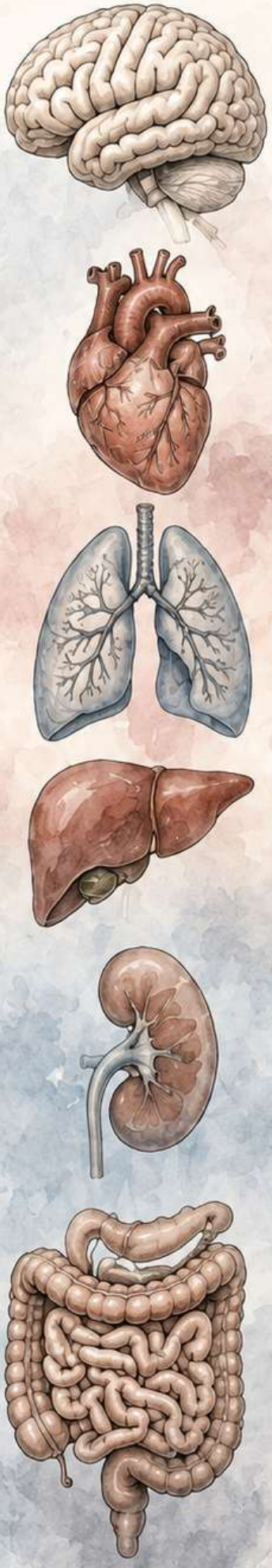
Ein Bauplan, tausend Möglichkeiten

Organe von Säugetieren im evolutionären Vergleich



CHOQUE Laurie

Tutrice: Cloos Anne

5C5 – 2025/2026

Lycée Ermesinde Mersch

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 3
2. Menschliche Organsysteme und deren Zusammenhang 4
2.1. Das Verdauungssystem 4
2.1.1. Der Mund und die Speiseröhre 4
2.1.2. Der Magen 5
2.1.3. Der Dünndarm 5
2.1.4. Der Dickdarm 7
2.1.5. Der Weg der Nahrung 7
2.2. Das Kreislaufsystem 8
2.2.1. Das kardiopulmonale und das kardiovaskuläre System 8
2.2.2. Die Lunge 8
2.2.3. Das Herz 9
2.2.4. Die Blutgefäße 10
2.2.5. Der Weg des Blutes 11
2.3. Das Harnsystem 12
2.3.1. Die Nieren 12
2.3.2. Die Harnblase 13
2.4. Organe außerhalb der genannten Organsysteme 14
2.4.1. Die Leber 14
2.4.2. Die Milz 15
2.4.3. Das Gehirn 16
3. Besondere Organe und Fähigkeiten von Tieren 18
3.1. Verdauungssystem 18
3.1.1. Vorderdarmverdauer 18
3.1.2. Hinterdarmverdauer 20
3.1.3. Fleischfresser 22
3.2. Kreislaufsystem (und Nieren) 23
3.2.1. Giraffen 23
3.3. Leber 25
3.3.1. Anders gegliederte Lebern 25

3.3.2. Fehlende Gallenblasen 25
3.3.3. Die Lebern von Fleischfressern 26
3.4. Fortpflanzung 27
3.4.1. Beuteltiere 27
3.5. Echoortung 29
3.5.1. Die Fledermäuse 29
3.6. Giftige Säugetiere 31
3.6.1. Primaten 31
3.6.2. Insektenfresser 31
3.7. Schweine 32
3.8. Kloakentiere 33
3.9. Meeressäuger 35
4. Schlusswort 37
5. Anhang 38
5.1. Erklärung verschiedener Begriffe 38
5.2. Bilder der Organe eines weiblichen Schweins 39
5.3. Quellen 40
5.4. Bildquellen 42

1. Einleitung

Ich finde das komplexe System des menschlichen Körpers und die Vielfältigkeit der Tierwelt so unglaublich interessant, dass mir schon vom Anfang an klar war, dass ich gerne über dieses Thema schreiben würde. In meinem *Travail personnel* geht es um Organe, deren Aufbau, Funktionen und Zusammenarbeit in vielschichtigen und komplexen Systemen. Organe sind ein so faszinierendes Thema, dass meiner Meinung nach jeder Mensch sie verstehen sollte. In meiner Entreprise *Anatomy* haben wir bislang nur die Organe von Schweinen, Rindern und manchmal die von Ratten genauer untersucht, wobei das stets mit den menschlichen Organen als Ausgangspunkt geschehen ist. Allerdings habe ich mich dann gefragt, wie vielfältig die Organe von Tieren denn wirklich sind und so kam ich auf die Idee, über die Unterschiede der Organe der Säugetiere zu schreiben. Natürlich wären Amphibien, Reptilien, Fische und Vögel bestimmt auch interessant gewesen, aber dann wäre die Arbeit viel zu groß und kompliziert geworden. Und auch wenn hier nur die Organe von Säugetieren behandelt werden, gibt es auch dort eine solche Vielschichtigkeit, dass man sie in einem Schuljahr nur schwer zu Papier bringen könnte. Deshalb habe ich mich auf die Wichtigeren beschränkt, und dennoch ist es ein ausgesprochen komplexes Thema. Es beinhaltet derart viele verschiedene interessante Aspekte, dass man dem nur mit großer Schwierigkeit gerecht werden könnte, doch ich werde mir Mühe geben und alles möglichst verständlich zusammenfassen. Die Organe von jedem Säugetier jedoch einzeln zu erklären, wäre immer noch zu lang und außerdem würde sich alles ständig wiederholen. Deshalb habe ich den grundsätzlichen Aufbau der Organe nur einmal anhand des menschlichen Körpers erklärt. Anschließend habe ich mich erst mit den Besonderheiten und Ausnahmen anderer Säugetiere befasst, denn die Organe von Tieren unterscheiden sich zuweilen sehr von denen der Menschen, manche besitzen sogar Organe, die bei Menschen überhaupt nicht vorhanden sind, und andere nutzen sie anders, als wir es tun.

Und so entstand mein diesjähriger *Travail Personnel* „Ein Bauplan, tausend Möglichkeiten: Organe von Säugetieren im evolutionären Vergleich “.

2. Menschliche Organsysteme und deren Zusammenhang

Im menschlichen Körper gibt es zahlreiche Systeme, wobei man unter Systemen die enge Zusammenarbeit verschiedener Organe, die somit für die Funktionstüchtigkeit des Körpers sorgen, versteht. Da der grundsätzliche Aufbau und die Funktion der Organe der Säugetiere dem der Menschen sehr ähnlich sind, beginnt dieser Text mit den Systemen der Menschen, und beschreibt dann erst die Besonderheiten und Ausnahmen in der Tierwelt. Hier werden nicht sämtliche menschliche Systeme erläutert, sondern nur das Verdauungssystem, das Harnsystem und das Kreislaufsystem, sowie einige andere Organe, die mehrere Aufgaben haben und nicht so recht zu einem bestimmten System zugeordnet werden können. Dabei gibt es noch viel mehr Systeme, zum Beispiel das Nervensystem, das Immunsystem, das Fortpflanzungssystem, das sensorische System[1] und viele mehr, die hier nicht näher erläutert werden.

2.1. Das Verdauungssystem

Bei der Nahrungsaufnahme wird das Essen zuerst im Mund zerkleinert. Von dort aus wird es über die Speiseröhre in den Magen transportiert. In diesem wird die Nahrung weiter zersetzt und gelangt schließlich in den Darm, wo sie wiederum weiter aufgespalten und verdaut wird. Die unverdaulichen Reste werden anschließend über den After ausgeschieden.

2.1.1. Der Mund und die Speiseröhre

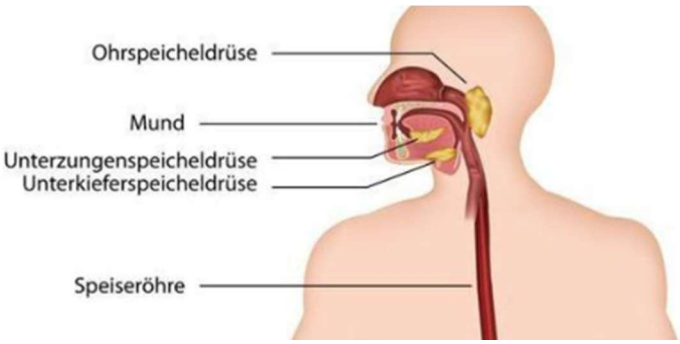


Abb.1: Der Mund und die Speiseröhre

Im Mund wird die Nahrung durch Kauen und das Hinzufügen von Speichel zu einem Nahrungsbrei verarbeitet. Beim Kauen spielen vor allem Zähne und Zunge eine wichtige Rolle, da sie für die mechanische Zerkleinerung der Nahrung zuständig sind. Der Speichel gelangt über mehrere Speicheldrüsen (Ohrspeicheldrüse, Unterzungenspeicheldrüse und Unterkieferspeicheldrüse) in den Mund und das Enzym[2] Ptyalin, das darin enthalten ist, sorgt für die Spaltung der Stärke. Nach ausreichender Zerkleinerung wird der Brei geschluckt und durch die Speiseröhre bis in den Magen transportiert. Beim Schlucken verschließt der Kehldeckel (auch Epiglottis genannt) die Luftröhre, damit kein Nahrungsbrei in die Lunge gelangt, und der Brei gelangt in die Speiseröhre, ein Muskelschlauch. Dieser liegt im Hals hinter der Luftröhre und presst mit wellenförmigen Muskelbewegungen den Nahrungsbrei zum Magen.

2.1.2. Der Magen

Durch den Magenmund tritt der Nahrungsbrei in den Magen ein. Dort wird er für längere Zeit gesammelt, da der Magen ein Fassungsvermögen von 1,5-2 Liter hat. Anschließend findet im Magen die Stärkeverdauung durch Amylase statt. Das Enzym Amylase zerlegt die langkettigen Kohlenhydrate aus dem Essen in andere Stoffe.

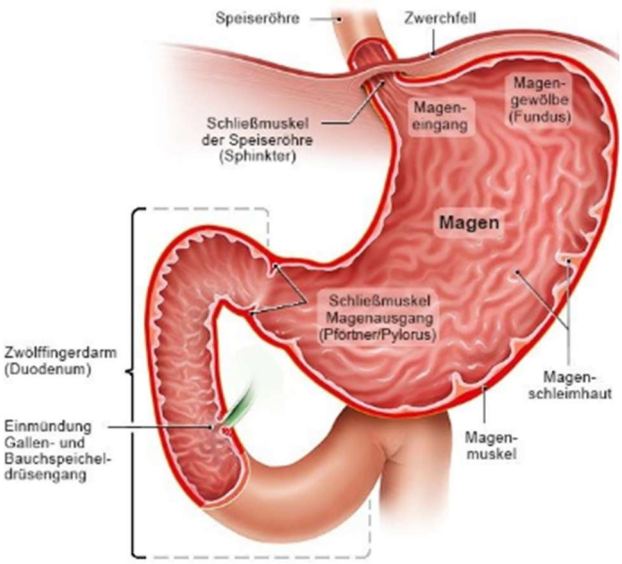


Abb.2: Verschiedene Teile des Magens

Der Magen ist innen stark gefaltet, um eine größere Fläche zu haben und seine Innenseite wird durch die Magenschleimhaut vor den Säuren geschützt. Dort befinden sich außerdem drei verschiedene Sorten von Drüsenzellen: die Nebenzellen, die Hauptzellen und die Belegzellen. Die Nebenzellen bilden den Schleim der Magenschleimhaut, um den Magen vor Pepsin (auch Pepsin ist ein Enzym, es spaltet mithilfe der Magensäure die Eiweiße) und Salzsäuren zu schützen, während die Haupt- und die Belegzellen für den Magensaft verantwortlich sind. Die Hauptzellen produzieren das Enzym Pepsinogen, das durch die Salzsäure, die von den Belegzellen produziert wird, zu Pepsin wird und für die erste Spaltung der Proteine sorgt. Die Salzsäure der Belegzellen hat sich bereits nach einer halben bis einer Stunde im gesamten Mageninhalt verteilt. Insgesamt werden an einem Tag 1,5-2 Liter Magensaft produziert. Durch die Peristaltik, einer wellenförmigen Muskelbewegung, wird der Nahrungsbrei mit dem Magensaft durchmischt, außerdem kommt es so zu einer mechanischen Zerkleinerung. Nachdem der Nahrungsbrei in ausreichend kleine Stücke zersetzt wurde, wird er durch die Peristaltik aus dem Magen herausbefördert. Dabei passiert er den Schließmuskel am Magenausgang, den sogenannten Pförtner und gelangt in den Zwölffingerdarm.

2.1.3. Der Dünndarm

Der Dünndarm besteht aus dem Zwölffingerdarm, dem Leerdarm und dem Krummdarm. Vom Magen gelangt der Nahrungsbrei in den Zwölffingerdarm, der an einer Krümmung in den Leerdarm mündet, der anschließend ohne sichtbare Grenze in den Krummdarm übergeht. Nach dem Krummdarm passiert der Nahrungsbrei die Ileozäkalklappe, auf die der Dickdarm folgt. Die Ileozäkalklappe verschließt den Übergang zwischen Dünn- und Dickdarm und sorgt somit dafür, dass die Überreste der Nahrung nur in eine Richtung fließen.

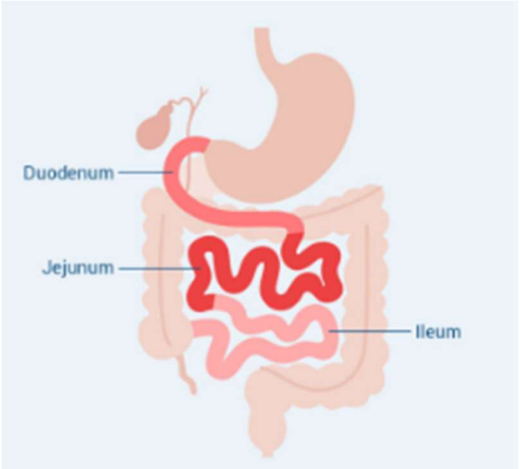


Abb.3: Die Abschnitte des Dünndarms, also Zwölffingerdarm, Leerdarm und Krummdarm

Der Zwölffingerdarm, also das Duodenum, ist der kürzeste Teil des Dünndarms und ist für die Neutralisierung[3] der Magensäure zuständig. Dort werden außerdem Gallenflüssigkeit aus der Gallenblase und das Sekret aus der Bauchspeicheldrüse zum Nahrungsbrei hinzugefügt (siehe: 2.1.3.1. Die Gallenblase und die Bauchspeicheldrüse). In ihm wird die Verdauung abgeschlossen, da die eigentliche Verdauung nur die Aufspaltung der Nahrung betrifft, also der Vorgang, bei dem die Nährstoffe für den Körper verwertbar gemacht werden.

Der Leerdarm, auch Jejunum genannt, ist der längste Teil des Dünndarms. Seine Innenseite ist ebenso wie die des Magens stark gefaltet, und um seine Oberfläche noch weiter zu vergrößern, befinden sich dort auch noch unzählige kleine Zotten. In diesem Teil des Dünndarms werden die zerlegten Nährstoffe durch die Darmwand aufgenommen.

Der Krummdarm, der auch als Ileum bezeichnet wird, ist der letzte Teil des Dünndarms, er wird nur durch die Ileozäkalklappe vom Dickdarm getrennt. Er nimmt die letzten verwertbaren Nährstoffe aus dem Nahrungsbrei auf und spielt außerdem eine wichtige Rolle bei der Immunabwehr.

2.1.3.1. Die Gallenblase und die Bauchspeicheldrüse

Die Gallenblase speichert die Gallenflüssigkeit, die in der Leber produziert wurde, und gibt sie bei Bedarf wieder ab. Während dem dortigen Aufenthalt verändert sich die Gallenflüssigkeit zwar leicht, ist aber ansonsten noch so wie sie in der Leber produziert wurde. Somit ist sie nicht lebensnotwendig, sondern erleichtert nur die Aufnahme von viel fettiger Nahrung auf einmal, da die Leber ansonsten nicht genug Galle auf einmal produzieren und es zu Verdauungsproblemen kommen kann. Die Gallenflüssigkeit hilft nämlich bei der Zerlegung der Fette aus dem Nahrungsbrei.

