nun im Gewebe verklumpt ein größeres Behandlungsproblem darstellen, da eine ausreichende Perfusion in das Gewebe durch die Verklumpungen erschwert sein kann.

Der Zerfall der roten Blutkörperchen (Erythrozyten) setzt aber größere Mengen des Blutfarbstoffes (Häm) frei, welcher ebenfalls aus den Gefäßen in das Gewebe übertritt und es verfärbt. Diese Verfärbung des Gewebes ist nicht mehr rückgängig zu machen – vielmehr führt eine Vermischung des freien Häm mit dem Formaldehyd der Injektionsflüssigkeit zu einer Grauverfärbung der Haut, die nur noch kosmetisch zu beheben ist.

Das Vorhandensein von wegdrückbaren Leichenflecken zeigt aber dem Thanatopraktiker, dass das Blut in der Peripherie noch nicht verklumpt ist und eine gute Perfusion der Injektionsflüssigkeit möglich ist. Zu einem Zeitpunkt, da die Erythrozyten noch intakt sind und sie sich noch in den Gefäßen und Kapillaren befinden, verschwinden die Livores unter einer guten Injektion ohne Massage.

Die postmortale Flüssigkeitsverlust (**Dehydratation**) des Körpers ist ebenso zu beachten. Die Haut kann ihre Barrierefunktion nach dem Tode nicht aufrecht erhalten und es kommt durch Verdunstung zu einem Austrocknen insbesondere der Haut. Dies kann zu lederartigen Verhärtung der Körperoberfläche führen. Des weiteren begünstigt die Dehydratation die Verklumpung des Blutes und damit die Verfärbung der Haut. Ein Ziel der Behandlung muss es also sein diesen Prozess des Flüssigkeitsverlustes zu stoppen. Die Anwendung von feuchtigkeitsspendenden Cremes kann zu diesem Zwecke empfohlen werden.

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

Die Veränderungen im Rahmen des Verwesungsprozesses zeigen sich u.a. an :

- Verfärbung der Haut (Zersetzung des Blutfarbstoffes durch anaerobe Keime des Magen-Darm-Traktes) meist im Bereich des re. Unterbauches beginnend
- Geruchsbildung durch die Gewebezersetzung und die hierbei anfallende Entstehung von Fäulnisgasen wie Schwefelwasserstoff, Methan u.a.
- Hautablösung (skin-slip)
- Anschwellen des Körpers durch die Gasbildung innerhalb des Körpers
- Auslaufen von Körperflüssigkeiten durch die natürlichen Körperöffnungen (Zu beachten ist besonders der Austritt von Magensaft aus dem Mund mit Verschmutzung des Gesichtes. Aufgrund des niedrigen pH-Wertes führt dies zu lokalen Verätzung der Gesichtshaut)

Herz und Kreislaufsystem unterliegen in der Regel als letzte dem Verfallsprozess, so dass eine Behandlung auch noch nach dem Eintritt von oberflächlichen Verwesungszeichen möglich und sinnvoll ist.

Letzthin gilt, dass der Zustand des Körpers und nicht die Todesursache den Ausschlag darüber gibt ob und wie eine Behandlung erfolgen sollte oder nicht.

2.5.3. Auswahl der Injektions- und Drainagegefäße

Wie bereits erwähnt kann als Standardzugang zur Injektion und Drainage die rechte A. carotis communis und die rechte Vena jugularis interna angesehen werden. Prinzipiell stehen dem Thanatopraktiker jedoch noch eine Reihe weiterer möglicher Zugänge zur Verfügung.

Hinsichtlich der Auswahl der zur Injektion und Drainage geeigneten Gefäße müssen folgende Kriterien Berücksichtigung finden :

Alter des Verstorbenen – Bei Personen hohen Alters unterliegen alle Gefäße einer mehr oder weniger ausgeprägten Arterienverkalkung (Arteriosklerose), die einer guten Injektion entgegenstehen können. Dies gilt insbesondere für die Femoralarterien. Bei kleinen Kindern oder Säuglingen kann eigentlich nur die Aorta abdominalis zur Injektion verwendet werden.

Körpergewicht – Ein hohes Körpergewicht führt bei Rückenlage des Körpers zu einer Kompression der Bauchgefäße aber auch der Beckengefäße, da hier

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

das Gewicht z.B. der Eingeweide direkt auf ihnen lastet. So ist die A. femoralis bei Adipositas kein Injektionsort der ersten Wahl. Hinzu kommt, dass das Aufsuchen dieses Gefäßes bei schwerer Fettleibigkeit oft technisch anspruchsvoll und zeitaufwendig ist. Die Drainage über die Vena femoralis wird ebenfalls durch die Gewichtsbelastung erschwert. So sollte, wenn man sich für die Leistenregion als Injektionsort entscheidet doch eher die Arteria und Vena iliaca externa cranial des Leistenbandes aufgesucht werden, da die störenden Einflüsse hier geringer sind. Zu beachten ist auch, dass die größere Körpermasse ein größeres Injektionsvolumen erforderlich macht. Folglich ist die Gefahr einer Schwellung besonders im Kopf- und Gesichtsbereich deutlich erhöht. Um dem entgegen zu wirken, sollten beide Carotiden freigelegt und der Kopf mit adaptiertem Druck und Konzentration der Injektionsflüssigkeit separat versorgt werden. Bei sehr schlanken, kleineren Körpern muss die Freilegung der Carotiden hingegen sehr sorgfältig überlegt werden. Durch das reduzierte Unterhautfettgewebe liegen die Leitstrukturen – wie der M. sternocleidomastoideus – gut sichtbar unter der Haut. Werden diese im Rahmen der Präparation zerstört, lässt sich dies nur schwerlich cachieren, so dass in solchen Fällen der Versorgung über die Femoralgefäße der Vorzug gegeben werden sollte.

Krankheiten, Unfälle, Verstümmelungen – Gegen eine Verwendung der Halsgefäße sprechen z.B. das Vorliegen einer großen Struma (Schilddrüsenvergrößerung), eines Tumors der Halsregion (z.B. große Lymphknotenschwellungen) oder ein erschwerter Zugang zu den Gefäßen durch massive Fettleibigkeit bei kurzem Hals und Unbeweglichkeit der Halswirbelsäule. Allgemein gilt, dass Verbrennungen, Narben, Zerstörung der Hautoberfläche oder Geschwüre wie auch massive Gewebewasseransammlungen über einer Gefäßregion gegen eine Verwendung zur Injektion und Drainage der hier lokalisierten Gefäße sprechen. Hier ist ein wasserdichter Verschluss der Hautinzisionen extrem schwierig oder unmöglich. Hinzu kommt, dass ein erhöhter Anteil an Körperwasser die Verwesung fördert und daher mehr Injektionsflüssigkeit benötigt wird – als Konsequenz muss daher der Kopf separat versorgt werden, was wiederum die Notwendigkeit der beidseitigen Carotidenfreilegung erklärt.