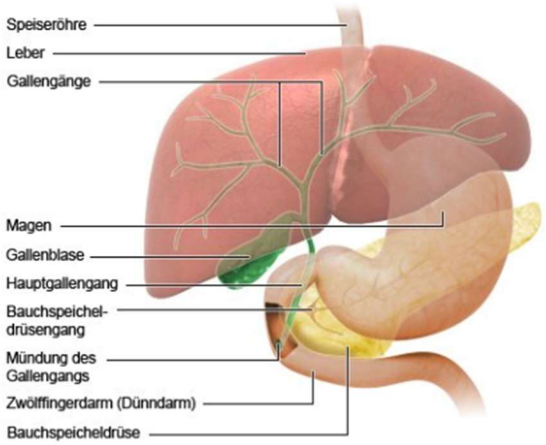


Abb.4: Die Lage der Gallenblase und der Bauchspeicheldrüse

Das Sekret aus der Bauchspeicheldrüse sorgt dafür, dass die Magensäfte, die immer noch im Nahrungsbrei enthalten sind, im Zwölffingerdarm neutralisiert werden. Ohne könnten Teile des Darms beschädigt werden. Dazu kommt, dass die Bauchspeicheldrüse für die Produktion vieler verschiedener Enzyme verantwortlich ist, die zur Aufspaltung der Nährstoffe benötigt werden, darunter die Enzyme Lipase, Amylase und Trypsin und die Hormone Insulin und Glukagon, von denen Insulin besonders wichtig ist, da es dafür sorgt, dass die Zellen die Glukose, die aus dem Essen durch den Dünndarm ins Blut gelangte, aufnehmen können, sodass der Blutzuckerspiegel nach einer Mahlzeit wieder sinkt. Im Gegensatz zur Gallenblase kann man ohne die Bauchspeicheldrüse also nur überleben, indem man zu jeder Mahlzeit Medikamente einnimmt, die die Stoffe aus dem Sekret ersetzen sollen.

2.1.4. Der Dickdarm

Der Dickdarm an sich besteht aus dem Blinddarm, dem Grimmdarm und dem Enddarm. Der Dickdarm und alle seine verschiedenen Teile bilden den Abschluss der Verdauungsorgane, nach ihnen werden die Überreste der Nahrung als unverdaulicher Kot ausgeschieden.

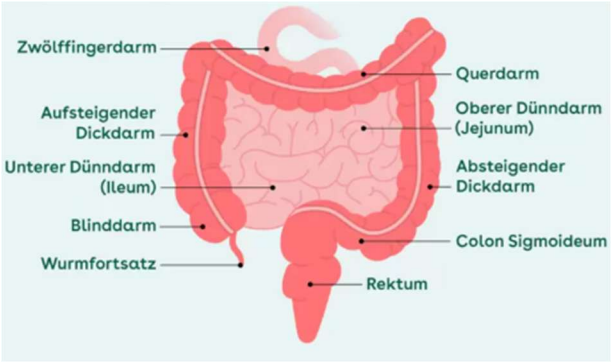


Abb.5: Der Aufbau des Dickdarms

Der Blinddarm ist der erste Abschnitt des Dickdarms. Er trennt den Dickdarm von dem Dünndarm und verhindert, dass Nahrungsbrei in den Dünndarm zurückfließen kann und verfügt über den Wurmfortsatz. Dieser spielt eine wichtige Rolle bei der Immunabwehr. Bei der sogenannten Blinddarmentzündung wird aber nicht der Blinddarm entfernt, sondern nur der Wurmfortsatz. Dessen Funktionen werden anschließend von anderen Körperteilen übernommen.

Der Grimmdarm, auch Kolon genannt, ist der Hauptabschnitt des Dickdarms und auch der längste. Er übernimmt das Entziehen des Wassers aus dem restlichen Nahrungsbrei. Dieser wird spätestens von da an aber eher als Kot bezeichnet, der im Enddarm, auch Mastdarm oder Rektum genannt, gespeichert und schlussendlich über den After ausgeschieden wird. Er ist mit zwei wichtigen Schließmuskeln versehen, einem inneren, der nicht bewusst gesteuert werden kann, und einem äußeren, der willentlich kontrolliert wird.

2.1.5. Der Weg der Nahrung

Hier noch einmal der Weg der Nahrung durch den Körper zusammengefasst: er beginnt im Mund, wo das Essen zerkleinert und mit Speichel vermengt wird, anschließend wird es hinuntergeschluckt und gelangt über die Speiseröhre, einen langen Muskelschlauch, in den Magen, wo der Nahrungsbrei durch die dort entstandene Magensäure zersetzt wird. Im Dünndarm passiert der größte Teil der Verdauung, hier werden die einzelnen Bestandteile des Essens durch die Flüssigkeiten aus der Bauchspeicheldrüse und der Gallenblase aufgespalten und über die Darmwand aufgenommen. Schlussendlich wird den Überresten des Nahrungsbreis im Dickdarm das restliche Wasser entzogen. Danach wird er durch den After ausgeschieden und landet als Kot in der Toilette.

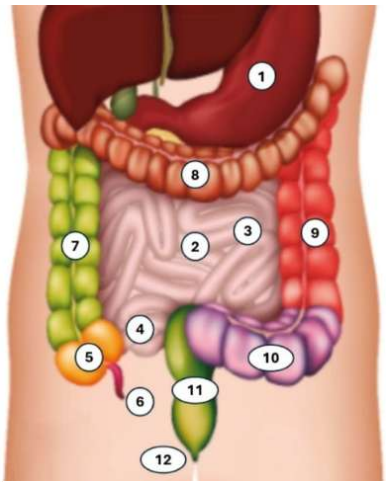


Abb.6: Der Weg der Nahrung

1. Magen
2. Zwölffingerdarm
3. Leerdarm
4. Krummdarm
5. Blinddarm
6. Wurmfortsatz
7. aufsteigender Grimmdarm
8. querverlaufender Grimmdarm
9. absteigender Grimmdarm
10. S-förmig verlaufender Grimmdarm
11. End-/Mastdarm
12. After

2.2. Das Kreislaufsystem

Das Kreislaufsystem setzt sich aus zwei kleineren Systemen zusammen: dem großen Körperkreislauf und dem kleinen Lungenkreislauf, auch kardiopulmonales und kardiovaskuläres System genannt. Diese beiden arbeiten eng zusammen, denn das Herz spielt in beiden eine wichtige Rolle. Der große Körperkreislauf versorgt Organe, Gewebe und Zellen mit Sauerstoff und anderen lebenswichtigen Substanzen, während der kleine Lungenkreislauf für die Sauerstoffversorgung zuständig ist.

2.2.1. Das kardiopulmonale und das kardiovaskuläre System

Das Kreislaufsystem besteht aus zwei einzelnen Systemen. Dem kardiopulmonalen und dem kardiovaskulären System. Das kardiopulmonale System besteht aus dem Herz und der Lunge und beschreibt deren Zusammenhang und deren Zusammenarbeit. Dieser Name setzt sich aus zwei Wörtern zusammen: “kardia”, das griechische Wort für das Herz und “pulmo”, dem lateinischen Wort für die Lunge. Das kardiovaskuläre System, auch Herzkreislaufsystem oder Blutkreislaufsystem genannt, setzt sich aus dem Herz und den Blutgefäßen zusammen. Sein Name leitet sich wieder aus dem Wort “kardia”, und diesmal auch aus dem lateinischen Wort “vaskulär” ab, was übersetzt Blutgefäße oder Adern bedeutet. Die beiden bilden zusammen das Kreislaufsystem, das, ebenso wie das Verdauungssystem, lebenswichtig für unseren Körper ist.

2.2.2. Die Lunge

Die Lunge ist das Atmungsorgan des Körpers und besteht aus zwei Lungenflügeln. Da das Herz zwischen den beiden Flügeln sitzt, sind die beiden asymmetrisch, um dem Herzen genug Platz zu bieten. Der rechte Flügel besteht aus drei Lappen, doch der linke nur aus zwei. Beim Einatmen dehnen sie sich aus, da beide Lungenflügel sich mit Luft füllen. Beim Ausatmen entweicht die Luft und die Lunge wird wieder kleiner. Währenddessen findet in der Lunge ein Gasaustausch mit dem Blut statt. Das Blut gibt Kohlenstoffdioxid und andere Abfallstoffe ab und wird von der Lunge mit Sauerstoff und verschiedenen Nährstoffen angereichert. Dazu durchquert die Luft zuerst durch Mund und Nase und dann durch die Luftröhre. Diese ist, im Gegensatz zur Speiseröhre, kein Muskelschlauch, sondern besteht größtenteils aus Knorpel, da die Luft durch das Ausweiten der Lungenflügel in die Lunge hineingesogen werden muss. Danach teilt sich die Luftröhre in die beiden Hauptbronchien auf, die durch die Lungenflügel verlaufen. Die Bronchien verzweigen sich dann weiter, bis in die Bronchiolen, die die Luft zu den Alveolen leiten. In den Alveolen, also in den winzigen Lungenbläschen, findet der Gasaustausch statt. Die Alveolen sind nämlich von einem Netzwerk aus feinen Kapillaren, also Äderchen, umgeben. Dafür treten die Gase durch die dünne Membran zwischen den Lungenbläschen und den Kapillaren, von wo aus sie entweder zum

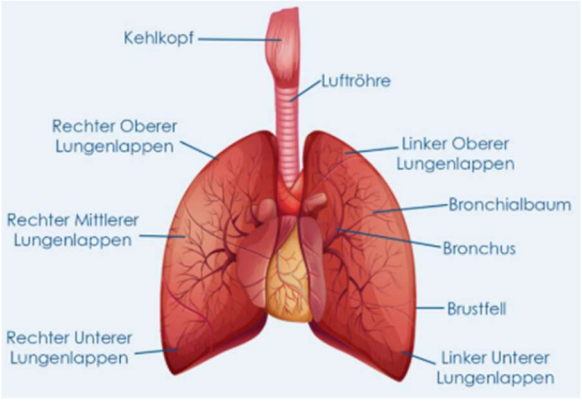


Abb.7: Die Anatomie der Lunge

Herzen geleitet werden oder beim Ausatmen wieder aus dem Körper in die Atemluft gelangen. Doch die Lunge ist nicht nur für die Sauerstoffversorgung unseres Körpers zuständig, sie spielt eine wichtige Rolle für unsere Gesundheit. Sie reguliert mit dem Gasaustausch den pH-Wert[4] des Blutes, außerdem fängt sie Schadstoffe und Krankheitserreger ab, noch bevor diese in den Körper gelangen können und verhindert so, dass das Immunsystem des Körpers zu viel beansprucht wird.

2.2.3. Das Herz

Das Herz ist ein hohler, eigenständig funktionierender Muskel, der im Brustkorb zwischen den beiden Lungenflügeln sitzt, jedoch ein wenig mehr auf der linken Seite. Er ist etwa so groß wie die Faust seines Besitzers und wiegt ungefähr 300g. Nach sehr viel Ausdauersport über eine längere Zeit kann es aber auch bis zu 500g wiegen. Bei ruhenden Erwachsenen schlägt es zwischen 60 und 80 Schläge pro Minute. Durch die Scheidewand wird es in zwei Hälften eingeteilt, in denen sich jeweils ein Vorhof und eine Herzkammer befinden. Die linke Hälfte ist für das sauerstoffreiche Blut zuständig, das von der Lunge über das Herz und von da aus durch den ganzen Körper geschickt wird, während die rechte Herzhälfte für das sauerstoffarme Blut zuständig ist, das über die Venen zum Herzen gelangt und in der Lunge mit Sauerstoff angereichert werden soll. Mithilfe der Herzschläge, die so etwas wie ein ruckartiges Zusammenziehen des Herzens sind, wird ein regelmäßiges Pumpen erzeugt, das je nach Anstrengungen schneller oder langsamer wird. Zwischen zwei Schlägen, also in der Entspannungsphase wird das Blut aus den beiden Vorhöfen in die Kammern geleitet. Auf die Entspannungs- folgt die Auswurfphase, bei der das Blut weitergepumpt wird. Um zu verhindern, dass das Blut in die falsche Richtung fließt, gibt es die Herzklappen.

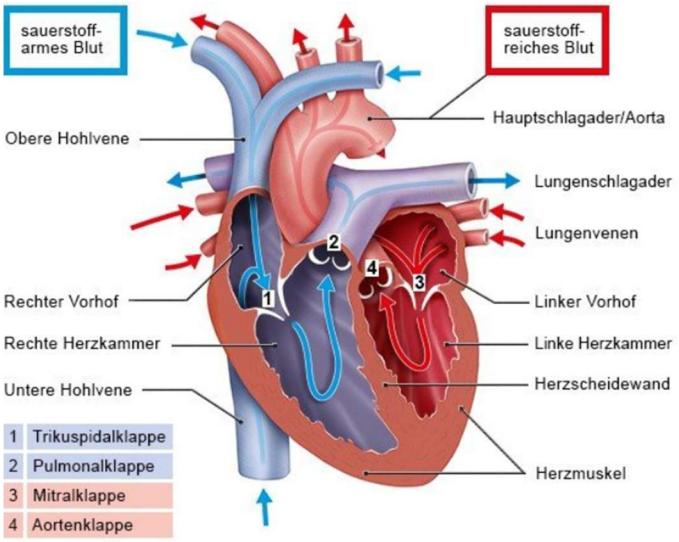


Abb.8: Der Aufbau des Herzens

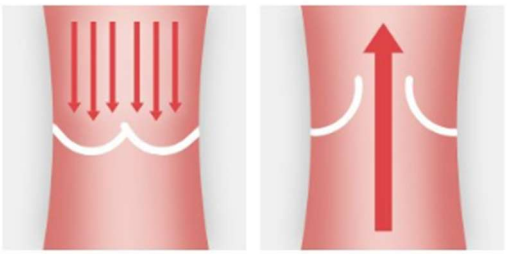


Abb.9: Segelklappen, die den Blutfluss nur in eine Richtung erlauben

Diese gerundeten Klappen, lassen das Blut nur aus einer Richtung durch und sind notwendig, um den richtigen Blutfluss zu kontrollieren, denn der Herzschlag könnte das Blut allein nicht in die gewünschte Richtung drücken. In der Auswurfphase verschließen sie den Blutzufluss, sobald das Blut von der anderen Seite dagegen drückt, und lassen erst wieder neues Blut ein, sobald das Herz sich ausweitet und neues Blut einsaugt. Das Blut aus der linken Herzkammer fließt danach in die Aorta, auch Hauptschlagader genannt. Als größtes Blutgefäß des Körpers dient die Aorta als zentrale Versorgungsleitung für den Körper. Die nächste Abzweigung ist an den Herzkranzgefäßen, auch Koronararterien genannt, die das Herz selbst mit sauerstoffreichem Blut versorgen. Das sauerstoffarme Blut aus der rechten Herzhälfte fließt jedoch in den kleinen Lungenkreislauf.

Der Herzschlag selbst entsteht durch die Muskulatur des Herzens. Spezielle Zellen, sogenannte Herzmuskelzellen, ziehen sich rhythmisch zusammen. Der Impuls für jeden einzelnen Schlag des Herzens kommt aus dem Sinusknoten, einer Zellgruppe in der Wand des rechten Vorhofs. Er sendet über verschiedene Nervenbahnen Signale zu den Muskelzellen weiter.

2.2.4. Die Blutgefäße

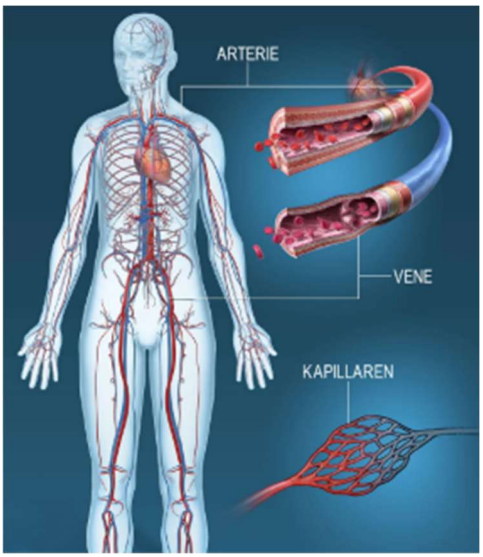


Abb.10: Die Lage der Arterien und Venen im menschlichen Körper

Die Blutgefäße, auch Adern genannt, transportieren eine unserer wichtigsten Flüssigkeiten durch unseren gesamten Körper: das Blut. Ein erwachsener Mensch verfügt über 4,5-5,5 Liter Blut. Das Blut allein erfüllt bereits einige Aufgaben, doch auch die Blutgefäße sind nicht nur zum Transportieren von Blut zuständig. Das Blut enthält nämlich spezialisierte Zellen, die Krankheitserreger abwehren und besondere Eiweiße und Zellen sorgen für die Blutgerinnung bei Wunden, indem sie sich verbinden und die Wunde somit bis zur Heilung verschließen. Die Blutgefäße versorgen sämtliche Zellen des Körpers mit Blut und somit mit dem darin enthaltenen Sauerstoff und den Nährstoffen, sie regulieren die Körperwärme, indem sie sich zusammenziehen und wieder ausdehnen, transportieren Hormone und verteilen wichtige Informationen im Körper. Diese Informationen werden über das Blut durch die Arterien und Venen geleitet, die sich dadurch definieren, ob sie Blut zum Herzen oder von ihm weg transportieren.

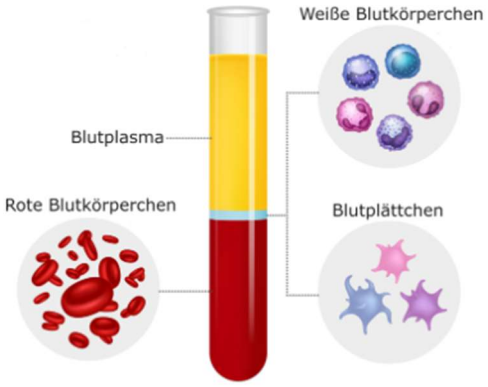


Abb.11: Die Bestandteile des Blutes

Hormone sind Botenstoffe, sie werden zu einem größtenteils über die Blutgefäße transportiert und gelangen so in jede Region des Körpers, in denen sie für die Regulation verschiedener Funktionen zuständig sind. Das Blut besteht zu 55% aus Blutplasma, einer klaren, gelblichen Flüssigkeit, die restlichen 45% sind feste Bestandteile. Zu denen gehören die roten Blutkörperchen, auch Erythrozyten genannt, die weißen Blutkörperchen, auch Leukozyten genannt, und die Blutplättchen, auch Thrombozyten genannt. Von den roten Blutkörperchen gibt es am meisten im Blut, und zwar 42,8%, während die weißen Blutkörperchen und die Blutplättchen gemeinsam nur 2,2% ausmachen. Die rote Farbe des Blutes entsteht übrigens durch das Hämoglobin, ein eisenhaltiges Protein aus den roten Blutkörperchen, dass deshalb auch als Blutfarbstoff bezeichnet wird.

2.2.5. Der Weg des Blutes

Das Kreislaufsystem hat im Gegensatz zum Verdauungssystem keinen klaren Anfang und kein klares Ende. Für diese Erläuterung starten wir mit der Hauptschlagader. Sie führt vom Herzen weg und verzweigt sich immer weiter, bis sie ins Kapillarnetz mündet. Dort gibt das Blut den Sauerstoff ab und nimmt Abfallstoffe zum Abtransport auf. Da das Blut nun keinen Sauerstoff mehr enthält, aber dafür sehr viele Abfallstoffe, gelangt das nun sauerstoffarme Blut zurück zum Herzen, das es zu den Alveolen pumpt. Dort reichert es sich wieder mit Sauerstoff an und gibt die Abfallprodukte ab, um dann zum Herzen zurückgeleitet zu werden, von wo aus es wieder durch die Schlagadern im Körper verteilt wird und der Kreislauf wieder von vorne beginnt. Dieser Weg durch die Arterien und Venen ist unendlich, weshalb man es auch das Kreislaufsystem nennt.

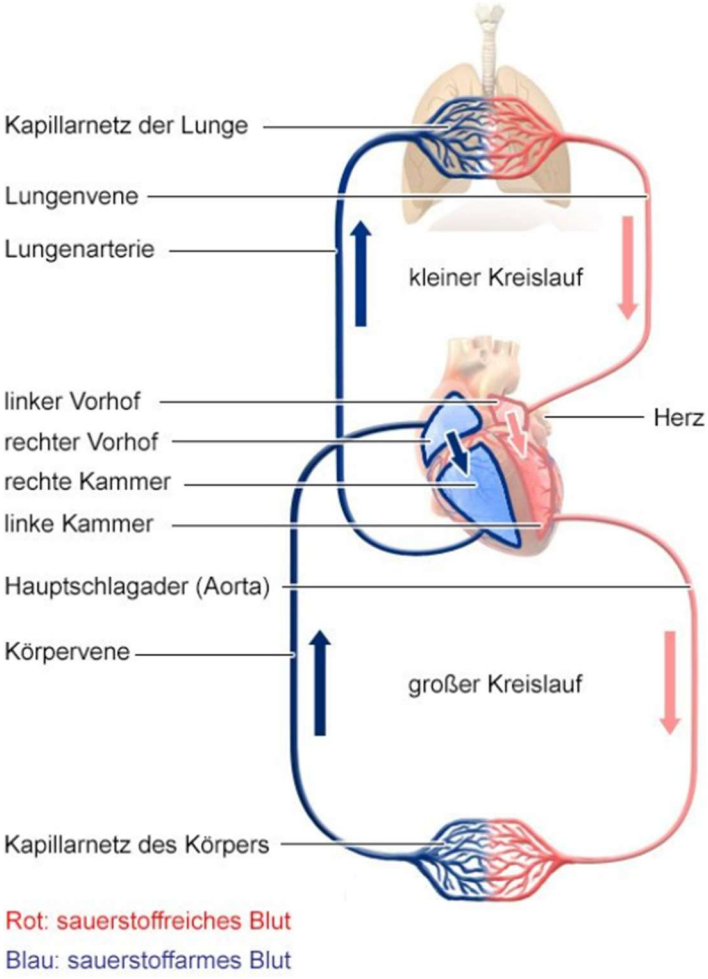


Abb.12: Der große und der kleine Blutkreislauf

2.3. Das Harnsystem

Das Harnsystem ist für die Ausscheidung des Harns zuständig. In der Leber wird giftiges Ammoniak zu Harnstoff umgewandelt (siehe: 2.4.1. Die Leber). Über das Blut gelangen der Harnstoff und andere Abfallstoffe zu den Nieren. Sie werden mit dem Urin, der in den Nieren produziert wird, in die Harnblase befördert und dort zwischengespeichert, um schlussendlich ausgeschieden zu werden.

2.3.1. Die Nieren

Jeder Mensch besitzt zwei Nieren und zwei Nebennieren, pyramidenförmige Drüsen, die wie kleine Mützen auf den Nieren sitzen. Von der Form her erinnern die Nieren selbst an Bohnen, deren eingebuchteter Rand nach innen gerichtet ist. Sie befinden sich links und rechts neben der Wirbelsäule am unteren Ende des Brustkorbs und wiegen ungefähr 135-150g. In der Mitte der Einbuchtung befindet sich der Hilus. Als Hilus bezeichnet man bei einem Organ eine Austrittsstelle in einer Einbuchtung oder Vertiefung, aus der Gefäße und Nerven kommen. Bei der Niere sind das die Blutgefäße, Nerven und Lymphbahnen, außerdem tritt dort auch die Harnleiter aus. Die beiden Harnleiter verbinden die Nieren mit der Harnblase, mit der sie eng zusammenarbeiten. Doch nicht nur die Harnblase ist mit der Niere verbunden, sondern auch die Leber schickt verschiedene Stoffe über den Blutkreislauf zur Niere. Jede Niere ist umgeben von drei Hüllen aus Fett und Bindegewebe, die die sogenannten Nierenkapseln bilden. Diese sorgen für die Stabilität der Nieren, schützten sie vor äußeren Verletzungen und verankern sie mit dem umliegenden Gewebe, halten sie also an ihrem Platz. Die äußere Schicht der Nieren selbst nennt man auch Nierenrinde, wo der Urin aus überflüssigem Wasser und Abfallstoffen entsteht. Dieser wird von den etwa 2,4 Millionen Nierenkörperchen gebildet, die sich dort befinden. Das Innere der Nieren wird von dem sogenannten Nierenmark ausgefüllt, durch das sich zahlreiche Blutgefäße und Nierenkanälchen winden. Durch diese Kanäle gelangt der Urin in die Harnleiter und von dort aus zur Blase. Doch die Nieren produzieren nicht nur Urin, durch den Abfallstoffe wie Harnstoff aus dem Körper gelangen, sondern erfüllen auch viele andere wichtige Funktionen.

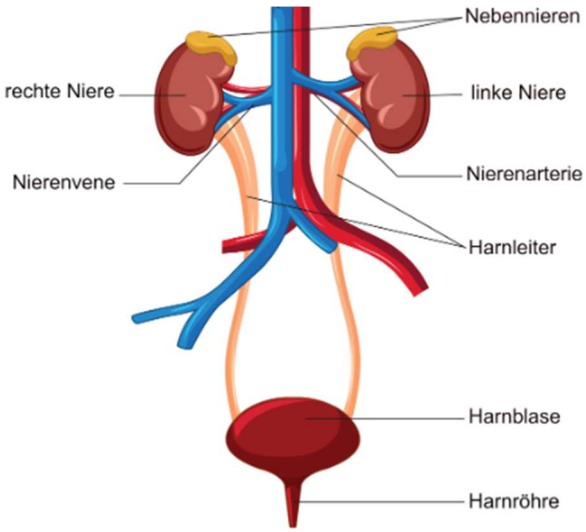


Abb.13: Die Lage der Nieren im Harnsystem

In ihnen wird das Blut gefiltert, womit man die Nieren als Klärwerk des Körpers bezeichnen könnte. Zudem regulieren sie den gesamten Körperhaushalt. Unter dem Körperhaushalt werden hier das Gleichgewicht der Elektrolyten und des pH-Werts und die Regulation des Blutdrucks und der Flüssigkeiten gemeint.

Die Nieren regeln den Flüssigkeitshaushalt, indem sie Wasser entweder zurückhalten oder vermehrt ausscheiden, wodurch mehr oder weniger Flüssigkeit in den Blutgefäßen enthalten ist.

Außerdem wird das Eiweiß Renin von bestimmten Zellen der Nieren hergestellt, welches eine hormonähnliche Wirkung hat, die den Blutdruck ansteigen lassen kann. Doch auch die Hormone Erythropoetin, das die Bildung von roten Blutkörperchen fördert, und Calcitriol, das eine aktive Form von Vitamin D ist, die die Kalziummenge im Körper reguliert, entstehen in den Nieren. Auch in den Nebennieren werden lebenswichtige Hormone hergestellt, unter anderem auch Kortisol, ein Stresshormon, das auch für den Stoffwechsel und das Immunsystem von Bedeutung ist. Dazu kommt, dass die Nieren den Säure-Basen-Haushalt im Gleichgewicht halten, indem sie dafür sorgen, dass das Blut weder zu sauer noch zu basisch wird, und beeinflussen den Energiestoffwechsel, indem sie, falls zu wenig Zucker im Blut ist, selbst Zucker herstellen und an das Blut abgeben. Zusammengenommen ist sie zwar ein äußerst wichtiges Organ, doch man kann auch mit nur einer Niere leben, sollte man die zweite durch eine Verletzung oder eine Transplantation verloren haben. Allerdings sollte man dann darauf achten, viel Wasser zu trinken, nicht zu rauchen und schädliche Stoffe wie Alkohol oder Drogen zu vermeiden.

2.3.2. Die Harnblase

Die Harnblase, oft auch einfach Blase genannt, ist ein Teil des Harntrakts und für die Zwischenspeicherung des Urins zuständig. Dieses Hohlorgan befindet sich am Boden des Beckens und ist durch die Harnleiter, auch Ureter genannt, mit den Nieren verbunden. Tatsächlich fließt der Urin ununterbrochen aus den Nieren über die Harnleiter in die Harnblase, durch die Harnröhre ins Freie aber nur zeitweise. Am Blasenboden und am Ende der Harnröhre befinden sich nämlich wichtige Schließmuskeln, der äußere und der innere Schließmuskel, die den Urin zurückhalten. Der innere wird vom Nervensystem kontrolliert, also unwillentlich, wohingegen der äußere bewusst gesteuert wird. Ohne die Harnblase wäre keine willentliche Abgabe von Zeit zu Zeit möglich. Die Blase ist folglich von großer Wichtigkeit, doch ihre Füllmenge unterscheidet sich bei den verschiedenen Geschlechtern. Männer empfinden bei 350-750ml Urin einen gewissen Harndrang, Frauen schon bei 250-550ml. Das theoretisch maximale Fassungsvermögen von Erwachsenen liegt zwischen 900 und 1500ml. Damit der Urin bei starker Füllung nicht in die Nieren zurückfließt, sind die beiden Harnleiter so an der hinteren unteren Seite der Blase befestigt, dass bei einer hohen Füllmenge ein Rückfluss verhindert wird. Wie stark die Blase gefüllt ist, wird von den 4-6 Schichten Zellen in der Blase bestimmt. Diese kleiden dessen Innenwand aus und werden in der Gesamtheit als Urothel bezeichnet. Sie verändern ihre Form je nach Füllung, bei einer leeren Blase sind sie schirmförmig, bei einer gefüllten flachen sie sich ab. Außerdem erfüllen sie eine Schutz- und Anpassungsfunktion im Körper, indem sie die darunterliegenden Gewebe vor den Abfallstoffen im Urin schützen, und bei der Ausdehnung der Blase helfen, wobei sie außerdem dafür sorgen, dass die Wasserundurchlässigkeit erhalten bleibt.

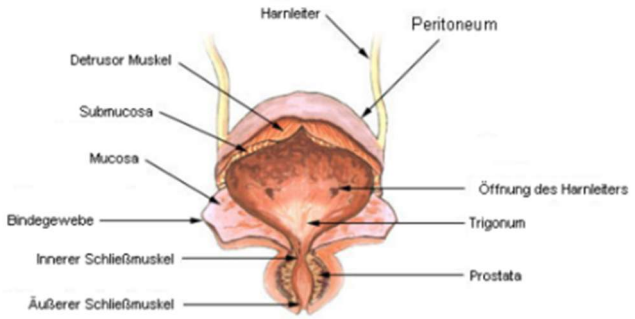


Abb.14: Die Anatomie der Harnblase

2.4. Organe außerhalb der genannten Organsysteme

Nicht alle Organe können klar einem System zugeordnet werden, da sie mit verschiedenen Systemen zusammenarbeiten. Die drei folgenden Organe, also die Leber, die Milz und das Gehirn sind jedoch von besonderer Wichtigkeit zum Verständnis der besonderen Organe von Säugetieren.

2.4.1. Die Leber

Die Leber ist eines der größten Organe des Körpers und erfüllt einige Funktionen, die von großer Wichtigkeit für den Stoffwechsel sind. Außerdem hat sie als Einzige die Fähigkeit, sich beinahe komplett zu regenerieren. Auch wenn weit über die Hälfte der Leber, nicht mehr vorhanden ist, kann sie sich selbst wiederherstellen, im Gegensatz zu anderen Organen, die sich zwar auch regenerieren können, aber weitaus begrenzter. Sie wiegt bei Erwachsenen ungefähr 1,4kg und befindet sich im rechten Oberbauch unter dem Zwerchfell. Sie füllt den Raum unter den Rippen fast vollständig aus und reicht bis in den linken Oberbauch. Sie besteht aus zwei verschiedenen Lappen, von denen der Rechte der größere ist. Dazwischen befindet sich ein Band aus Bindegewebe, die die Leber in der Bauchhöhle fixiert. An der Unterseite der Leber, in einer kleinen Mulde, befindet sich die Gallenblase. Diese ist mit der Leber verbunden. Das Gewebe der Leber besteht aus kleinen Lappen aus Leberzellen, zwischen ihnen befinden sich Gefäße, in denen Blut und Gallenflüssigkeit enthalten ist.