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

Des weiteren muss Injektionshindernissen wie z.B. versteiften Gelenken durch Arthrose oder Arthritis Rechnung getragen werden. Undichtigkeiten z.B. durch Verletzungen von Arterien oder Gefäßrupturen (Aortenaneurysma) müssen bei der Auswahl der Injektionsorte berücksichtigt und vor der Injektion gegebenenfalls korrigiert werden. Auch muss mit dem Vorliegen von Gefäßimplantaten (besonders im Becken- und Oberschenkelbereich) gerechnet werden. Man kann zwar gut über solche Implantate injizieren; es fällt aber sehr schwer die Injektionsstellen dicht zu schließen. Vorhandene Hautöffnungen, die z.B. im Rahmen einer Verletzung oder eines Unfalles erworben wurden sollten nach Möglichkeit zur Injektion und Drainage genutzt werden. Andererseits müssen verletzte Arterien vor der Injektion sicher abgedichtet sein, damit es hier nicht zu einem unkontrollierten Verlust von Injektionsflüssigkeit kommen kann.

Zu beachten ist : Wenn während der Injektion die Injektionsflüssigkeit über Mund, Nase oder andere Öffnungen entweicht, die Drainage aber noch fördert, sollte ruhig weiter injiziert werden, da eine Versorgung des Gewebes ja noch stattfindet. Fördert die Drainage aber nicht mehr so liegt eine echter Kurzschluss vor, der vor der weiteren Injektion gefunden, behoben oder durch das Anlegen von Alternativzugängen umgangen werden muss.

3 Behandlungsmethoden

Um einen Körper zu versorgen stehen dem Thanatopraktiker vier Techniken und Methoden zur Verfügung :

- die Injektion in das Gefäßsystem mit begleitender Massage
- das Einbringen der Flüssigkeit in Körperhöhlen über einen Trokar
- die transdermale Behandlung (Subcutane Injektion)
- die Oberflächenbehandlung

3.1 Die Injektion

Die Injektion erfolgt nach der korrekten Lagerung des Leichnams, der ersten Körperreinigung und nach dem Haarewaschen, Rasieren, der Desinfektion der Körperöffnungen und der Erstversorgung von Verletzungsfolgen sowie der Lösung der Totenstarre.

Anschließend erfolgt der Mundverschluss unter Einbeziehung des Unterkiefers in die Naht. Die Augenklappen werden nach Bedeckung mit Creme mittels Pinzette und Haken eingesetzt. Begleitet wird der Injektionsvorgang durch das Durchbewegen der Gelenke und die simultane Massage des Körpers, der Extremitäten und der Fingernägel. Die Pinzette, die zur Drainageförderung in der V. cava liegt, wird im Gefäß vor und zurückgeschoben, dabei werden Blutkoagel entfernt.

Die Injektionsflüssigkeit wird in eine oder mehrere Arterien injiziert. Eine definierte Menge der Flüssigkeit wird mit einem hierfür notwendigen Druck durch das Kreislaufsystem bis zu den Kapillaren befördert. Von hier aus gelangt es über Diffusion in das umliegende Gewebe bis in die Zellen. In den Zellen reagiert die Flüssigkeit mit den im Plasma befindlichen Enzymen und Proteinen und führt zu einer Denaturierung dieser Eiweißstoffe und stoppt somit den Auflösungsprozess. Dies ist das Prinzip der Konservierung / Embalming.

Das in den Gefäßen liegende Blut wird durch die Flüssigkeit verdrängt und über die Drainage entsorgt. Die Eigenschaften der Injektionsflüssigkeit werden wesentlich von der Konzentration der in ihr befindlichen aktiven Substanzen bestimmt.

Ist die Konzentration zu schwach, so wird die Flüssigkeit sehr rasch durch die Kapillaren in das Gewebe diffundieren, was zu einem Anschwellen des Gewebes führen kann. Durch den gleichzeitigen Mangel an aktiven Stoffen in der

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

Flüssigkeit, wird eine genügende Konzentration der desinfizierenden Stoffe im Gewebe und in den Zellen nicht erreicht, so dass die Verwesungsprozesse nur unzureichend gehemmt werden. Ganz im Gegenteil wird die Verwesung durch den erhöhten Wasseranteil im Gewebe noch gefördert. Ein großer Teil der Flüssigkeit wird erst gar nicht durch die Gefäßwände in das Interstitium gelangen, sondern einfach wieder über die Drainage ablaufen und somit völlig wirkungslos sein. Ein bereits verwesender Körper wird durch die Brüchigkeit der Kapillarwände rasch eine große Menge der Flüssigkeit in das Gewebe einlagern und damit anschwellen.

Da das Ziel der Behandlung eine zeitlich begrenzte Konservierung des Körpers ist, muss die Konzentration der Injektionsflüssigkeit so gewählt werden, dass der Zerfall des Körpers in der vorgesehenen Ruhezeit vollständig erfolgen kann.

**So ist das Behandlungsziel sowohl der kurzfristige Erhalt –
aber auch der langfristige Zerfall des Körpers.**

Vor und während der Injektion sollte der Körper ständig überwacht werden, damit Veränderungen, die nicht erwünscht sind gestoppt und auf unzureichende Versorgung reagiert werden kann. Unter ständiger Kontrolle sollten Hautkonsistenz und Hautverfärbungen sowie der Venenfüllung und die Veränderungen an Livores und dem Rigor mortis sein. Auf die gute Perfusion der Flüssigkeit in das Gewebe muss ebenfalls geachtet werden. Zur Überprüfung der Perfusion achtet man auf die Verfärbung der Fingernägel und der Haut. Die Füllung der Hautgefäße zeigt ebenfalls eine gute Versorgung des Gewebes mit der Flüssigkeit an. Zudem erhöht sich die Griffigkeit der Haut, d.h. sie wird fester. Stellen sich die gewünschten Veränderungen nicht ein, so ist der Durchfluss in das entsprechende Areal nicht gut genug. Um ihn zu verbessern kann man den Druck erhöhen (auch durch: Drainage aussetzen; Durchflussmenge steigern; Arme und Beine herabhängen lassen oder pulsierend mit hohem Druck injizieren) oder die Menge an Flüssigkeit steigern. Das Massieren der Körperareale ist eine weitere Möglichkeit den Durchfluss zu steigern.

Die Druck- und Durchfluss-(Volumen)regulation kann an den meisten Pumpen eingestellt werden. Mit der Druckeinstellung bestimmt man den Druck eines konstanten Volumens, welches in einer bestimmten Zeit injiziert wird.

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

Bei der Durchfluss-(Volumen)-einstellung wird ein bestimmtes Volumen mit einem konstanten Druck in einer bestimmten Zeit injiziert.