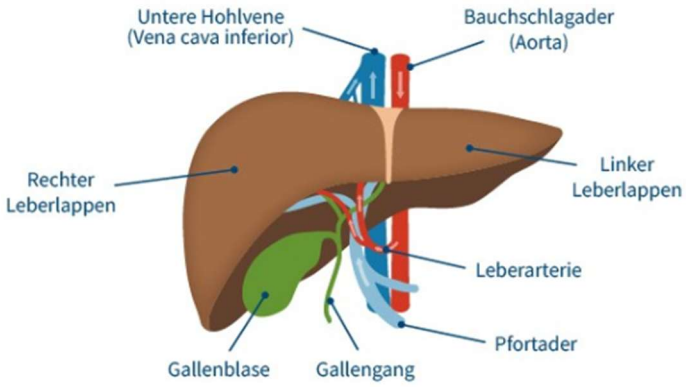


Abb.15: Die Lage der Leber und der Gallenblase

Die Aufgaben der Leber sind vielfältig. Unter anderem produziert sie die Gallenflüssigkeit, davon ungefähr 800-1000ml pro Tag. Danach gibt sie diese Flüssigkeit an die Gallenblase weiter, damit sie in den kleinen Gallenkanälchen gesammelt wird, von wo aus sie später über den großen Gallengang und anschließend in den Zwölffingerdarm geleitet wird und so bei der Spaltung und Aufnahme der Fette hilft. Bei den verschiedenen Stoffwechselprozessen ist die Leber für Fett-, den Kohlenhydrat- und den Eiweißstoffwechsel verantwortlich. Sie arbeitet folglich eng mit dem Verdauungssystem zusammen, doch auch mit den Nieren, der Gallenblase und den Blutgefäßen, sodass man sie nicht unbedingt zu einem der Systeme zählen kann. Die Stoffe aus der Nahrung gelangen durch das Blut in die Leber, da die sogenannte Pfortader das Blut aus den einzelnen Verdauungsorganen sammelt, wodurch deren Inhalte wie Nährstoffe, Medikamente, aber auch Gifte in die Leber transportiert werden. Dort werden diese verschiedenen Substanzen gleich weiterverarbeitet, gespeichert, entgiftet, ans Blut übergeben, umgebaut oder zur Ausscheidung in den Darm weitergeleitet. Sie wandelt die Nährstoffe aus der Nahrung in für den Körper verwertbare Stoffe um und speichert sie, um sie bei Bedarf an Zellen abzugeben. Des Weiteren wandelt sie die Giftstoffe um, indem sie sie aufnimmt und daraus ungiftige Stoffe macht, die anschließend ausgeschieden werden. Bei dem Fettstoffwechsel baut die Leber Fette zur Erzeugung von Energie ab. Der Kohlenhydratstoffwechsel wird ebenfalls von der Leber geleitet, dabei sorgt sie zusätzlich dafür, dass der Zuckerspiegel im Blut konstant bleibt, indem sie den Zucker nach einer Mahlzeit als Glykogen speichert und ihn später wieder abbaut und ans Blut

weitergibt, sollte der Zuckerspiegel wieder sinken. Auch Vitamine und Mineralien werden in der Leber gespeichert und bei Bedarf an das Blut abgegeben. Bei dem Eiweißstoffwechsel wandeln die Leberzellen Aminosäuren aus dem Essen so um, dass daraus Energie gewonnen werden kann oder dass aus ihnen Kohlenhydrate oder Fette hergestellt werden können. Bei diesem Vorgang entsteht das giftige Ammoniak, dass von den Leberzellen zu dem ungiftigen Harnstoff umgebaut und dann wieder ans Blut abgegeben werden muss, damit es zur Niere gebracht werden und über den Urin aus dem Körper ausgeschieden werden kann. Doch das sind noch nicht alle Funktionen der Leber, sie stellt mithilfe des Vitamin K nicht nur wichtige Eiweiße, sondern auch Proteine her, die wichtig für die korrekte Blutgerinnung sind, sie baut alte oder beschädigte Blutkörperchen ab, kann Blut von Alkohol befreien und die Abbauprodukte der Medikamente entsorgen. Alles in allem ist sie ein äußert wichtiges Organ.

2.4.2. Die Milz

Die Milz ist ein Organ, auf das man verzichten könnte, denn ihre Funktionen könnten von der Leber oder dem Knochenmark übernommen werden, doch wie bei dem Verlust einer Niere würden so auch einige Risiken entstehen, hier würde man beispielsweise anfälliger für Krankheiten werden.

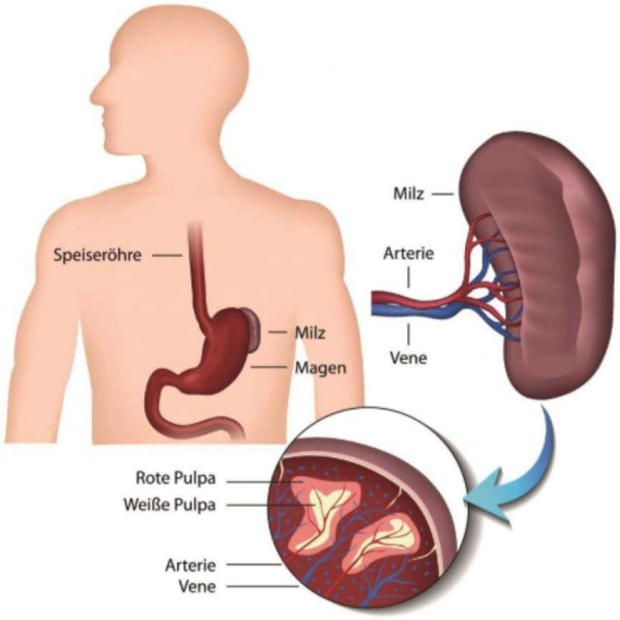


Abb.16: Die Anatomie der Milz

Die Milz hat nämlich drei grundlegende Aufgaben: die Vermehrung von Lymphozyten, die zu den weißen Blutkörperchen gehören, die Aussonderung von zu alten roten Blutkörperchen und außerdem ist die Milz ein wichtiger Speicherort für Monozyten, die ebenfalls Teil der weißen Blutkörperchen sind. Folglich arbeitet sie eng mit dem Blutkreislauf zusammen und spielt ebenfalls eine Rolle bei der Abwehr körperfremder Stoffe, weshalb sie bei Transplantationen manchmal entfernt oder ersetzt wird, um eine Abstoßung des eingesetzten Organs zu verhindern, obwohl sie auch manchmal zugunsten der Heilung anderer Krankheiten entfernt wird.

Die Milz zählt als Organ des lymphatischen Systems und liegt hinter dem Magen, also im linken Oberbauch unter dem Zwerchfell, über der linken Niere. Sie ist 150-200g schwer und etwa so groß wie eine geschlossene Faust. Genau wie die Nieren besitzt sie einen Hilus, hier auch Milzpforte genannt, durch die Blutgefäße und Nervenbahnen verlaufen, und kann mit einer bis mehreren Nebenmilzen versehen sein, doch das ist nur bei 5-30% der Menschen der Fall. Nebenmilzen haben denselben Aufbau und dieselben Funktionen wie die eigentliche Milz, entstehen durch eine fehlerhafte Verschmelzung während der Entwicklung und sind meist in der Nähe der Milzpforte zu finden. Die Milz selbst wird in zwei verschiedene Teile aufgeteilt: die rote und die weiße Pulpa. Pulpa ist ein lateinisches Wort und bedeutet übersetzt so viel wie Fleisch. Es bezeichnet ein weiches Gewebe, das auch in den Zähnen zu finden ist. Die weiße Pulpa, das eigentliche

Innenorgan, ist der lymphatische Teil des Organs, der auch einige Aufgaben des Immunsystems erfüllt. Ihren Namen verdankt die weiße Pulpa den weißlichen Milzfollikeln, die auch als Milzknötchen bezeichnet werden und aus denen sie besteht. Durch sie führen Arterien hindurch, die man als eine Art Verbindung zwischen der roten und der weißen Pulpa sehen könnte. Der Raum zwischen den Milzknötchen wird nämlich von Blut durchströmt. Dieser Teil wird rote Pulpa genannt, sie ist für die Entfernung schädlicher Partikel aus dem Blut mithilfe ihrer Fresszellen und für die Speicherung weißer Blutkörperchen und Blutplättchen, welche sie später wieder ausschütten kann, zuständig. Außerdem sorgt sie für den Abbau der alten roten Blutkörperchen, indem diese von Maschen abgefangen und von ihren bereits erwähnten Fresszellen beseitigt werden. Auch werden in der Milz verschiedene Blutzellen und andere Partikel abgebaut, zudem werden bis zum Alter von sechs Jahren dort auch rote Blutkörperchen gebildet. Diese Fähigkeit stellt sich mit der Zeit ab, kann aber infolge einer Krankheit wieder zurückerlangt werden.

2.4.3. Das Gehirn

Das Gehirn befindet sich im Schädel. Es ist ungefähr 1,5kg schwer und ähnelt von der Form her einer großen Walnuss, wegen den zahlreichen Windungen und Spalten. Es verarbeitet Sinneseindrücke und Informationen, außerdem schickt es Botschaften durch den ganzen Körper und ist für unser Denken, unser Fühlen, unser Gedächtnis und unsere Intelligenz zuständig. Es enthält etwa 11 Milliarden Nervenzellen und 1 Billion Stützzellen, die die Gewebe stabilisieren. Es besteht aus dem Großhirn, dem Zwischenhirn, dem Hirnstamm (mit dem Mittelhirn, der Brücke und dem verlängerten Mark, auch Nachhirn genannt) und dem Kleinhirn. Jeder dieser verschiedenen Abschnitte erfüllt unterschiedliche Aufgaben.

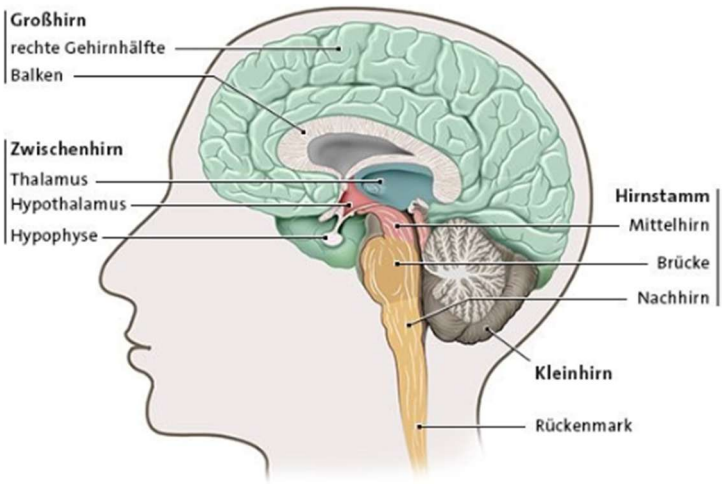


Abb.17: Die Bestandteile des Gehirns

Das Großhirn ist für die Kontrolle von Bewegungen und die Verarbeitung der Sinneseindrücke, also für die bewussten und unbewussten Handlungen und Gefühle, die Sprache, das Hören, die Intelligenz und das Gedächtnis zuständig und setzt sich aus der rechten und der linken Hirnhälfte zusammen. Diese sind durch ein Strang Nervenfasern verbunden, auch Balken genannt, und jede Hälfte besteht aus sechs Lappen mit unterschiedlichen Funktionen, wobei die linke Hälfte die rechte Körperseite und die rechte Hälfte die linke Körperseite steuert. Meistens kümmert sich die linke Hälfte außerdem um die Sprache und das abstrakte Denken und die rechte um bildhafte Zusammenhänge und räumliches Denken. Die Hirnrinde, also die äußerste Schicht des Großhirns, teilt die Aufgaben der linken und der rechten Hirnhälfte noch einmal auf, denn sie übernimmt Sprache und Vermittlung der räumlichen Stellung des Körpers.

Zu dem Zwischenhirn gehören der Thalamus, der Hypothalamus und die Hypophyse. Der Thalamus teilt dem Großhirn Sinneseindrücke mit und der Hypothalamus reguliert Hunger, Durst und Schlaf und kontrolliert den Hormonhaushalt, zusammen mit der Hypophyse, auch Hirnanhangdrüse genannt. Der Stamm des Gehirns ist dagegen für die Schaltung der Informationen von dem Kleinhirn zum Rückenmark zuständig und kontrolliert die Bewegungen der Augen, die Mimik und reguliert lebenswichtige Funktionen wie Atmung, Blutdruck oder Herzschlag. Das Kleinhirn selbst kümmert sich um das Gleichgewicht und um die Koordination der Bewegungen des ganzen Körpers.

Die Blutversorgung des Gehirns ist sehr wichtig, denn es benötigt ständig genug Sauerstoff und Nährstoffe und ist deshalb besonders gut durchblutet. Jede Hälfte des Gehirns wird von drei Arterien versorgt. Die vorderen und die mittleren Hirnarterien zweigen von der inneren Halsschlagader ab und versorgen einerseits das Gewebe hinter der Stirn und das im Bereich des Schädels, andererseits auch die seitlichen Gewebeteile und die weiter hinten liegenden Bereiche. Die hinteren Arterien kommen aus den Blutgefäßen der Wirbelarterien und versorgen sowohl den Hinterkopf als auch das Kleinhirn. Bevor die einzelnen Arterien in die ihnen zugeteilten Hirnregionen reichen, liegen sie nahe nebeneinander unterhalb des Gehirns und verzweigen sich dann. Um bis zu einem gewissen Punkt die lebensgefährlichen Durchblutungsstörungen zu verhindern, sind die einzelnen Arterienäste durch kleine Blutgefäße verbunden, die auch an weiter entfernten Stellen Verbindungswege bilden. Sollte ein Arterienast enger werden und nicht mehr genug Blut durchlassen, kann das Blut über Umwege in den betroffenen Hirnbereich geleitet werden und das Absterben eines Hirnbereichs verhindern.

3. Besondere Organe und Fähigkeiten von Tieren

Die Organe von Säugetieren funktionieren anders als die von Menschen oder haben teilweise andere Funktionen. Manche Tiere besitzen sogar mehr oder weniger Organe als wir. Die Ursache hierfür liegt in der Evolution, denn geht es immer vorrangig darum, so gut wie möglich an den eigenen Lebensraum angepasst zu sein, was bisweilen kleinere, aber auch größere Unterschiede der Organe und Organsysteme mit sich zieht.

3.1. Verdauungssystem

Bei den Verdauungssystemen von Säugetieren sind die Unterschiede zu anderen Tieren so groß wie bei sonst keinem, denn hier hat sich die Evolution am stärksten bemerkbar gemacht. Denn das Verdauungssystem entspricht immer der Nahrung, die verdaut werden soll. So unterscheidet sich die Verdauung von Pflanzenfressern, Fleischfressern und Allesfressern natürlich voneinander, auch innerhalb der Gruppe der Pflanzenfresser verdaut auch nicht jedes Säugetier gleich.

3.1.1. Vorderdarmverdauer

Zu den Vorderdarmverdauern zählen einige Tiere, darunter Wiederkäuer und andere Pflanzenfresser, wobei die Lamas, Kamele, Dromedare und Alpakas wie Wiederkäuer mehrere Mägen haben, jedoch nicht wiederkäuen. Faultiere, einige Beuteltiere, Blattaffen und Flusspferde zählen zwar ebenfalls zu den Vorderdarmverdauern, käuen jedoch auf keine Weise wieder und sind den Wiederkäuern auch in keiner Weise ähnlich. Doch alle verdauen ihre Nahrung, wie der Name schon sagt, in dem sogenannten Vorderdarm. Damit sind der Magen und der Dünndarm gemeint, als Hinterdarm bezeichnet man für gewöhnlich den Dick- und Blinddarm. Je nachdem, wie die Pflanzenfresser verdauen, so sind auch ihre Organe entsprechend angelegt und werden als Vorderdarm- oder Hinterdarmfermentierer bezeichnet. Beim Fermentieren werden Lebensmittel durch Bakterien oder Hefen haltbar gemacht, ohne Hitze und Sauerstoff zu benötigen. Dabei wandeln diese Mikroorganismen Zucker und Stärke in Alkohol oder Säure um. So können sie auch schwer verdauliche Nahrung zersetzen.

Interessanterweise sind Hoatzine, bunte Vögel mit der Größe eines Fasans aus den tropischen Regenwäldern Amerikas, die einzigen Vögel, die wie Säugetiere verdauen, nämlich auf die gleiche Weise wie andere Vorderdarmverdauer.

3.1.1.1. Wiederkäuer

Die Verdauung von Wiederkäuern, zum Beispiel die von Rindern, Schafen, Ziegen, Rehe, unterscheidet sich stark von der der Menschen, denn Wiederkäuer besitzen vier und nicht nur einen Magen. Sie heißen Pansen, Netzmagen, Blättermagen und Labmagen, und auf sie folgen noch der Dünn- und der Dickdarm.
Als erstes tritt die Nahrung in den Pansen ein, aber natürlich nicht, ohne vorher das Maul passiert zu haben. Doch auch das Gebiss der Wiederkäuer unterscheidet sich von dem der Menschen und der anderen Säugetiere, denn sie haben nur unten Schneide- und Eckzähne. Oben befindet sich die sogenannte Dentalplatte, ein stark verhornter, zahnloser Bereich. Beim Fressen umschlingen

Wiederkäuer die Pflanzen oder Gräser mit der Zunge, pressen Unter- und Oberkiefer zusammen und rupfen ihre Nahrung aus dem Boden. Nach nur wenig kauen, aber dafür viel Zufuhr von Speichel wird der Brei runtergeschluckt und gelangt in den Pansen, auch Rumen oder Zottenmagen genannt. Er ist der erste der Mägen und eigentlich so etwas wie eine große Gärkammer. Bei Rindern befindet er sich auf der linken Seite und füllt mit seinen 150-180l fast die ganze linke Seite der Bauchhöhle aus. Der Pansen wird in den oberen und der unteren Pansensack aufgeteilt und kann 50-60kg Futter aufnehmen, hinzu kommen noch die Magensäfte und der bereits hinzugefügte Speichel. Im Gegensatz zu unseren Mägen sorgen jedoch keine Drüsen für diese Säfte, sondern viele Milliarden Bakterien und Einzeller, die trotzdem insgesamt nur ungefähr 7kg wiegen. Sie bevölkern die Mägen von Wiederkäuern, die die zersetzende Säure nutzen, die von ihnen produziert werden. Nur auf diese Weise können die schwer verdaulichen Pflanzen gänzlich zersetzt werden. Doch auch diese effizienten Bakterien könnten diese Arbeit nicht allein schaffen, und aus diesem Grund müssen Wiederkäuer, wie der Name schon sagt, mehrmals wieder hochwürgen und erneut kauen. Bei diesem Vorgang werden die bereits stark durch Säure und Speichel angegriffenen Pflanzenreste durch das Zusammenziehen des Netzmagen wieder in das Maul befördert und zerkaut, dabei wird noch mehr von dem stark alkalischen [5] Speichel zugesetzt, der den pH-Wert der Säuren der Bakterien ungefähr auf ein neutrales 6,5 erhöhen soll.

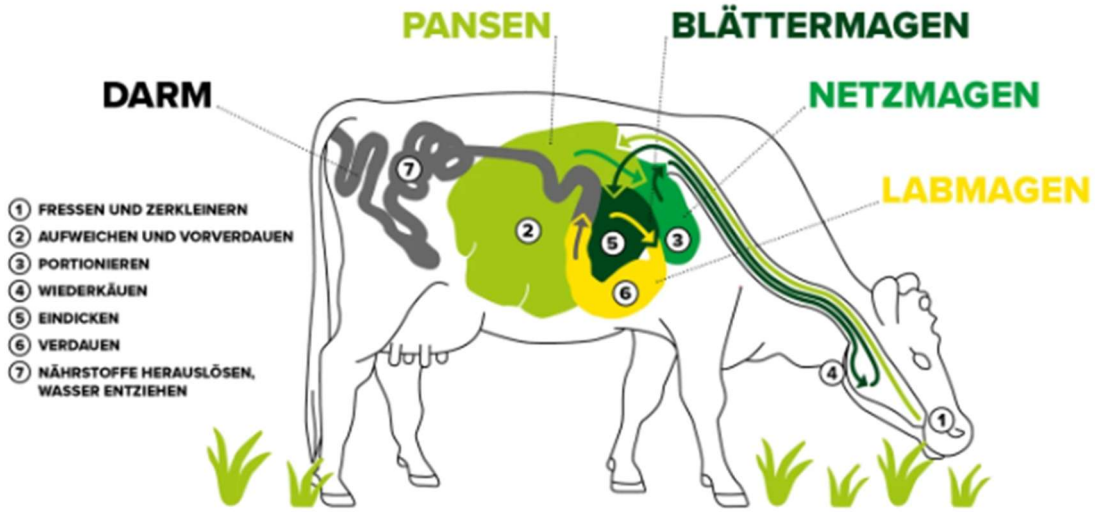


Abb.18: Die Mägen einer Kuh

Folglich würden Wiederkäuer nicht ohne rohfaserreiches und somit strukturiertes Futter überleben, denn ohne das dafür nötige Wiederkäuen und die Entstehung des Speichels würde dieser nicht mehr ausreichend produziert werden, und der Pansen würde durch die dort angesammelte Säure zerstört werden. Da ein Großteil der Nahrung von Wiederkäuern viel Zellulose (Zellulose beschreibt den Hauptbestandteil von pflanzlichen Zellwänden. Sie verleiht den Pflanzen Struktur und Festigkeit, und ist somit die häufigste organische Verbindung auf der Erde.) enthält, die für Menschen wie auch für alle anderen Wirbeltiere unverdaulich ist, sind diese Bakterien umso wichtiger, denn nur sie sind in der Lage Zellulose zu spalten. Dafür produzieren sie das Ferment und Enzym Zellulase, das aber auch nur 50-60% der Zellulose abbauen kann, die restliche Verdauung davon geschieht im Netzmagen. Doch im Pansen müssen auch noch andere Bestandteile des Futters von Wiederkäuern abgebaut werden, nämlich Stärke und Eiweiß. Die Stärke wird durch eine besondere Gruppe von Bakterien umgewandelt, die alle Kohlenhydrate zu Propion- und Buttersäure umbauen. Diese Säuren dienen dann zur Energieversorgung und werden im Pansen zu 95-100% verdaut. Das Eiweiß wird ebenfalls von Bakterien umgewandelt, in

diesem Fall zu Ammoniak, der auch in den Nieren der Menschen zu finden ist. Zusammen mit den Kohlenhydraten dient er den Bakterien als Nahrung, die sie benötigen, um Aminosäuren herzustellen. Dadurch wird die Bakterienmasse aufgebaut, die die Aminosäuren speichern, bis die Wiederkäuer die abgestorbenen Bakterien verdaut haben und die Säuren aufnehmen können. Durch diesen Vorgang sind Wiederkäuer unabhängig von Aminosäuren, die über die Nahrung aufgenommen werden.

Nachdem alle Verdauungsvorgänge im Pansen abgeschlossen sind, einschließlich dem Wiederkäuen, wird der Nahrungsbrei in den Netzmagen weitergeleitet, der auch noch Haube oder Reticulum genannt wird. Dieser liegt gleich neben der Stelle, an der die Speiseröhre in den Pansen mündet. Er kann sich stark zusammenziehen, womit er, wie bereits erwähnt, die Nahrung zum Wiederkäuen in den Rachen schiebt aber auch das ausreichend zerkleinerte Futter in den Pansen. Somit kontrolliert er praktisch den Vorgang des wiederholten Kauens und sorgt dafür, dass die Nahrung nur dann weitergeleitet wird, wenn sie auch fein genug ist. Ansonsten spielt er bei der Verdauung von Wiederkäuern nur eine untergeordnete Rolle, im Gegensatz zu dem Blättermagen, auch Psalter, Omasus oder Faltenmagen genannt. Dorthin gelangt der Nahrungsbrei erst nach einem bis drei Tagen im Pansen und im Maul. Er ist der letzte der Vormägen und nimmt Wasser und Nährstoffe auf, und auch dort wird noch ein wenig durch Bakterien oder Einzeller verdaut.

Der letzte der Mägen ist der Labmagen. Dort passiert das Gleiche wie in dem menschlichen Magen: Salzsäure löst die Struktur der Nahrungsbestandteile, Pepsin übernimmt die Spaltung der Aminosäuren der durch die Magensäure abgestorbenen Bakterien. So lange, bis alles genügend verdaut ist, um im Dünndarm alles Verwertbare und im Dickdarm wieder durch Bakterien auch noch den letzten Rest Nährstoffe und Wasser entzogen zu bekommen.

3.1.2. Hinterdarmverdauer

Nicht alle Pflanzenfresser unter den Säugetieren sind Vorderdarmverdauer. Diese andere Gruppe wird Dickdarmfermentierer oder Hinterdarmverdauer genannt. Sie haben nur einen Magen, und ihre Nahrung wird größtenteils im Dickdarm verdaut, wie schon zu vermuten ist.

Die mikrobielle Fermentation finden folglich in den Organen nach dem Dünndarm statt, also in dem Blind- und dem Dickdarm. Zu den Tieren, die auf diese Art verdauen, gehören Unpaarhufer (Pferde, Esel, Zebras, Tapire, Nashörner), Nagetiere (Meerschweinchen, Chinchillas, Mäuse, Ratten, Biber), Hasenartige (Hasen, Kaninchen) und sonstige Tiere, wie Elefanten, Koalas und Gorillas. Diese Tiere kann man wiederum in zwei Gruppen

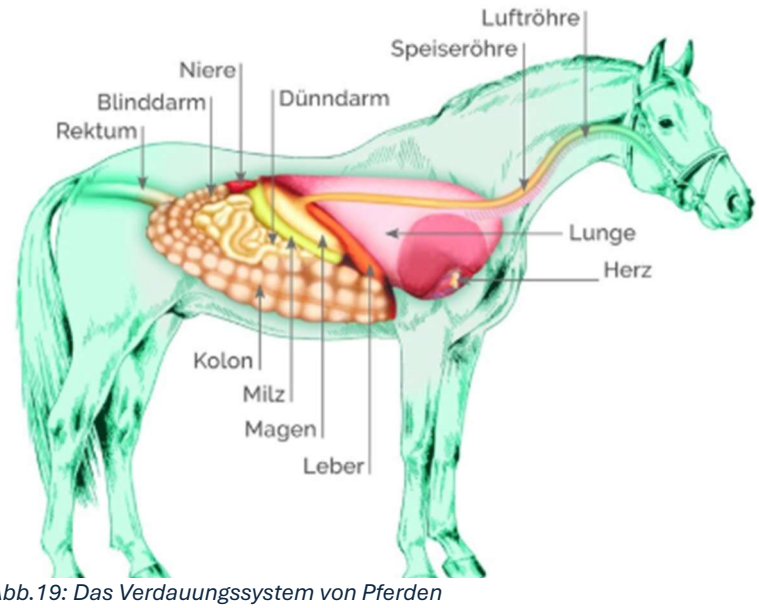


Abb.19: Das Verdauungssystem von Pferden

aufteilen, die Blind- und die Dickdarmverdauer, basierend auf der relativen Größe von den verschiedenen Verdauungsorganen im Verhältnis zum Rest des Systems. Erstere sind eher kleinere Tiere wie Kaninchenartige und Nagetiere. Außerdem haben sie im Vergleich zum restlichen Verdauungstrakt einen vergrößerten Blinddarm, in dem ein Großteil der Zelluloseverdauung stattfindet. Wohingegen zu den Dickdarmverdauern im engeren Sinne die größeren Arten wie Pferde zählen.

Die Blinddarmverdauer nutzen das Fäkum, also dem Übergang zwischen dem Dick- und dem Dünndarm, trotzdem ausgiebig und haben proportional gesehen einen längerer Dick- als Dünndarm. Hinterdarmfermentierer haben allgemein einen größeren und auch komplexeren Blind- und Dickdarm als Vorderdarmfermentierer. Somit haben diese Säugetiere einen Magen-Darm-Trakt, der zehn bis dreizehnmal so lang ist wie ihr eigener Körper, was an der hohen Aufnahme von schwer verdaulichen Pflanzen liegt, die mitunter auch Ballaststoffe enthalten können. Um aus diesen Ballaststoffen Nährstoffe zu gewinnen, müssen diese im sogenannten Fäkum fermentiert werden. Nachdem sie von den Blinddarmverdauern als Cecotrope (“Cecotrope” ist der Name für diesen besonderen Kot) wieder ausgestoßen wurden, werden sie von ihren Besitzern erneut verspeist und ein zweites Mal verdaut. Dieser Vorgang nennt sich Caecotrophie und nur auf diese Weise können die Blinddarmverdauer die lebenswichtigen Ballaststoffe im Dünndarm aus der Nahrung herauslösen und anschließend verwerten. Dieser Vorgang mit dem erneuten Verzehr von bereits verdauten Pflanzen ist dem Akt des Wiederkäuens auf gewisse Weise ähnlich und wird auch verwendet, um die Mikropopulation der Darmflora wiederherzustellen. Das Besondere ist dabei, dass einige Hinterdarmverdauer ihre Darmflora zeitweise ausstoßen, was während langen Ruhezeiten wie dem Winterschlaf von Nutzen ist. Die leichter verdaulichen Lebensmittel werden im Magen-Darm-Trakt verarbeitet und als gewöhnlicher Kot ausgeschieden. Trotz allem sind die Vorder- und Hinterdarmfermentierer angesichts der zahlreichen Unterschiede nicht gleich effizient, doch die Forscher sind sich noch uneinig, was im Grunde besser geeignet ist. Insgesamt gilt die Verdauung im Vorderdarm als effizienter, wobei bei der Hinterdarmfermentation den ganzen Tag über kleine Mengen an Nahrung aufgenommen werden können und auch minderwertiges Futter aufgenommen werden kann. Auf diese Weise haben die Dickdarmverdauer eine bessere Überlebenschance, da sie auch unter schlechteren Bedingungen überleben könnten, in denen solche Pflanzenfresser wie Wiederkäuer möglicherweise nicht genug zu fressen bekämen. Vorderdarmfermentierer brauchen außerdem viel Ruhe zwischen den einzelnen Mahlzeiten, die Hinterdarmfermentierer nicht benötigen, da sie meist öfters kleinere Mengen an Futter aufnehmen und so leichter essen und sich leichter bewegen können. Große Dickdarmverdauer nennt man übrigens auch Großfütterer, sie nehmen große Mengen nährstoffarmer Nahrung auf, die sie schneller verarbeiten als ähnlich große Vorderdarmfermentierer. Wegen diesem Vorteil sind die größten prähistorischen aber noch existierenden Pflanzenfresser, also Elefanten und Nashörner, Hinterdarmfermentierer, zudem fand das schnellste Wachstum der Körpermasse von Säugetieren im Laufe der Zeit ebenfalls bei den Tieren statt, die auf genau diese Weise ihre Nahrung verwerteten.

3.1.3. Fleischfresser

Fleischfresser, also Carnivoren, ernähren sich beinahe ausschließlich von Fleisch. Deshalb benötigen sie nicht einen solch komplizierten Magen-Darm-Trakt. Die Anforderungen an die Verdauungsorgane sind somit im Verhältnis zu der Verdauung anderer Tiere ziemlich klein, denn Fleisch ist reich an Nährstoffen und nicht so schwer zu verdauen wie Pflanzen. Um sich ernähren zu können brauchen sie vielmehr ein starkes Gebiss. Aus genau diesem Grund besitzen sie das sogenannte Raubtiergebiss, dass ihnen beim Zerreißen ihrer Beute behilflich ist. Anstatt wie Pflanzenfresser eher flache Backen- und Schneidezähne haben sie so spitze Eckzähne und scharfe Backenzähne, dass sie damit sogar Knochen brechen können, denn sie zermalmen und zerreiben ihre Nahrung nicht, sondern reißen sich große Bissen ab, um diese dann herunterzuschlucken. Im dem einhöhligen Magen mit einfachem Aufbau und in den kurzen Därmen wird die Nahrung dann verdaut, und das auf ähnliche Weise wie bei Menschen, nämlich mithilfe der Peristaltik, verschiedener Verdauungssäfte, Enzymen zum Aufspalten, dem Ablauf des Stoffwechsels und so weiter. (genauer Ablauf der Verdauung, siehe: 2.1. Das Verdauungssystem)

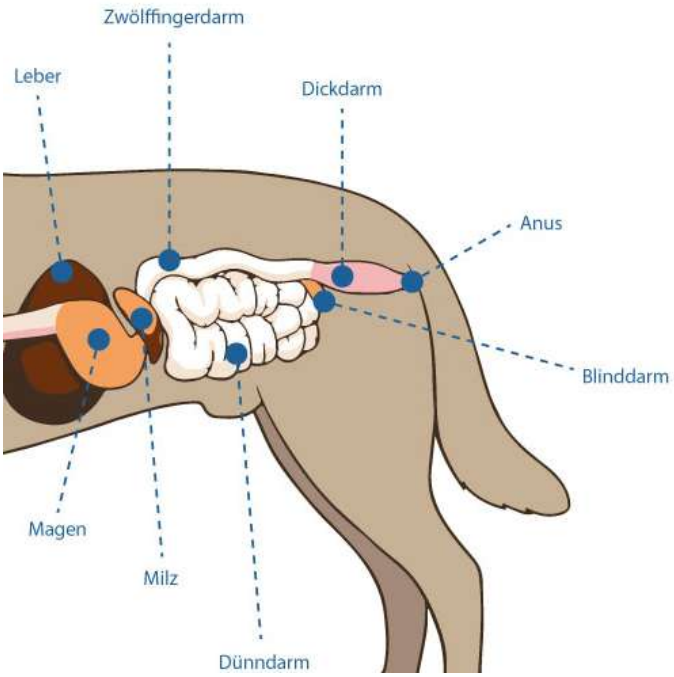


Abb.20: Das Verdauungssystem von Hunden

3.2. Kreislaufsystem (und Nieren)

Im Prinzip funktionieren die Kreislaufsysteme von allen Säugetieren gleich, jedenfalls mit nur geringfügigen Unterschieden, denn keiner von ihnen kann etwas anderes als Luft atmen. Dennoch gibt es feine Unterschiede beim Aufbau und Gebrauch der Lunge. Einer davon ist bei den Giraffen zu finden, deren Größe für ihre Körper einige Schwierigkeiten bedeutet, aber auch die Meeressäuger (siehe: 3.8. Meeressäuger) sind in verschiedener Hinsicht besonders.