Auf diese Weise besteht die Möglichkeit, bei der Injektion dafür zu sorgen, dass eine bestimmte Menge der Flüssigkeit mit einem Druck von z.B. 3 bar und einem Durchfluss von 0,5 Litern/Minute oder eine andere Menge mit 3 bar und einem Durchfluss von 0,3 Litern/Minute injiziert werden kann. Dies erlaubt eine subtile Perfusionseinstellung, um die verschiedenen Körper und Körperareale adäquat zu versorgen. Bei Anwendung der dünnen Nadel sollte mit ca. 7 psi Druck injiziert werden; bei der dickeren Nadel genügt hingegen ein Druck von 3 – 5 psi

Neben der Auswahl des richtigen Injektionsortes (s.o.) werden folgende Parameter der Injektion vom Thanatopraktiker festgelegt, überprüft und gegebenenfalls verändert :

die Injektionsmenge

die Konzentration der Flüssigkeit

der Injektionsdruck

die Drainage (Ohne Drainage sollte keine Injektion vorgenommen werden !!!)

3.1.1. Freilegung der Halsgefäße

Die instrumentelle Freilegung der Halsgefäße erfolgt über einen Hautschnitt vor dem M. sternocleidomastoideus oder querverlaufend am Oberrand der Clavikula. Nun wird das Subcutangewebe stumpf verdrängt und am Vorderrand des Muskels in die Tiefe präpariert. Hierbei sollten Gefäße und andere Strukturen geschont werden. Gegebenenfalls sollten störende Gefäße zwischen zwei angelegten Knoten durchtrennt werden. Zunächst wird die Arterie aufgesucht, mit zwei Fäden markiert und in ihr Bett zurückgelegt, da zunächst mit der Vene weitergemacht werden muss. Die Vene wird ebenfalls freigelegt, inzidiert und über die Inzision eine gewinkelte Pinzette zur Drainage bis in die Vena cava superior vorgeschoben. Dabei muss die Pinzette streng geschlossen vorgeschoben werden, um eine Verletzung der Venenwand zu vermeiden.

Nun wird die Arterie hervorgeholt, an der Vorderseite mit der Schere eingeschnitten und die Injektionsnadel wird nach caudal eingeführt. Zu beachten ist, dass die Arterienwand vollständig eröffnet ist, da sonst die Gefahr besteht, dass die

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

Kanüle zwischen die Wandschichten der Arterie gerät und der Druck der Injektion die Wand zum rupturieren bringt. Nach Einführung der Nadel wird zwischen die Inzision und den caudalen Haltefaden eine Sicherungsklemme angebracht; anschließend wird der Faden fest um die Nadel herum verknotet.

Merke !!! Von cranial nach caudal lautet die richtige Reihenfolge :

Inzision – Klemme – Faden

Nun kann mit der Injektion des Körpers begonnen werden.

Nach Abschluss der Körperinjektion erfolgt die Versorgung des Kopfes und des Gesichtes. Die Injektionspumpe wird abgeschaltet, die Injektionsnadel aus dem Gefäß entfernt, die caudale Ligatur geschlossen und die Nadel nun nach cranial eingebracht. Analog zu der gerade beschriebenen Technik wird der craniale Faden um die Injektionsnadel herum verknotet und zwischen Knoten und die Inzision wird eine weitere Klemme gelegt.

Die Injektion nach cranial wird mit einem Druck von 1,5 – 2 psi durchgeführt. Nach Beendigung werden die Gefäße über die Ligaturen geschlossen.

Die Drainage wird durch den „Herzstich“ mit dem Trokar (s.u.) noch erleichtert. Der Trokar wird ca. 3 Querfinger breit unterhalb des Xyphoids durch die Haut gestochen. Die Stichrichtung, um von hier aus den re. Ventrikel des Herzens zu treffen ist ($\approx 30^\circ$ dorsal in Richtung des re. Ohrläppchens etwa auf einer gedachten Linie von der Spina iliaca anterior superior sinistra zum re. Ohr. Die erfolgreiche Punktion des Ventrikels erkennt man an der deutlichen Blutfüllung des Drainageschlauches.

3.2 Die Drainage

Wenn die desinfizierende Flüssigkeit in den Körper injiziert wird, muss die körpereigene Flüssigkeit entweichen können. Das ist die Voraussetzung für eine gute Verteilung des Desinfektionsmittels und die Grundlage für eine gute Versorgung des Körpers. Während die Injektion über eine Arterie in den Körper erfolgt, wird die Drainage über eine große Vene angelegt. Diese wird nach ähnlichen Kriterien wie die Arterie ausgewählt. Injektions- und Drainageort können aber auch bewusst getrennt voneinander gewählt werden. Die Vena jugularis interna dextra stellt die Standardvene zur Drainage dar. Ihre günstige

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

topographische Lage zum rechten Herzen prädestiniert sie hierzu. Die Vene wird inzidiert (nicht durchgeschnitten !!!) und über diese Inzision wird eine Venenpinzette oder Venenkanüle bis in das rechte Herz eingebracht. Blut und Blutgerinnsel können auf diese Weise drainiert werden.

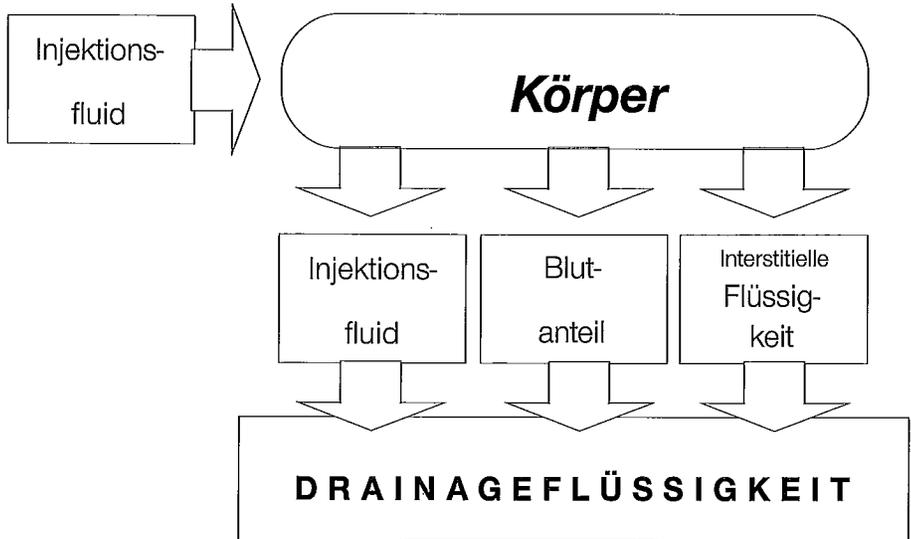


Abb. 24 : Zusammensetzung der Drainage-Flüssigkeit

Die Drainageflüssigkeit besteht aus Injektionsflüssigkeit, Blut und Gewebewasseranteilen. Die Farbe und Konsistenz der Drainageflüssigkeit ändert sich mit zunehmender Injektionsdauer. Zu Beginn ist sie dunkler und relativ dickflüssig, da der Blutanteil zunächst noch überwiegt. Mit Fortdauer der Injektion ändert sich dies jedoch zugunsten des Fluidanteils.

Die Injektionsflüssigkeitsmenge entspricht nicht der Menge der Drainageflüssigkeit. Eine ganze Reihe von Gefäße müssen zunächst einmal aufgefüllt werden, bevor eine Drainage überhaupt stattfinden kann. Arterien können nach dem Tode „leer“ sein. Zuwenig Drainageflüssigkeit zeigt sich z.B. bei Gefäßleckagen im Körper. Verbessern kann man die Drainage durch die manuelle Entfernung von Blutkoageln aus den Gefäßen, durch variieren des Injektionsdruckes und/

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

oder des Durchflusses, durch Drainageintervalle (Pooling) durch wiederholtes Zudrücken der Drainagevene.

Hingegen kann man eine gute Drainage erwarten wenn :

- nur eine kurze Zeit zwischen Tod und Behandlung liegt
- der Körper gut ausgeprägte Livores zeigt
- vor dem Tode die Kapillaren weit gestellt waren (Fieber)
- eine Gelbsucht (Ikterus) vorlag
- bei Kohlenmonoxid- (CO) vergiftung
- ein Kühlungsintervall post mortem eingelegt wurde

3.3 Grundsätze der Massage

(V. Dischleid)

Im Rahmen der thanatopraktischen Behandlung nimmt die Massage eine wichtige Stellung ein.

Der Sinn und Zweck der Massage lässt sich in folgenden Punkten zusammenfassen :

- Die Haut wird möglichst geschmeidig gehalten und gegen sog. Brandflecken (durch die Magensäure) und braune Flecken, wie sie nach der Rasur entstehen können, geschützt.
- Im Gesicht können Falten geglättet werden; das Ablösen von Hautteilen (skin-slip) wird vermieden. An den Extremitäten können Schwellungen rückgängig gemacht werden.
- Die Injektionsflüssigkeit verteilt sich besser und die Drainage gelingt leichter.
- Die sichtbaren Körperteile wie Gesicht, Hals und Hände bekommen eine „natürliche“ Farbe und Beweglichkeit.
- Es ist zu empfehlen, den ganzen Körper mit der Massagecreme zu behandeln.
- Bevor man mit der Massage beginnt, sollte man daran denken, dass Luft aus den Lungen entweichen kann und dadurch üble Gerüche freigesetzt werden können. Man sollte also seinen Mundschutz tragen und dem Verstorbenen evtl. ein Tuch auf das Gesicht legen.
- Grundsätzlich folgt man bei der Massage den wichtigen großen Blutgefäßen zum Herzen hin.
- Es wird immer in Richtung Herz massiert ! (Beachte den Verlauf der großen Gefäße !)

3.3.1. Gesicht

Im Gesicht muss die Creme mit nur leichtem Druck verteilt werden. Man massiert mit den Fingerspitzen und übt mit kreisenden Bewegungen einen leichten Druck aus. Die Creme wird auf den Lippen dick aufgetragen. Da das Gewebe im Gesichtsbereich leicht anschwillt, muss hier mit äußerster Vorsicht massiert werden. Bei den Ohren werden, wie im Gesicht, kreisende Bewegungen mit dosiertem Druck von Zeigefinger und Daumen ausgeführt. Das Gesicht wird von unten nach oben massiert (– also vom Kinn in Richtung Stirn –). Eine leichte Massage des Halses kann von großem Nutzen sein. Nach der Massage wird das Gesicht mit Massagecreme und Pinsel bearbeitet. Dies ist die ideale Vorbereitung für das Make-up.

3.3.2. Rumpf

Im Bereich des Rumpfes sammelt sich nach dem Tode das Blut in den abhängigen Partien. Diese Leichenflecken sollen durch die Massage verteilt und aufgelöst werden. Hierzu wird der Rumpf mit der einen Hand gehalten, während die andere Hand die Massage der großen Rumpfmuskeln vornimmt.

3.3.3. Die Extremitäten

Arme und Beine werden von distal nach proximal, entlang der abführenden Gefäße, massiert. Besondere Aufmerksamkeit wird hierbei den Händen gewidmet, die intensiv behandelt werden müssen. Sie werden von den Fingerspitzen her in Richtung Handgelenk massiert. Hierbei muss ein kräftiger Druck ausgeübt werden, da die Kapillaren meist prall gefüllt sind. Der Arm wird in gestreckter Position bei Supination des Unterarmes behandelt. Zunächst erfolgt der Druck auf der Radialseite bis zum Oberarm; anschließend erfolgt das gleiche Vorgehen auf der Ulnarseite. Im Bereich des Oberarmes wird vom Ellenbogen bis zum M. deltoideus und danach zwischen M. biceps und triceps in Richtung Achselhöhle massiert.

Bei den Beinen ist die Vorgehensweise ganz ähnlich. Man beginnt an der Fußsohle, von den Zehen zur Ferse hin. Danach folgt der Fußrücken und die Schienbeinvorderseite. Anschließend wird vom großen Zeh her, über die Wade zum Knie hin massiert. Der Oberschenkel wird vom Knie her bis zur Leiste hin behandelt.

3.4 Hohlkörperflüssigkeit

Nach der Injektion über das Gefäßsystem müssen die Körperhöhlen, die nicht über das Gefäßsystem erreichbar sind, versorgt werden. Hierzu werden die Körperhöhlen mit einer größeren Hohlnadel punktiert. Über diese Hohlnadel (Trokar), die an ihrem spitzen Ende mit Löchern versehen ist, wird zunächst Material (z.B. Darm- und Blaseninhalt) abgesaugt und anschließend die Hohlkörperflüssigkeit eingebracht. Die Hohlkörperflüssigkeit (Cavity) erfüllt nun den gleichen Zweck, wie die Injektionsflüssigkeit, ist aber, weil sie nur über die Diffusion wirken kann, in ihrer Konzentration erheblich höher gewählt. Der Trokar wird knapp unterhalb des Xyphoids durch die Haut eingestochen (s.o.). Die Körperhöhlen werden einzeln systematisch in fächerförmiger Verteilung punktiert und die Organe möglichst an vielen Stellen perforiert. Die Cavity-Flüssigkeit darf nicht auf die Haut gelangen, weil sie aufgrund der extrem hohen Konzentration zur Verätzung und Ausbleichung der Hautareale führen würde. Die Trachea wird bei geöffnetem Mund und überstrecktem Kopf unter gleichzeitiger Spülung von Nase, Mund und Rachen abgesaugt. Die korrekte Lage des Trokars wird durch das entstehende Schlüpfgeräusch bewiesen. Die Trachea kann aber ebenso über den Hautschnitt am Hals abgesaugt werden. Das Schädelinnere kann mit einem kleinen Trokar über die Nase abgesaugt werden. Hierzu wird der Trokar durch die dünne Knochendach der Nasenhöhle in den Schädel gestoßen. Nach dem Absaugen und dem Einbringen einiger ml Cavity-Fluid wird das entsprechende Nasenloch mit Watte wasserdicht austamponiert. Über den Sinn oder Unsinn der intracraniellen Versorgung können zum jetzigen Zeitpunkt keine abschließenden Bemerkungen gemacht werden. In den Zeiten von BSE und dem Pendant beim Menschen, der Creutzfeld-Jakob-Enzephalitis, halte ich persönlich den Umgang mit potenziell hochgefährlichem Gewebe, wie Gehirn, Rückenmark für zumindest bedenklich. Zu bedenken geben möchte ich, dass die Prionen eine äußerst hohe Widerstandskraft gg. Desinfektionsmittel und Verfahren besitzen, dass die Sterilisation der Instrumente in z.B. einem Dampfsterilisator sicher nicht alle Prionen unschädlich machen kann. Nach dem jetzigen Stand der Wissenschaft muss schon eine erheblich höhere Temperatur bei gleichzeitig hohem Druck aufgebaut werden, als diese in den normalen Geräten bereitgestellt werden kann. Somit sind die Instrumente nach einmaligem Gebrauch eigentlich nicht mehr sicher zu verwenden.