3.2.1. Giraffen

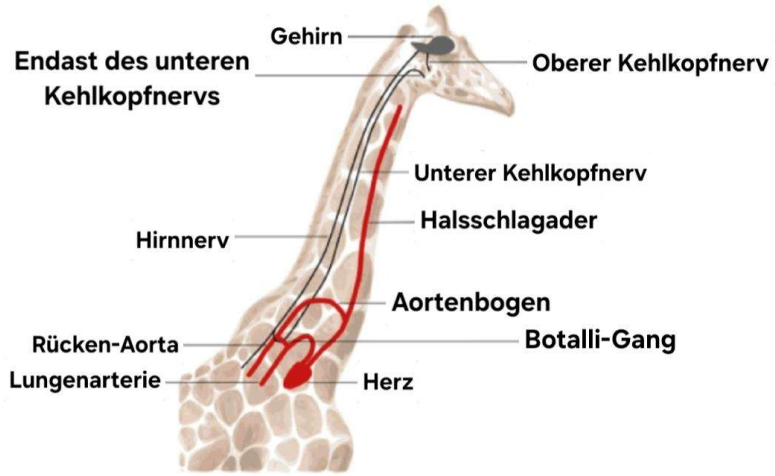


Abb.21: Die Adern zwischen dem Hirn und dem Herz einer Giraffe

Giraffen sind die höchsten aller Landsäugetiere. Ihre Größe kommt vor allem durch die langen Beine und den langen Hals zustande, insgesamt messen Giraffen vier bis sechs Meter. Doch genau diese beeindruckende Größe stellt auch eine große Herausforderung für ihren gesamten Körper dar, vor allem für ihr Kreislaufsystem, das den enormen Höhen standhalten muss. Wegen der Länge ihres Halses muss das Herz zusätzlich zu seiner ohnehin anstrengenden Aufgabe so auch noch gegen die Schwerkraft ankämpfen. Allein in dem Blut auf Herzhöhe entsteht schon ein ungewöhnlich hoher Druck, weshalb das Herz von Giraffen besonders leistungsstark sein muss, um für den erforderlichen Blutdruck zu sorgen, damit das Blut in den Kopf gelangen kann. Im Durchschnitt hat das Herz von Giraffen proportional gesehen ein ähnliches Gewicht wie das der Menschen, nämlich etwa 0,51% ihres eigenen Körpergewichts, in diesem Fall also 11-12kg. Der Blutdruck in den herznahen Arterien misst angesichts ihrer Höhe 280 zu 180 mmHg (Die Maßeinheit mmHg wird genutzt, um den Blutdruck zu messen, und steht für “Millimeter-Quecksilbersäule”). Mit diesen Werten haben Giraffen den höchsten Blutdruck aller Säuger, zum Vergleich, beim Menschen sind das 120 zu 80 mmHg. Der Mitteldruck in den Arterien im Kopf beträgt dann nur noch 75 mmHg, denn durch die Erdanziehung verliert er an Kraft und wird abgeschwächt, trotzdem ist er im Vergleich zu dem des Menschen (60 mmHg) immer noch sehr hoch. Auch die Herzfrequenz unterscheidet sich von der des Menschen, dessen zählt in Ruhe etwa 70 Schläge pro Minute, die der Giraffen 60-90. Im Galopp sind es sogar 175, und somit ungewöhnlich viele. Die Frequenz dieser Tiere weicht somit von der Regel ab, die besagt dass die Herzschläge bei zunehmendem Körpergewicht abnehmen. Aber nicht nur um das Blut in den Kopf zu bekommen muss das Herz schwer kämpfen, sondern auch, um es von den Füßen zurück in den Brustkorb zu transportieren. Dort misst der Blutdruck in den Arterien ganze 400 mmHg und ist damit doppelt so hoch wie beim Menschen. Die Arterien sind besonders dickwandig, auch ist die Haut an den Beinen besonders eng, sodass sie wie ein Kompressionsstrumpf wirkt (Diese besonderen Strümpfe üben einen Druck auf die Beine aus, womit sie den normalen Blutfluss unterstützen, denn durch den Druck werden Schwellungen wie

Thrombosen schon im Voraus verhindert, indem sie keinen Platz für sie bieten und das Blut stattdessen zurück zum Herzen befördern.). Beim Herunterbeugen des Kopfes, zum Beispiel um zu trinken, verändert der Blutdruck und ähnelt dann dem in den Füßen. Um lebensgefährliche Ansammlungen von Flüssigkeiten in der Nähe des Gehirns zu verhindern, befindet sich dort auch ein Netzwerk von elastischen Blutgefäßen, die bei einem derartigen Druckanstieg einen Teil des Blutes aufnehmen und die Adern im Gehirn so entlasten und einen Stau in den Venen zu vermeiden. Zudem befinden sich in den größeren Halsvenen besondere Klappen, ähnlich denen die sich auch beim Herz befinden (siehe: 2.2.3. Das Herz), die einen Rückfluss verhindern, allerdings wurden in den Halsarterien noch keine solchen entdeckt.

Doch nicht nur den Adern bereitet die Größe der Giraffen Schwierigkeiten, auch die Nieren müssen deswegen einige Schwierigkeiten bewältigen. Ein Blutdruck von 200 mmHg würde bei Menschen eine doppelt so hohe Filtration von Urin bedeuten, wegen dem hohen Druck, sodass die Nieren mit der Zeit zerstört werden würden, aber bei den Giraffen ist das nicht der Fall. Denn sie besitzen besonders starke Faszien und in dem Raum zwischen den Zellen (beispielsweise in den Nierenkanälchen) und Blutgefäßen ist der Druck ebenfalls sehr hoch, folglich wurde er dem Druck des Blutes angepasst. Zudem sind die Nieren- und Hohlvene am Eingang der Niere strukturell an den vergleichsweise hohen Venendruck (40 mmHg) angepasst. Das alles verringert den Druck der Filtration, denn nur so ist dafür gesorgt, dass der gesamte Organismus der Giraffen funktioniert wie er soll.

3.3. Leber

Die Lebern der meisten Säugetiere sind sehr ähnlich aufgebaut und weisen nur geringe Unterschiede zueinander auf. Manche sind nur unterschiedlich gelappt oder direkt mit dem Dünndarm verbunden.

3.3.1. Anders gegliederte Lebern

Da die Leber vor allem für die Verwertung und Speicherung von Nährstoffen, die Produktion von Galle und die Entgiftung zuständig ist, kommt es also auch ganz auf die Anforderungen an das Verdauungssystem, und somit die Gallenblase, die Nieren, die Blutgefäße und die Beweglichkeit der Wirbelsäule an, wie genau die Leber geformt, gelappt und aufgebaut ist und wie genau sie funktioniert. Wiederkäuer haben meist nicht so tief gelappte und dafür etwas kleinere Lebern, wohingegen die der Fleischfresser ziemlich stark gelappt ist. Zudem sind die Lebern der Wiederkäuer besonders stark auf die Neubildung von Zucker spezialisiert.

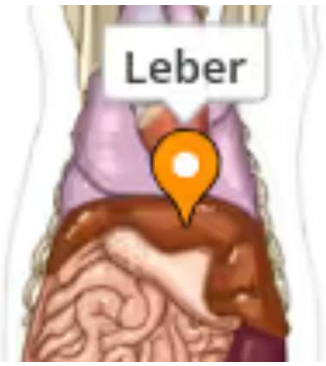


Abb.22: Die Leber eines Hundes

3.3.2. Fehlende Gallenblasen

Wenn bei manchen Tieren keine Gallenblase zu finden ist, dann ist das keineswegs ein Defekt, sondern eine Besonderheit der Art. Im Grunde ist die Gallenblase ja auch zu gar nichts anderem da, als um die Gallenflüssigkeit, die ständig aus der Leber geflossen kommt, zu sammeln und im richtigen Moment wieder abzugeben. Bei vielen Wiederkäuern ist deshalb, wie bereits erwähnt, überhaupt keine vorhanden, da keine genaue Dosierung nötig ist, wenn ständig Gallenflüssigkeit benötigt wird. Zu derartigen Tieren gehören sehr viele Vorderdarmfermentierer (Faultiere und Wiederkäuer wie Rotwild, Giraffen und Kamele), einige Hinterdarmfermentierer (Einhufer wie Pferde) und ein paar wenige Allesfresser (z.B. Ratten). Hier sind die fehlenden Gallenblasen kein Makel, sondern lediglich so unnütz, dass sie während der Evolution verschwunden sind. Somit sind sie sehr gut an ihre Lebensweise angepasst, und auch wenn das bei Menschen normalerweise nicht der Fall wäre, können sie auch ohne Gallenblasen überleben.

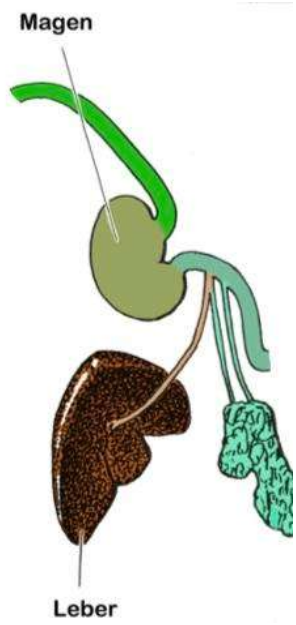


Abb.23: Die Leber und der Magen eines Pferdes

3.3.3. Die Lebern von Fleischfressern

Da die Aufgaben der Leber von vielen Faktoren abhängen, wie zum Beispiel der Nahrung, unterscheidet sich auch der Aufbau, die Größe, die Spezialisierung auf bestimmte Bestandteile der Nahrung, auf die Geschwindigkeit des Stoffwechsels und auf die Speicherung der Nährstoffe. Grundsätzlich haben die Lebern von Menschen und fleischfressenden Tieren die gleichen Aufgaben, aber die von letzteren sind auf proteinreichere Nahrung und nur wenig Kohlenhydrate angepasst, können den Stoffwechsel schneller durchführen, und sind nicht so empfindlich, was hohe Protein- und Fettmengen angeht. Von der Struktur sind sie denen der Menschen dennoch ziemlich ähnlich, auch wenn sie in der genauen Form und Anzahl der Lappen und ihrer Position manchmal gewisse Unterschiede aufweisen.

3.4. Fortpflanzung

Bei Säugetieren wächst der Embryo im Inneren der Gebärmutter, also im Mutterleib, heran. Über die Plazenta werden sie mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgt und werden nach ausreichender Entwicklung lebend geboren. Anschließend ernähren sie sich lange Zeit über die Milchdrüsen der Mutter, bevor sie auf feste Nahrung wechseln. Bei Säugetieren gibt es hier nur wenige Unterschiede, die einzigen Ausnahmen bilden Beutel- und Kloakentiere (siehe: 3.8. Kloakentiere).

3.4.1. Beuteltiere

Allgemein unterscheiden sich einige Organe der Beuteltiere von denen der Menschen. So haben Beuteltiere statt einer sogar zwei Gebärmütter, dafür aber keine oder nur eine sehr einfache Plazenta, außerdem ist ihr Gehirn nicht ganz so hoch entwickelt als das anderer Säugetiere.

Die Geburt und die Entwicklung von Beuteltieren, zu denen Kängurus, Opossums, Wombats, Koalas und Beutelteufel gehören, unterscheidet sich hingegen stark von denen der anderen Säugetiere. Die Tragezeit dauert nur 11-43 Tage, denn der größte Teil der Entwicklung passiert außerhalb der Gebärmutter. Denn wenn die jungen Beuteltiere über den Geburtskanal zur Welt kommen, sind sie noch sehr unterentwickelt. In diesem Zustand, in dem sie nur wenige Zentimeter lang sind, könnten sie ohne die Mutter nicht überleben. Lediglich die Vordergliedmaßen sind einigermaßen entwickelt, denn nach der Geburt müssen die Neugeborenen aus eigener Kraft zu den Zitzen der Mutter kriechen, die sich in dem Beutel befinden. Dort verbringen die Neugeborenen dann zusätzlich zu den Tagen im Bauch der Mutter selbst noch einmal mehrere Monate, 2-10 je nach Art, denn die Säugezeit ist bei Beuteltieren länger als bei anderen Säugetieren, da diese auch einen Großteil der Entwicklung miteinschließt. Am Anfang klammern sie sich nur mit dem Mund an eine der Zitzen und bleiben während den ersten Wochen dort fest mit ihr verbunden, am Ende verlassen sie diese sichere Zuflucht jedoch immer öfter, bis sie schließlich gelernt haben, ihr Leben draußen zu verbringen.

Abb.24: Fötus auf dem Weg in den Beutel

Abb.25: Neugeborenes Beuteltier im Beutel seiner Mutter

Der Beutel ist eine besondere Fortbildung des größten Organs: der Haut. Meistens befinden diese sich permanent in einem Beutel, manche Beuteltiere besitzen aber auch nur während der Tragezeit einen, und bei wiederum anderen ist gar kein Beutel vorhanden. Hier werden die Jungen nur vom Fell oder von Hautfalten geschützt. Auch die Anordnung der Beutel unterscheidet sich je nach Art, bei hüpfenden ist er vorne, bei kletternden oder auf allen vieren gehenden ist die Öffnung oft hinten. Das hat sich abhängig von den verschiedenen Lebensweisen so entwickelt, um dem Nachwuchs den besten Schutz und die besten Überlebenschancen zu sichern. Für gewöhnlich haben nur Weibchen einen Beutel, aber manche männlichen Schwimmbeutler (aus der Familie

der Beutelratten und von allen Beuteltieren am besten an das Leben im Wasser angepasst) besitzen ebenfalls einen, jedoch aus anderen Gründen.

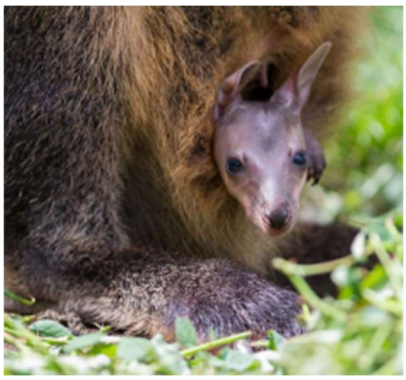


Abb.26: Kängurujunges, das aus dem Beutel herausschaut

Diese Art zu Gebären hat einige Vorteile im Vergleich zu anderen Säugetieren, auch wenn sie lange als primitiver eingestuft wurde. Tatsächlich ist die für die Weibchen anspruchsvolle und anstrengende Tragezeit verkürzt und im Falle des Todes des erstgeborenen kann erneut schnell ein Junges zur Welt gebracht werden, ohne dass die Paarungszeit bereits vorüber ist. Zwar ist der Aufwand an Kraft gleich wie bei anderen Säugetieren, jedoch über eine längere Zeitspanne verteilt und somit in der Gesamtbetrachtung weniger anstrengend für die Mutter.

3.5. Echoortung

Die Fledermäuse und die Meeressäuger orientieren sich mithilfe der Echoortung, auch wenn die beiden unabhängig voneinander entstanden sind.
Die Erklärungen zur Echoortung von Meeressäugern sind im Kapitel 3.9. Meeressäuger zu finden.