3.5 Transdermale Behandlung

Regionen, die nicht ausreichend über die Injektion versorgt werden konnten, können durch die lokale Anwendung von Konservierungsflüssigkeit, die in das entsprechende Areal durch die Haut injiziert wird einer Behandlung zugeführt werden. Dieses Verfahren bietet sich bei Sektionskörpern an, bei denen ein Großteil des Körpers nicht mehr zentral an das Gefäßsystem angeschlossen ist. Hierzu werden übliche Injektionsnadeln in verschiedenen Stärken und Längen verwendet – bei der Versorgung größere Areale kommen auch kleinere Trokare zur Anwendung. Als Flüssigkeit nimmt man die Injektionsflüssigkeit für die Gefäße und mischt sie gegebenenfalls mit Cavity-Flüssigkeit. Die Injektionsstellen können mit einem Kleber verschlossen werden, eventuell ist aber auch eine Naht notwendig.

3.6 Oberflächenbehandlung

Diese Behandlungsform ist für Hautareale (intakt oder beschädigt) bestimmt, welche bei der Injektionsbehandlung nicht genügend versorgt wurde. Aber auch andere Oberflächen, wie sie z.B. bei Obduktionskörpern entstehen, bedürfen dieses Mittels. Verwendet werden Flüssigkeiten, Gels oder Puder. Oberflächliche Anwendung von Flüssigkeiten beschränkt sich auf das Auflegen von Kompressen, die mit entsprechenden Mengen bei hohen Konzentrationen von Fluids getränkt sind. Gels werden in diversen Viskositätsgraden angeboten und angewandt und werden ebenfalls wie Pads aufgelegt. Hierbei ist zu beachten, dass eine dichte Abdeckung der Areale z.B. mit Plastikfolie erforderlich ist, um ein zu schnelles Verdampfen der Fluids und die Austrocknung der Haut zu verhindern.

Mit Puder können Oberflächen, die nicht bei der Aufbahrung sichtbar sind, schnell und zuverlässig behandelt werden. Dies gilt für die Innenseiten von Abdomen und Thoraxwand bei Sektionskörpern ebenso, wie allgemein für Mund, Nase und Rachenraum.

3.7 Inzisionsverschluss

Das wesentliche optische Kriterium nach der Behandlung ist der Verschluss der durch den Thanatopraktiker angelegten Inzisionen. Hierzu stehen eine Reihe von Nahttechniken und Verfahren zu Verfügung, die allesamt ausgiebig geübt werden sollten. Relevant sind bei den Techniken nur zwei Kriterien nach denen eine Naht beurteilt werden sollte :

1.) die Naht muss optisch einwandfrei sein und

2.) sie muss absolut dicht sein !

Die Inzision muss vor dem Verschluss mit absorbierendem Material gefüllt werden. Dies verhindert den Austritt von Flüssigkeit durch die Naht und gleicht den Verlust an subcutanem Material aus. Je nach Bedarf stehen verschiedene Naht-techniken zur Verfügung.

Bei Sektionsnähten wird die **Inside-Outside-Technik** bevorzugt. Sie garantiert einerseits eine hohe mechanische Belastbarkeit und zeichnet sich zum anderen durch die Dichtigkeit aus. Nachteil ist das kosmetisch nur unzureichende Ergebnis.

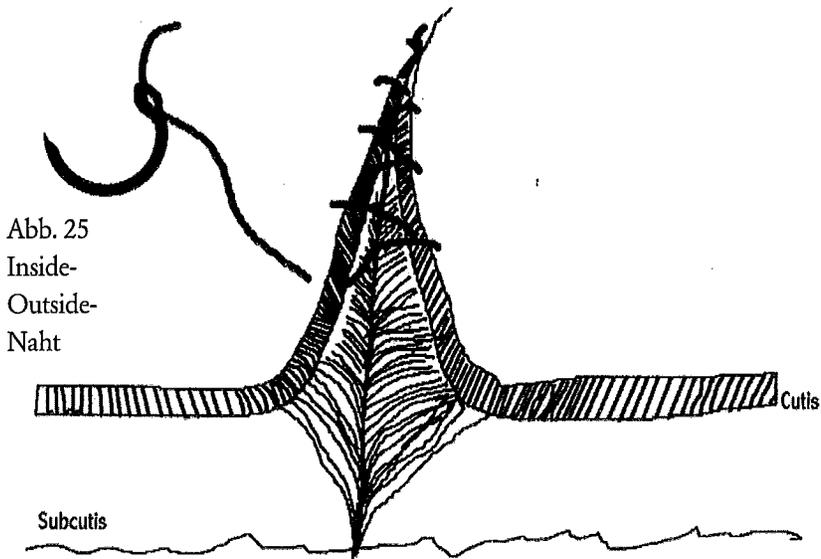


Abb. 25
Inside-
Outside-
Naht

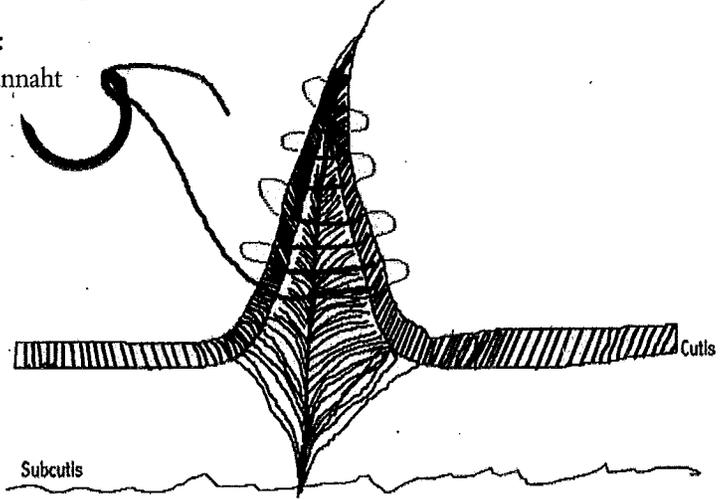
Zu Beginn der Naht wird ein Knoten gelegt und dann von hier aus beginnend stets von innen nach außen gestochen. Idealerweise sind die Abstände zwischen den Stichen gleichmäßig zu wählen. Gleiches gilt auch für den Abstand des Ausstiches zur Hautkante. Bezüglich der Tiefe des Stiches sollte die Grenzzone zwischen Subcutis und Cutis gewählt werden.