3.5.1. Die Fledermäuse

Doch im Gegensatz zu den im Meer lebenden Säugetieren haben sich die Hörorgane der Fledermäuse nicht groß verändert. Vom anatomischen Aufbau her gibt es kaum Unterschiede zu denen der Menschen, auch wenn die Ohrmuschel meist proportional viel größer ist und Fledermäuse viel höhere Töne hören können. Sie hören zwischen 9-200 Kilohertz (Kilohertz, abgekürzt kHz, ist eine Maßeinheit für Frequenzen. Hertz steht dafür, wie oft sich ein Vorgang wie eine Schwingung oder Welle innerhalb einer Sekunde wiederholt. Ein Kilohertz entspricht 1000 Schwingungen in einer Sekunde und ist somit ein Vielfaches der Einheit Hertz, also Hz.). Erwachsene Menschen können nur bis zu 18 Kilohertz hören, also nur deutlich tiefer. Der höchste Ton, den die Fledermäuse hören wäre etwa 3,5 Oktaven höher als der höchste für den Menschen. Die entsprechenden Rufe der Fledermäuse nehmen wir nur wenig wahr. In ihren Gehirnen kamen außerdem bestimmte Nerven dazu, um die Rufe und die Echos zu erkennen und zu deuten und sie haben auch besonders starke und dünne Stimmbänder, die ebenfalls notwendig für die Echoortung sind. Bei dieser werden nämlich Ultraschallwellen in die Umgebung ausgesendet, indem sie die Luft im Kehlkopf durch die Stimmbänder pressen, diese zu Schwingen beginnen und Schallwellen auslösen, die in der Kehle sogar noch verstärkt werden. Diese Schallwellen werden in alle Richtungen zugleich ausgesendet, stoßen an Objekte und werden reflektiert. Dann fallen sie zu dem Tier zurück, das so seine Umgebung erkennt. Anhand der Dauer, bis das Echo wieder zurückkehrt, können sie herausfinden, wie weit etwas entfernt ist, aber sie erkennen auch ob es sich bewegt und so eine mögliche Beute sein könnten. Dieser Vorgang geschieht tausendfach in Bruchteilen von Sekunden, und das die ganze Zeit während die Tiere aktiv sind. Mithilfe dieses Vorgangs wird den Fledermäusen eine viel höhere Reaktionszeit ermöglicht, sie misst nur 50-100 Millisekunden. Die der Menschen hingegen beträgt ganze 200-300 Millisekunden. Doch auch die Echoortung ist begrenzt, sie funktioniert nur über ein paar Meter problemlos, dafür ist sie aber viel genauer, als wenn die Fledermäuse ihre Augen benutzen würden. Tatsächlich sehen sie nur sehr schlecht und erkennen lediglich grobe Strukturen. Trotzdem sind sie Spitzenjäger von Insekten, denn sogar wenn sie mit einer Geschwindigkeit von 50km/h fliegen, können sie immer noch ihre gesamte Umgebung erkennen. So finden sie auch heraus, wo sie Wasser finden können, indem sie nach flachen Flächen Ausschau halten. Auf der Jagd und in Rufweite eines möglichen Beutetiers jedoch verändert sich ihr Rufen. Während der Fangsequenz erhöht sich ihre Anzahl zu 200 Rufen pro Sekunde. Im Normalfall sind das nur ungefähr zehn. Und auch, wenn bereits so viele Bereiche der Echoortung von Fledermäusen im Laufe der Zeit

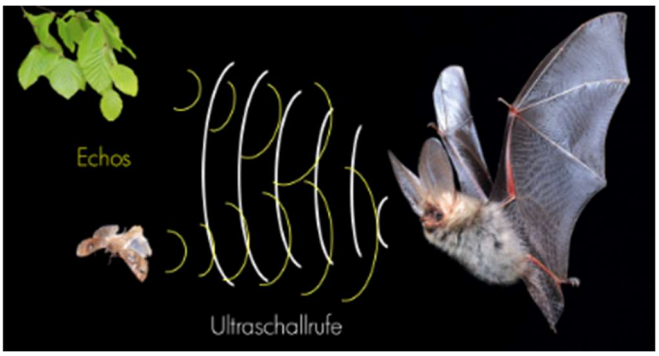


Abb.27: Die Ultraschallrufe einer Fledermaus und deren Echos

entschlüsselt wurden, so wird immer noch darüber geforscht, weil man herausfinden möchte, ob beim Rufen auch individuelle Informationen ausgesandt werden und ob diese von Artgenossen empfangen werden, folglich also zur Kommunikation dienen könnte. Auch wenn man sich bereits sicher ist, dass ihr Rufen hauptsächlich nur für die Echoortung genutzt werden, ist noch unklar, wie die Gehirne der Fledermäuse so viele Informationen auf einmal auswerten können, und das auch noch während dem Flug.

3.6. Giftige Säugetiere

Es gibt nur wenige Säugetiere, die tatsächlich giftig sind und nicht nur von Wehrsekreten (Unter Wehrsekreten versteht man die chemische Flüssigkeit, die von Tieren oder Pflanzen abgesondert werden, und der Verteidigung dienen.) Gebrauch machen, doch die Wenigen stammen allesamt aus drei Ordnungen: Primaten, Kloakentiere (siehe: 3.7. Kloakentiere) und Insektenfresser.
Die Erklärungen zur Giftigkeit der Kloakentiere sind im Kapitel 3.8. Kloakentiere zu finden.

3.6.1. Primaten

Abb.29: Plumploris imitieren mit dem Aussehen und ihrem Biss die Kobras

Von den Primaten sind manche der Plumploris im Besitz einer Giftdrüse an ihrem Arm, von der sie das dort produzierte Gift ablecken und beim Biss in ein Beutetiere injizieren. Im Grunde genommen ist es jedoch ebenfalls kein richtiges Gift, sondern lediglich ein Allergen (das ist ein Stoff, der bei verschiedenen Menschen oder Tieren eine allergische Reaktion auslöst, weil das Immunsystem ihn fälschlicherweise als gefährlich eingestuft hat), auch wenn die von ihnen zugefügten Bisswunden auch für Menschen tödlich sein können. Die genaue Bildung des Gifts ist noch unklar, auch wenn es sich vermutlich um die Sequestrierung[6] der Flüssigkeiten giftiger gefressener Insekten oder Spinnen handelt. Allerdings hat sich ihr Biss nicht zum Erlegen von Insekten entwickelt, sondern vielmehr zum Schutz von größeren Raubtieren, da die Plumploris das sogenannte “Müllersche Mimikry[7]” nutzen und sich, was den Biss und das Aussehen angeht, an Kobras orientieren.

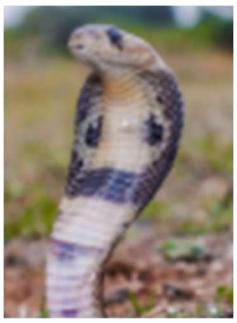


Abb.28: Zum Vergleich eine Kobra

3.6.2. Insektenfresser

Es gibt lediglich zwei Arten der Schlitzrüssler und mindestens vier Arten aus der Familie der Spitzmäuse, die giftig sind.
Die Insektenfresser nutzen ihr Gift zum Unterwerfen ihrer Beute, auch wenn auch hier das Gift eher selten ist. Diese Mäuse produzieren in ihrem Unterkiefer in einer besonderen Speicheldrüse das Gift Blarina-Toxin, wie gesagt nutzen sie es zur Schwächung der erbeuteten Insekten. Ebenso machen es auch die Schlitzrüssler, und genau wie bei den Spitzmäusen wird dieser gefährliche Speichel in der Unterkieferspeicheldrüse hergestellt.

Abb. 10: Mit seinem Gift schwächen Schlitzrüssler ihre Beute

Abb.31: Spitzmäuse produzieren Gift in ihrer Unterkieferspeicheldrüse

Bei ihnen jedoch läuft ihr Nervengift durch eine tiefe Furche an der Innenseite der unteren beiden Schneidezähne in die gebissene Wunde. Besonders ist auch noch, dass diese Tiere zuweilen auch größere Tiere erfolgreich jagen. Giftig zu sein bedeutet für jede Art besondere Vorteile, und auch wenn diese Besonderheit ihre Organe kaum beeinflusst, so ist es doch eine beeindruckende Fähigkeit.

3.7. Schweine

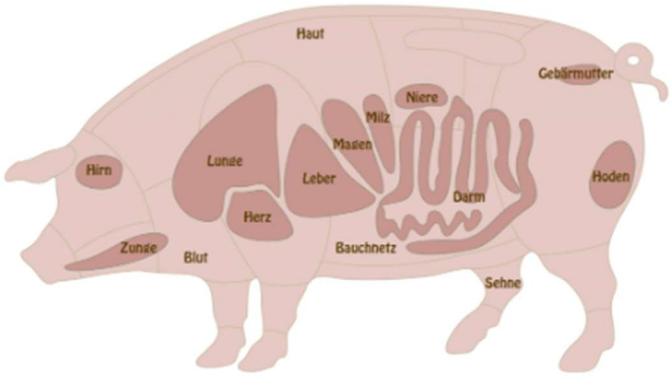


Abb.32: Die Lage der Organe von Schweinen

Schweine sind, wie auch wir Menschen allesfressende Säugetiere. Deshalb unterscheiden sich deren Organe viel weniger von unseren als die von Affen, die, obwohl sie näher mit uns verwandt sind, eher zu den Pflanzenfressern gehören. Schweine kauen nur einmal und werden im Allgemeinen als Hinterdarmfermentierer klassifiziert, da sie einen relativ großen Blinddarm haben. Auch der Rest ihres Verdauungssystems ähnelt dem unsrigen stark. Ein einzelner, einfacher Magen mit langem Dünndarm und eine mikrobielle Verdauung im Dickdarm. Auch das Kreislaufsystem unterscheidet sich von unserem kaum, in Bezug auf die Größe, die Frequenz und das Gewicht des Herzens im Vergleich zum Körpergewicht. Das Gleiche gilt für das Harnsystem und die anderen Organe.

Schweine werden aufgrund der Ähnlichkeiten der Organe oft für die Xenotransplantation verwendet. Bei dieser Art von Transplantation werden lebende Zellen, Gewebe oder Organen übertragen, allerdings zwischen verschiedenen Arten. In der Medizin wird damit nur die Transplantation vom Tier zum Menschen gemeint. Dieser Vorgang wird genutzt, da es zu wenige menschliche Spenderorgane gibt, und weil mit dieser Alternative viele Leben gerettet werden können. Schweine dienen schon seit einiger Zeit als Quelle für manche medizinisch benötigten „Ersatzteile“, zum Beispiel wurden bereits sehr oft Herzklappen (allerdings nur bei älteren Menschen, da die Klappen nur eine begrenzte Lebensdauer haben), Hornhaut und Hautteile von Schweinen genommen, um die von verletzten oder erkrankten Menschen zu ersetzen. Wegen der hohen Ähnlichkeit zu den menschlichen Organen, wird mit denen von Schweinen experimentiert, um herauszufinden, inwiefern diese die Xenotransplantation weiterbringen können. Sie könnten in Zukunft nämlich als Alternative für Spenderorgane dienen, von denen es immer zu wenig gibt. Bei einem Test eines Forscherteams an der NYU Langone Health in den USA gelang es Chirurgen,

Abb.33: Die Schweineniere wird in einen Menschen eingesetzt

eine Schweineniere an die Blutgefäße eines hirntoten Menschen anzuschließen, allerdings nachdem ein paar kleine Veränderungen an den Genen der Niere vorgenommen wurden. Das Wichtigste war, dass keine Abstoßreaktion erfolgte, sondern die Niere einwandfrei begann, Urin zu produzieren. Da die Niere sich bei dem Experiment nicht im Körper der Testperson befand, konnten die Forschenden sie während diesen drei Tagen dauerhaft beobachten, und jedes Anzeichen auf das Absterben der solchen festhalten. Dieses Experiment könnte die Entwicklung der Xenotransplantationen weiterbringen, und auch wenn Tierschützer diese Methode stark kritisieren, könnte sie in Zukunft die Lebenserwartungen von verschiedenen Menschen erhöhen.

3.8. Kloakentiere

Abb.34: Das Schnabeltier ernährt sich von Würmern, Krebstieren und Insektenlarven

Als Kloake bezeichnet man den gemeinsamen Ausgang von Verdauungs-, Harn- und Geschlechtsorganen, die normalerweise bei Vögeln zu finden ist. Deshalb sind Schnabeltiere und Ameisenigel eine Besonderheit, denn sie sind die einzigen unter den Säugetieren mit einer Kloake. Doch nicht nur in dieser Hinsicht ähneln sie den Vögeln, denn Kloakentiere sind auch noch die einzigen eierlegenden Säugetiere. Kloakentiere zählen trotzdem zu den Säugetieren, wegen bestimmten Merkmalen die Säugetiere als solche definieren, dazu gehören ein Fell, das Säugen der Neugeborenen und verschiedene anatomische Details wie der Bau des Kiefergelenks, die drei Gehörknöchelchen und noch andere. Die Kloakentiere stimmen in verschiedener Hinsicht mit dieser Definition überein, teilweise aber auch nicht. Beispielsweise sind ihr Schädel und ihr Bewegungsapparat anders aufgebaut und ihre auch die Kloake entspricht nicht einem Säugetier. Da sie aber lediglich in Australien und Neuguinea vorkommen, erklärt das, wieso sie sich in so vieler Hinsicht von anderen Säugetieren unterscheiden, da diese die Lebewesen auf diesen Inseln sich lange Zeit unabhängig von den von anderen Inseln entwickelt haben. So sind die Kloakentiere heute reich an Besonderheiten:

Abb.35: Der Ameisenigel ist nicht mit dem europäischen Igel verwandt

- Sie sind gleichwarme Tiere, haben aber eine niedrigere Temperatur als andere Säugetiere, ihre liegt bei 30-32°C.
- An ihrem langgestreckten Schädel befindet sich um die Schnauze eine lederartige Hülle mit Elektrorezeptoren (Elektrorezeptoren sind besondere Sinnesorgane, mit denen manche Tiere elektrische Felder wahrnehmen können.), die die Muskelbewegungen anderer Tiere wahrnehmen.
- Kaum eines der Kloakentiere hat eine Ohrmuschel.
- Die Gliedmaßen von Schnabeltieren sind beinahe parallel zum Boden, was für eine Fortbewegung sorgt, die der von Reptilien ähnelt.
- Ihre Hirnnerven sind aufgrund des andersartigen Baus ihrer Schädelwand anders angeordnet.
- Sie besitzen in ihrem ganzen Leben nur einen einzigen Zahn, den sie nutzen, um das Ei zu verlassen Nicht lange danach werden sie bei Schnabeltieren durch hornige Kauplatten ersetzt, während Ameisenigel aufgrund ihrer Ernährung überhaupt nichts Derartiges benötigen.
- Wie alle Säugetiere haben Schnabeltiere sieben Halswirbel, besonders ist jedoch, dass sie sogar am Hals Rippen besitzen.

- Beide Arten verfügen über einige Knochen, die sonst nur bei Vögeln oder Reptilien vorkommen.
- Männliche Schnabeltiere können über einen Sporn an ihrer Ferse Gift aus einer Drüse in ihrem Oberschenkel abgeben.
- Kloakentiere verfügen nicht über Zitzen, haben aber dennoch Milchdrüsen. Diese befinden sich auf dem sogenannten Milchdrüsenfeld, wohin die Milch abgesondert wird und die Jungen sie aufnehmen können.
- Bei Schnabeltieren bildet sich während der Tragezeit ein sogenannter Brutbeutel, in dem die Eier ausgebrütet werden, und der sich auch sonst von dem der Beuteltiere unterscheidet.
- Zudem sind einige Besonderheiten bei den Chromosomen von Kloakentieren entstanden, die sie nochmals von anderen Tieren absondern.

Was die inneren Organe angeht, so unterscheiden sich diese kaum von denen anderer Säugetiere, allerdings haben sie, von der Kloake einmal abgesehen, keine Drüsen im Magen, weshalb die chemische Verdauung gänzlich im Dünndarm stattfindet. Insgesamt sind die Kloakentiere einzigartig, auch wenn deren bloße Existenz lange angezweifelt wurde.

3.9. Meeressäuger

Abb.36: Verschiedene Walarten

Meeressäuger werden als aquatische Säugetiere bezeichnet, die sich so entwickelt haben, dass sie ohne das Meer nicht überleben können, also auf es angewiesen sind. Zu den Meeressäugern zählen Wale (zu denen auch Delfine gehören), Robben, Seekühe und Seeotter. Sie sind untereinander nicht näher verwandt und haben unterschiedlichste Vorfahren, weshalb auch ein Teil von ihnen, wie Seeotter und Robben, auch teilweise an Land leben, während andere von ihnen, wie Wale und Seekühe, allerdings nur im Wasser leben können, an Land würden sie sterben.
Meeressäuger verfügen über keine einheitlichen Merkmale untereinander, aber alle haben einen vergrößerten Körper und ihre Extremitäten haben sich im Vergleich zu Landsäugetieren zurückgebildet und stark verändert. Nur die Seeotter unterscheiden sich wenig von den Landsäugern, weshalb sie öfters, und auch hier, außen vor gelassen werden. Doch nicht nur die Extremitäten haben sich anders entwickelt, auch die Organe von Meeressäugern haben sich stark verändert. Denn was beispielweise die Lunge angeht, so musste diese zur Nutzung im Wasser angepasst werden. Ausnahmslos alle Säugetiere atmen über Lungen, und sind somit nicht imstande, etwas anderes als Luft einzuatmen. Aus diesem Grund haben sich sämtliche Organe auf lange Tauchgänge angepasst. Bei einem solchen müssen die Tiere, vor allem Wale, nämlich manchmal stundenlang ohne neuen Sauerstoff auskommen. In ihren Lungen befindet sich aus diesem Grund ein doppeltes Kapillarnetz, das es ermöglicht, doppelt so viel Sauerstoff zwischen den anderen Gasen herauszufiltern. Dazu kommen noch einige andere Anpassungen:

- Bei einem einzigen Atemzug werden 80-90% des Inhalts der Lungen ausgewechselt, bei Menschen und anderen Säugetieren sind das nur 10-15%.
- Die Speicherung von Sauerstoff in den Lungen ist vergleichsweise gering, da ungefähr 82% davon direkt ins Blut weitergeleitet werden.
- Das Blut kann wegen des hohen Anteils an Hämoglobin besonders viel Sauerstoff aufnehmen.
- Der Transport des Sauerstoffs ist wegen der 2-3fachen Blutmenge pro Kilogramm Körpergewicht effektiver.
- Während dem Tauchen wird der Sauerstoffbedarf des gesamten Körpers reduziert und einige Organe und Körperregionen werden gänzlich von dem Blutkreislauf abgekoppelt.
- In dieser Zeit verlangsamt sich zudem die Zirkulation des Blutes und das Herz schlägt langsamer.
- Wegen der abgesenkten Durchblutung geht auch wenig der körpereigenen Wärme an das Wasser verloren.