Nähte, die im sichtbaren Bereich gelegt werden, dürfen nur im oder unter Hautniveau gelegt werden. Hier bietet sich die Technik einer fortlaufenden **Intracutan-naht** an. So bleiben die Einstiche und der Faden unsichtbar. Man beginnt an einem Ende der Inzision, indem ein Knoten angelegt wird. Der Fadenrest wird in die

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

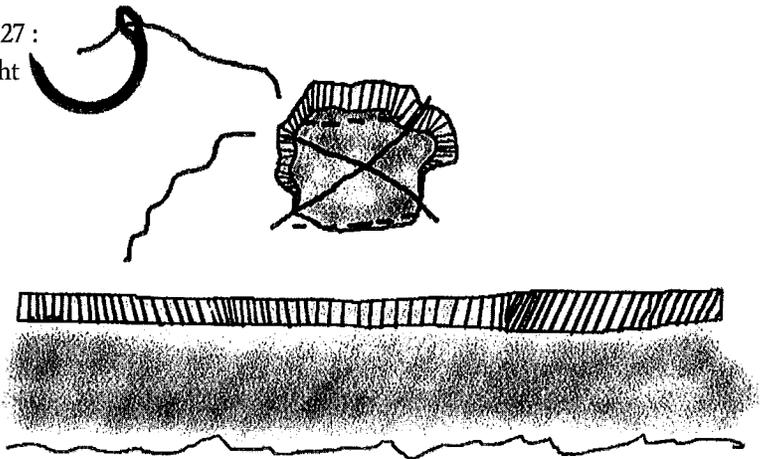
Inzision gelegt und nun wird im Hautniveau wechselseitig ein- und ausgestochen, wobei der Durchzug des Fadens erst nach dem letzten Stich vorgenommen wird. Ein zu starker Zug an dem Faden führt dazu, dass der Wundrand gerafft erscheint.

Abb. 26 :
Intracutannaht



Runde oder kreisförmige Hautinzisionen bedürfen hingegen einer anderen Nahttechnik um die geforderte Dichtigkeit zu erreichen. Trokareinstiche oder der Verschluss von künstlichen Darm- und Blasenausgängen (z.B. Anus praeter) werden mit Z-Nähten oder einer Tabaksbeutelnaht versorgt.

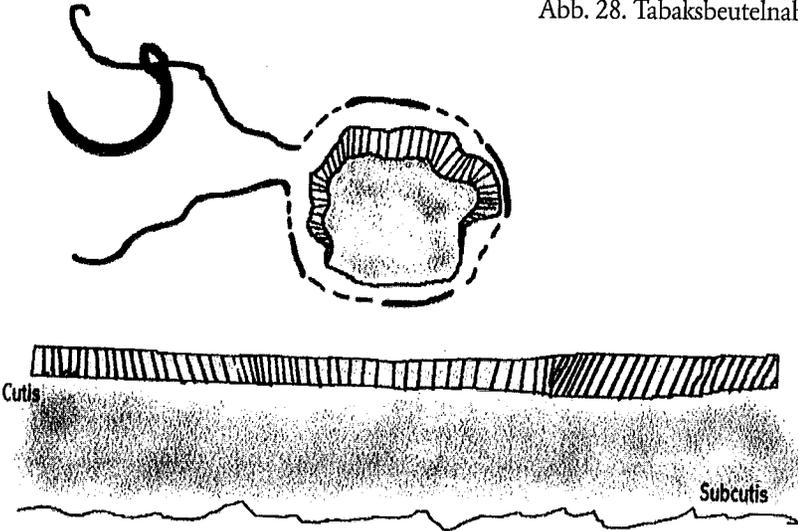
Abb. 27 :
Z-Naht



V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

Nach dem Legen der Naht werden die beiden Fadenenden mit der Hand oder dem Nadelhalter verknotet.

Abb. 28. Tabaksbeutelnaht



Auch hier wird mit der Hand oder dem Nadelhalter verknotet. Anschließend werden diese Nähte verklebt und gegebenenfalls mit Watte bedeckt. Die Technik des Knotens mit der Hand und dem Nadelhalter werden Sie in der praktischen Ausbildung erlernen können.

Nach Beendigung der Hautnähte folgt die Endreinigung mit einer gründlichen Körperwaschung, der Fingernagelreinigung und einer gründlichen Trocknung des Körpers, wobei auf die Hautfalten gut geachtet werden sollte. Abschluss der Behandlung bildet das Ankleiden, Einsargen, das Frisieren und die Kosmetik.

3.8 Grundzüge der Kosmetik

Die Kosmetik beginnt schon mit der Reinigung des Körpers, d.h. mit dem Waschen, Rasieren und Frisieren. Der thanatopraktisch behandelte Körper stellt dann die ideale Grundlage für den kosmetischen Abschluss der Arbeit dar. Ein unbehandelter Körper erweist sich, beim Auftragen von Make-up oder Puder, als ein schwierig zu behandelndes Objekt. Die Struktur der Haut und des Unterhautgewebes ist in der Regel zu labil, um die Farbstoffe aufzunehmen und zu halten.

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

Die – nach der Behandlung – relativ feste Struktur der Haut ist wesentlich einfacher zu bearbeiten. Grundsätzlich gilt, dass so wenig wie möglich an Make-up und Puder aufgetragen werden soll, um ein „nicht-natürliches“ Aussehen des Verstorbenen zu verhindern.

Als Unterlage der Kosmetika dient die Massagecreme. Dem Puder kommt die Aufgabe zu, glänzende Partien der Haut abzudecken. Sie werden im Rahmen ihrer praktischen Ausbildung noch detaillierter über die verschiedenen Produkte und Techniken informiert werden.

3.9 Beurteilungskriterien der Behandlung

Nach der Behandlung erfolgt eine Beurteilung des Behandlungsergebnisses um festzustellen ob der Körper in all seinen Abschnitte auch ausreichend versorgt wurde. Die Körperdesinfektion wird durch die Injektion der korrekt dosierten und konzentrierten Flüssigkeiten in das Gefäßsystem, die Körperhöhlen und die unterstützenden verfahren der Behandlung erreicht.

Nach dem Ankleiden, Einbetten und der Versorgung der Haare werden, wenn dies erforderlich und gewünscht ist, die sichtbaren Körperteile einer kosmetischen Behandlung unterzogen. Diese Kosmetik sollte der Persönlichkeit des Verstorbenen Rechnung tragen, um eine personenbezogene und möglichst „natürliche“ Aufbahrung zu ermöglichen. Hilfreich kann ein aktuelles Foto des Verstorbenen sein, wenn man sich ein Bild der Person machen will. Kleidung und Sarginnenausstattung sollten hierbei geschont werden.

Vor Beendigung der Behandlung müssen folgende Parameter kontrolliert werden :

- der Dehydratationszustand des Körpers
- Leckage an Inzisionen, Wunden
- Gewebekonsistenz und Farbe des Gewebes
- Gas- und Geruchsbildung und Auslaufen von Flüssigkeiten aus den Körperöffnungen

3.9.1. Die Dehydratation

Durch die Injektion und Drainage des Körpers während der Versorgung besteht die Gefahr, dass der Körper zuviel Flüssigkeit verliert. Die Folge wäre die Austrocknung (Dehydratation). Dies ist vor allem im Kopf und Gesichtsbereich

nicht erwünscht. Lippen und Augenlider sind oftmals betroffen. Dem kann man mit der Anwendung von Feuchtigkeitscremes vorbeugen. Eine andere Möglichkeit ist die Unterspritzung der Areale mit sog. „flüssigem Gewebe“.

3.9.2. Leckage von Inzisionen oder Wunden

Wenn aus den Einstichen, Schnitten oder Wunden Flüssigkeit austritt, ist eine sofortige Nachbehandlung erforderlich. Die notwendigen Korrekturen erfolgen selbstredend noch vor dem Bekleiden des Körpers. Die Stellen werden gereinigt, gegebenenfalls korrigiert und erneut verschlossen. Durch die Anwendung von Cavity-Kompressen kann man z.B. Obduktionsnähte oder andere Inzisionsverschlüsse und Wunden behandeln. Die Kompressen bewirken eine Desinfektion und Dehydrierung der betroffenen Stellen.

3.9.3. Verfärbung oder Auflösung des Gewebes

Die Probleme der Verfärbung und Auflösung des Gewebes kann man mit Cavity-Kompressen und der hypodermischen Behandlung der betroffenen Areale entgegen. Dies führt zu einer festeren Gewebekonsistenz und sicheren Desinfektion. Den Verfärbungen wird man in vielen Fällen kosmetisch begegnen müssen.

3.9.4. Gas- und Geruchsbildung

Eine Gasbildung im Körper mit der unausweichlichen Geruchsbildung kommt man durch erneutes Absaugen der Körperhöhlen mit dem Trokar bei. Dies muss aber unter größter Aufmerksamkeit geschehen, da es nach Eröffnung der Trokarinzision zu einem unkontrollierten Austritt von Gasen kommen kann. So sollte eine erneute Eröffnung der Körperhöhlen nach der Behandlung unter maximal guter Belüftung des Raumes geschehen.

Zu beachten ist, dass nach dem Absaugen die Körperhöhlen erneut mit Cavity-Fluid versorgt werden müssen !!!

3.9.5. Flüssigkeitsaustritt durch die natürlichen Körperöffnungen

Der Austritt von Flüssigkeiten durch die natürlichen Körperöffnungen lässt sich ebenso am besten durch eine wiederholte Absaugung beheben. Gegebenenfalls muss eine Verschlussnaht angelegt werden.

4 Rekonstruktion

4.1 Allgemeines

Die Arbeit des Thanatopraktikers beinhaltet die präservierende, desinfizierende aber auch kosmetische und rekonstruktive Tätigkeiten am Verstorbenen. Die erstgenannten Aspekte sind in den vorangegangenen Kapiteln nun besprochen worden. In diesem Abschnitt sollen nun die Grundzüge der Rekonstruktion dargestellt werden. Vorausgeschickt sei allerdings, dass lediglich ein Überblick über rekonstruktive Maßnahmenmöglichkeiten gegeben werden soll. Die Rekonstruktion ist eine Tätigkeit, die der praktizierende Thanatopraktiker erst nach Erreichung eines hohen Qualitätsstandards des Embalmings mit entsprechender Erfahrung erlernen sollte.

Die Rekonstruktion eines Verstorbenen nach Unfall oder Gewalteinwirkung verlangt detaillierte Kenntnisse der Anatomie, Histologie und Gefäßversorgung insbesondere von Kopf, Gesicht und Händen. Sie hat somit einen zentralen Platz in dem Streben des Embalmers, den Angehörigen die Abschiednahme am offenen Sarg zu ermöglichen. Ich möchte noch einmal betonen, dass die Abschiednahme in der Trauerbewältigung eine essenzielle Bedeutung besitzt.

Die Rekonstruktion und thanatopraktische Versorgung eines Verstorbenen nach Unfall, entstellender Erkrankung, Gewalteinwirkung, Suizid oder Mord ist Grundvoraussetzung und gleichzeitig das schwerste Hindernis für die offene Aufbahrung. Die Fähigkeiten des Embalmers werden hierbei auf die schwierigste Probe gestellt, weil er je nach Ausprägung des Schadens versuchen muss, ein hygienisch und ästhetisch präsentationsfähiges Ergebnis seiner Arbeit zu erreichen. Die hierzu notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten müssen erlernt und durch praktisches Arbeiten ergänzt und gefördert werden. Dies erfordert das Lernen bei einem Spezialisten und es bedarf eines gehörigen Zeitaufwandes. In diesem Zusammenhang sollte ebenfalls der erhöhte materielle und instrumentelle Aufwand erwähnt werden, der anfällt, wenn man sich mit der Rekonstruktion professionell befassen möchte.

4.2 Arbeitsschritte der Rekonstruktion

Der Arbeitsablauf bei der Rekonstruktion gestaltet sich zunächst einmal wie der bei einem gewöhnlichen Embalming. Die Vorgehensweise ist, was die grundlegenden Arbeitsschritte angeht, analog.

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

Der Körper wird zunächst gereinigt und desinfiziert. Wunden und periphere Hautverletzungen werden sofort wie oben beschrieben versorgt. Nach der Desinfektion wird der Körper gewaschen und kann anschließend einer Analyse unterzogen werden. Hierbei muss sich ein Bild von den Verletzungen und Entstellungen des Körpers gemacht werden. Gleichzeitig dient diese Inspektion der Erkennung von Gefahren, die z.B. von durch im Körper verbliebene Glas- oder Metallsplitter ausgehen können. Ähnliches gilt für scharfkantige Knochensplitter, wie sie bei Trümmer oder Mehrfachfrakturen gefunden werden.

Je nach Befund schließt sich nun zunächst die rekonstruktive Arbeit an Gesicht und Händen an, bevor die thanatopraktische Versorgung vorgenommen wird. Da es nach der Anwendung der formalinhaltigen Injektionsflüssigkeiten zu einer Gewebeverfestigung kommt, muss sich die Behandlung der Rekonstruktion zunächst zeitlich nachordnen, weil ansonsten ein Defekt durch die Behandlung fixiert wird und eine Rekonstruktion nicht mehr möglich ist.

Zerstörungen von Beinen oder Armen oder im übrigen nicht sichtbaren Bereich können auch nach der thanatopraktischen Behandlung versorgt werden. Die Überlegungen des zeitlichen Ablaufes müssen der Versorgung des Gesichtes und der Hände gelten, da diese Körperabschnitte sichtbar sind und gleichzeitig wesentlich die (Wieder-) Erkennung des Verstorbenen bedingen.

Hilfreich ist es sich vor der Arbeit ein Foto des Verstorbenen zu besorgen (am besten sind Frontal- und Profilaufnahmen). Anhand dieser Bilder lassen sich markante Gesichtszüge und sonstige Charakteristika des Gesichtes erkennen und berücksichtigen. Das zentrale Anliegen des Rekonstruktors muss es sein, ein wiedererkennbares Äußeres herzustellen. Von Seiten der Angehörigen wird das Ergebnis im wesentlichen vom Zustand des Gesichtes und der Hände beurteilt. Also gilt das Hauptaugenmerk diesen Körperabschnitten. Der übrige Körper wird im wesentlichen wieder so hergestellt, das z.B. traumatische Amputationen von Armen und Beinen, Verrenkungen und Verrenkungsbrüche in eine physiologische Stellung gebracht werden. Die Anbringung von amputierten Gliedmassen an den Körper wird unter Schienung des Knochens mit Draht oder Drahtstiften und nachfolgendem Weichteilverschluss z.B. durch eine durchgreifende Naht, nach einiger Übung kein wesentliches Problem mehr

darstellen. Die Versorgung des Schädel und Gesichtsknochens und der Haut des Gesichtes stellt dagegen schon eine gewisse Herausforderung dar. Dies gilt insbesondere für die Rekonstruktion komplett zerstörter Partien; z.B. Nase, Lippen oder Ohren. Daher wird im weiteren auf Versorgung des Gesichtes eingegangen werden.

Die Rekonstruktion des Kopfes/Gesichtes erfolgt grundsätzlich in der Reihenfolge von Innen nach Außen; d.h. zunächst wird die knöcherne Basis wiederhergestellt und dann die folgenden Gewebeverbände bis zur Haut hin versorgt. Den Abschluss bildet die Kosmetik, wobei hier die gleichen Grundsätze gelten, die auch bei der thanatopraktischen Versorgung Beachtung finden.

Knöcherne Verletzungen werden mit Draht oder kleinen Schrauben versorgt, die nach vorbohren von Verbindungslöchern in den Knochen eingebracht werden. Der Versorgung der Schädelbasis kommt eine immense Bedeutung zu, da es sich erfahrungsgemäß immer zeigt, dass ein gutes Rekonstruktionsergebnis von der guten und stabilen Versorgung der Schädelbasis abhängt. Nach knöcherner Wiederherstellung erfolgt die Versorgung der Haut als wesentlicher Bestandteil des Gesichtes. Angegliedert ist die Rekonstruktion von Weichteilen wie der Nase, der Lippen oder der Ohren. Diese können nach Fotovorlage aus verschiedenen plastisch verformbaren Materialien hergestellt werden und an die Stellen der Organe gesetzt werden. Übergänge zur natürlichen Haut werden kosmetisch unsichtbar gemacht. Der Hautverschluss erfolgt entweder durch unsichtbare Intracutannaht oder durch Kleber und Wachs. Während der Behandlung werden lokal und über die Gefäße Konservierungschemikalien angewandt. Zu beachten ist hierbei, dass eine zu starke Dehydratation des Gewebes und der Gesichtshaut zu vermeiden ist, da sonst die definitive Versorgung und Wiederherstellung mit einem guten Ergebnis erschwert wird. Hämatome und andere subcutane Verfärbungen können durch das Unterspritzen mit geeigneten Chemikalien gebessert oder gar entfernt werden. Oberflächliche Hautabderungen werden durch die lokale Anwendung von hypodermischen Kompressen behandelt.

Nach erfolgter Rekonstruktion sollten Kopf und Körper separat durch die Injektion versorgt werden. Die Anwendung der Cavity-Flüssigkeiten sollte jedoch erst erfolgen, wenn die Arbeiten am Körper definitiv abgeschlossen sind, da sonst eine zu hohe Gasbelastung zu befürchten ist.

V. DIE DURCHFÜHRUNG DER THANATOPRAKTISCHEN BEHANDLUNG

Zu diesem Zeitpunkt können auch die anderen Nicht-Sichtbaren Körperpartien, soweit erforderlich rekonstruiert werden. Die Versorgung von Wunden, Knochenbrüchen und Amputationen sollte stets unter dem Aspekt des Gesamtergebnisses gesehen werden. So spielt es keine Rolle für das Gesamtergebnis ob z.B. ein Beinbruch „nur“ durch eine angelegte Gipsschiene oder durch eine Knochenverschraubung versorgt wurde.

Bei tiefgehenden Hautläsionen mit Verlust des Subcutangewebes kommen die Auffüllung der tiefen Defekt durch Gips o.ä. zur Anwendung. Um eine bessere Haftung von z.B. Wachs oder Kosmetika gewähren zu können, kann die Oberfläche des Gipses angeraut werden oder ein sog. Anker aus gekreuzten subcutan gelegten Fäden verwendet werden. Den Abschluss zur Haut bildet Wachs. Die Hautränder des Defektes sollten glatt nachgeschnitten werden, um die Grundlage zu einem unsichtbaren Übergang zwischen Wachs und Haut zu legen. Die Wachsoberfläche muss der umgebenden Hautstruktur angepasst werden. Dies geschieht u.a. durch das Anfertigen von geritzten Hautfalten in die Wachsoberfläche, so dass ein optisch möglichst stufenloser Übergang zur Haut erreicht werden kann. Wachs kann auch als Unterlage zur Befestigung von Haarbüscheln dienen, die Defekte der Kopf- oder Gesichtsbehaarung decken sollen. Rekonstruktionstechniken für Ohren, Lippen oder Nase möchte ich in diesem Überblick nicht besprechen. Hier sei auf die Seminarangebote im Rahmen der Weiterbildung verwiesen.

Weiterführende Literatur :

Robert G. Mayer

„Embalming – History, Theory and Practice“;
(1996 Appleton & Lange Verlag Stanford / USA)

Hans Schadewaldt

„Über die Rückkehr der Seuchen“;
(1994 Vgs Verlagsgesellschaft Köln)

Herbert Lippert

„Anatomie – Text und Atlas“;
(Urban & Schwarzenberg)

M. Oethinger

„Mikrobiologie und Immunologie“;
(1994 Jungjohann Verlagsgesellschaft Neckarsulm)

H. Feneis

„Der Körper des Menschen“;
(Thieme Verlag)

Psyhyrembel – Klinisches Wörterbuch;
(257. Auflage, Walter de Gruyter Verlag Berlin)

Jan Raman

Thanatopraxie België
(1991; Belgisch Instituut voor Thanatopraxie)

Johannes Rohen

Topographische Anatomie
(2000 Schattauer Verlag)

Neben der o.g. Literatur gibt es eine ganze Reihe von weiteren Büchern, die für die einzelnen Prüfungsdisziplinen von Bedeutung sein können. Auf Nachfrage hin kann der Autor noch weitere Tipps geben.