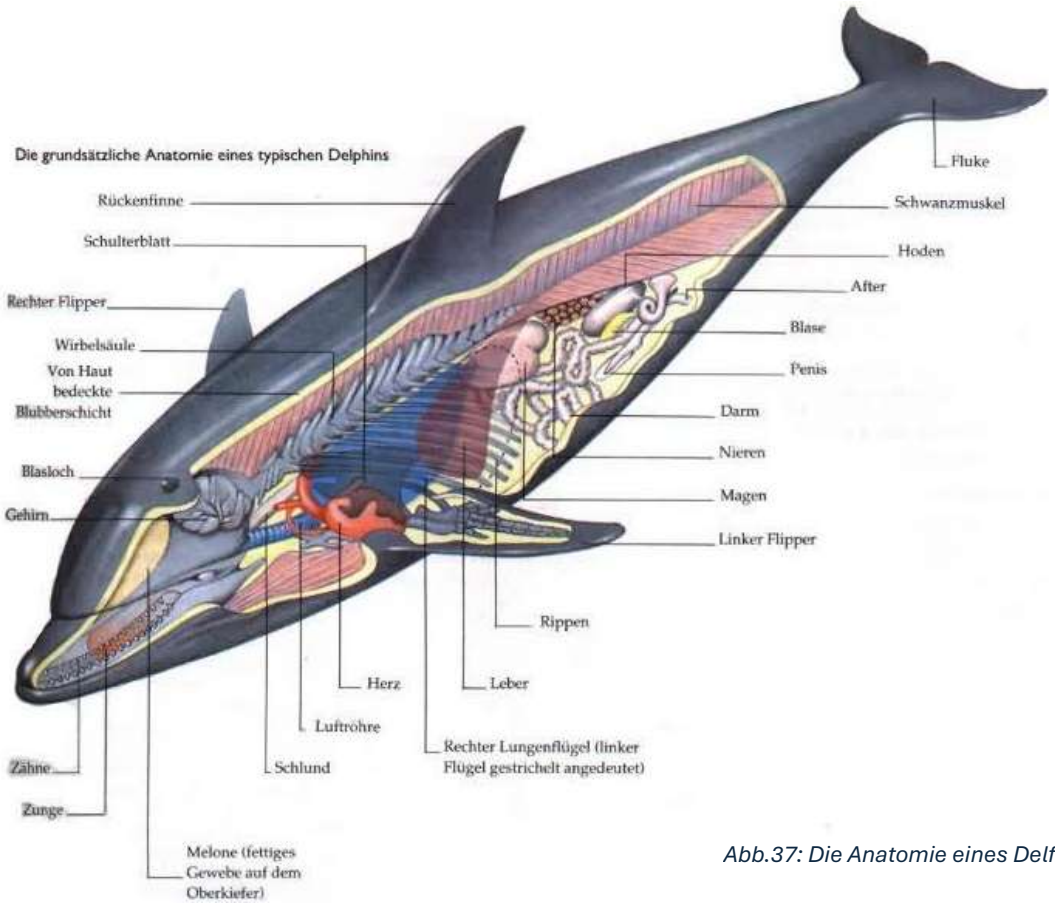


Abb.37: Die Anatomie eines Delfins

Wegen ihrer Lebensweise im Meer hat sich natürlich auch der Aufbau ihres Körpers verändert, sodass sie nicht durch den Mund atmen, sondern durch das Blasloch an der Oberseite ihres Schädels, sodass sie zum Luftholen nicht gänzlich an die Oberfläche kommen müssen, sondern nur ein Teil ihres Rückens aus dem Wasser auftauchen lassen. Weil sie im Meer leben, gibt es noch weitere Veränderungen als nur die des Kreislaufsystems, beispielsweise besitzen viele Walarten keine Gallenblasen. Viel mehr Arbeit mit den besonderen Umständen hat das Harnsystem, denn da das Meerwasser bekanntlich einen viel höheren Salzgehalt hat als das Wasser aus Flüssen oder Seen, müssen die Meeressäuger müssen folglich in der Lage sein, das gesamte überflüssige Salz auszuscheiden, da ihre Körperflüssigkeiten trotz ihrer Umgebung keinen höheren Salzgehalt aufweisen als die anderer Säugetiere. Das bedeutet, dass der von den Nieren produzierte Harn stark konzentriert sein muss, weshalb sich 150-300 Nierenlappen gebildet haben, die lang gestreckt an der Wirbelsäule liegen, damit sie ihrer Aufgabe gerecht werden können.

Doch auch die Meeressäuger haben noch eine weitere Besonderheit. Wie Fledermäuse (siehe: 3.5.1. Die Fledermäuse) orientieren sich manche Meeressäuger, vor allem Zahnwale, mithilfe der Echoortung, allerdings nicht aufgrund der Dunkelheit, sondern um sich auch in trübem Wasser zurechtfinden zu können. Außerdem tun sie das nicht mit Rufen, sondern mit Klicklauten. Diese Laute befinden sich oft bereits im Ultraschallbereich und werden durch Kopfbewegungen in verschiedene Richtungen gelenkt. Die von den Tieren produzierten Laute entstehen nicht im Kehlkopf, sondern im Kopf unterhalb des Blaslochs. Damit diese Geräusche entstehen, werden klicklippenartige Strukturen im Nasengang durch das Durchpressen von Luft zum Vibrieren gebracht. Anschließend wandern sie durch die Melone, einem fettigen Gewebe auf dem Oberkiefer, wo sie gebündelt und in die gewünschte Richtung gelenkt werden.

4. Schlusswort

In meinem *Travail Personnel* habe ich viele erstaunliche Eigenschaften der speziellen Organe bei Tieren beschrieben, wenn ich auch zugeben muss, dass es mir sehr schwer gefallen ist eine Auswahl zu treffen, weil es noch so viele andere interessante Tiere gibt. Die Evolution der Säugetiere hat wirklich tausend und noch mehr Möglichkeiten gefunden, wie sich Tiere optimal an ihr Umfeld anpassen können.
Beeindruckt hat mich auch, wie so komplexe Systeme zusammenarbeiten können. Scheinbar ohne dass wir etwas tun müssen, arbeiten unsere Organe wie eine große Maschine und erhalten uns am Leben, wo doch schon ein winziger Fehler schwerwiegende und irreparable Konsequenzen haben könnte.
Auch bei Besonderheiten, die auf den ersten Blick unsinnig oder unnötig kompliziert erscheinen, wie zum Beispiel die Fortpflanzung der Beuteltiere oder die Verdauung von Wiederkäuern, kann man schlussendlich durchaus einen Sinn erkennen.

Im Herbst konnte ich auch zusehen, wie ein Sika-Hirsch ausgeweidet wurde, was mich sehr fasziniert hat. Neben den Organen fand ich es auch interessant, wie der Mensch alle Teile eines Tieres verwenden kann. So wurde das Gehirn benutzt, um das Leder zu gerben und ich konnte aus einem Stück Beinknochen eine kleine Flöte schnitzen. Aus den Därmen wurden Seile und Würste hergestellt, aus dem Körper ein köstliches Mahl bereitet. Alles in allem war es ein sehr tolles Erlebnis, auch wenn es von der Art her ziemlich anders war.

In meinem *Travail personnel* hat mich auch der Aspekt der Xenotransplantation besonders begeistert und ich möchte gerne mehr darüber erfahren. Zuvor hatte ich noch nie davon gehört, und so fand ich dieses Thema schon nach einem kurzen Einblick äußerst interessant.

Schlussendlich möchte ich gerne meiner Tutrice Mme Cloos danken, die mich mit dem anatomischen Inhalt sehr gut unterstützt hat.

5. Anhang

5.1. Erklärung verschiedener Begriffe

1. **Das sensorische System**[1] (2.): Der Teil unseres Nervensystems, der alle Reize aus dem Körperinneren und aus der Umwelt aufnimmt und über ebendiese Nerven an das Gehirn weiterleitet, nennt man auch das sensorische System. Demnach umfasst es die Sinne Sehen, Hören und Riechen, aber auch Schmerz, Temperatur und Gleichgewicht.

2. **Enzym**[2] (2.1.1.): Enzyme sind biochemische Katalysatoren, meist Eiweiße, die die chemischen Reaktionen im Körper beschleunigen, ohne sich dabei zu verbrauchen. Beispielsweise sind sie im Speichel enthalten und spalten schon vor der Verdauung die Kohlenhydrate.

3. **Neutralisierung**[3] (2.1.3.): Bei dieser chemischen Reaktion heben sich eine saure und eine alkalische, auch basisch genannte, Lösung gegenseitig auf. Meist in der Chemie genutzt, bezeichnet es die Aufhebung unterschiedlicher Kräfte.

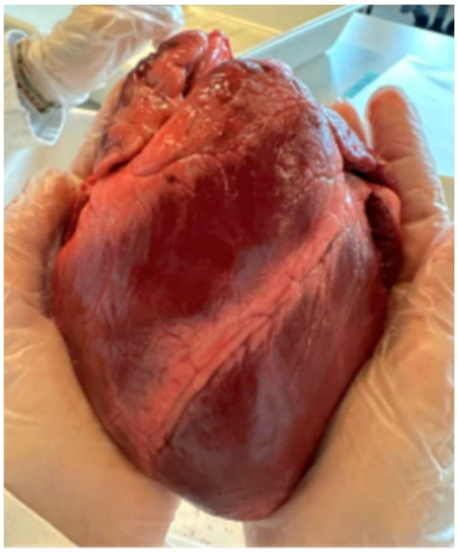
4. **pH-Wert**[4] (2.2.2.): Dieser Wert gibt an, ob eine Lösung eher sauer oder alkalisch ist. Dieser Wert wird auf einer Skala von null bis vierzehn angegeben, wobei die Abkürzung pH für die lateinischen Worte “pondus hydrogenii” stehen, was so viel wie “Gewicht des Wasserstoffs” heißt.

5. **Alkalisch**[5] (3.1.1.1.): Alkalisch ist ein anderes Wort für basisch und definiert Lösungen mit einem pH-Wert zwischen sieben und vierzehn. Es ist das Gegenteil von sauer und neutralisiert es.

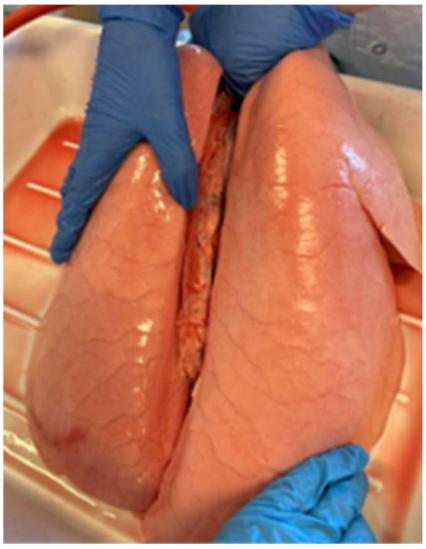
6. **Sequestrierung**[6] (3.5.2.): Sequestrieren bedeutet, etwas von etwas anderem abzutrennen oder abzusondern, und beschreibt so das Verfahren, bei dem etwas aus etwas anderem entfernt und woanders eingespeichert wird.

7. **Mimikry**[7] (3.5.2.): Als Mimikry bezeichnet man die Überlebensstrategien von Tieren oder Pflanzen, bei denen sie andere Arten nachahmen, um Fressfeinde oder Beute zu täuschen, aber im Gegensatz zu Mimese ahmen die Tiere nicht ihre Umgebung, sondern nur andere Arten nach. Verschiedene Arten des Mimikrys sind das Batessche Mimikry (Schutzmimikry), bei der etwas Harmloses etwas Gefährliches nachahmt, das Peckhamsche Mimikry (Lockmimikry), bei dem Lebewesen die anziehenden Signale ihrer Beute oder ihres Bestäubers imitieren, das Müllersche Mimikry, das dem Batesschen Mimikry ähnelt, bloß das in diesem Fall sowohl Vorbild als auch Nachahmer gefährlich sind, wodurch Raubtiere rasch lernen, beide zu meiden, und dann gibt es noch das Mertenssche Mimikry, bei dem sich tödliche, ungiftige und mäßig giftige Arten aneinander anpassen.

5.2. Bilder der Organe eines weiblichen Schweins



Das Herz

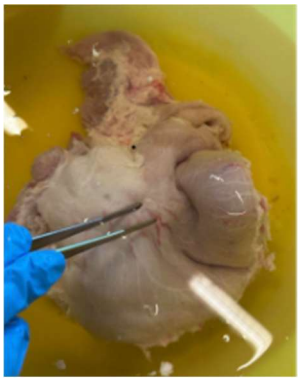


Die Lunge

Die Milz

Das Innere einer Niere

Die Leber und die Gallenblase



Der Magen

Die Bauchspeicheldrüse

Verdauungstrakt mit dem Gedärm

Der Blinddarm

After, Enddarm und Genitalbereich

Gebärmutter und Eierstöcke

5.3. Quellen

- Verdauung – Wikipedia
  Verdauungssystem, Verdauung: geöffnet am 18. Oktober 2025, letzte Bearbeitung der Seite 4. September 2025, Marke von Wikimedia Foundation Inc.
- Dünndarm – Wikipedia
  Verdauungssystem, Darm: geöffnet am 22. November 2025, letzte Bearbeitung der Seite am 20. Juni 2025, Marke von Wikimedia Foundation Inc.
- Darm – Wikipedia
  Verdauungssystem, Darm: geöffnet am 22. November 2025, letzte Bearbeitung der Seite am 20. September 2025, Marke von Wikimedia Foundation Inc.
- Wie funktioniert der Kreislauf? | Gesundheitsinformation.de
  Kreislaufsystem, kardiopulmonales und kardiovaskuläres System: geöffnet am 22. November 2025, letzte Aktualisierung 6. September 2023, Herausgeber: Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG)
- Wie funktioniert das Herz? | Gesundheitsinformation.de
  Kreislaufsystem, Herz: geöffnet am 13. Dezember 2025, letzte Aktualisierung 5. April 2023, Herausgeber: Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG)
- Die Lunge: Unser Atmungsorgan
  Kreislaufsystem, Lunge: Infoblatt Scite, 6C5 (2024/2025), Mme Laura Picco
- Der Blutkreislauf
  Kreislaufsystem, Blutgefäße: Engagement Scite, 6C5 (2024/2025), Laurie Choque & Célia Poos
- Wie funktionieren die Nieren? | Gesundheitsinformation.de
  Harnsystem, Nieren: geöffnet am 10. Januar 2026, letzte Aktualisierung 12. Januar 2022, Herausgeber: Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG)
- Harnblase – Wikipedia
  Harnsystem, Harnblase: geöffnet am 12. Januar 2026, letzte Bearbeitung der Seite 13. November 2025, Marke von Wikimedia Foundation Inc.
- Wie funktioniert die Leber? | Gesundheitsinformation.de
  Organe außerhalb der Organsysteme, Leber: geöffnet am 10. Januar 2026, letzte Aktualisierung 22. Februar 2023, Herausgeber: Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG)
- Milz – Wikipedia
  Organe außerhalb der Organsysteme, Milz: geöffnet am 10. Januar 2026, letzte Bearbeitung der Seite 17. Dezember 2025, Marke von Wikimedia Foundation Inc.
- Wie funktioniert das Gehirn? | Gesundheitsinformation.de
  Organe außerhalb der Organsysteme, Gehirn: geöffnet am 12. Januar 2026, letzte Aktualisierung 28. Juli 2021, Herausgeber: Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG)
- Foregut fermentation - Wikipedia
  Verdauungssystem, Vorderdarmverdauer: geöffnet am 20. März 2026, letzte Bearbeitung der Seite 24. September 2025, Marke von Wikimedia Foundation Inc.
- https://bauernhof.net/beitraege/verdauung-der-kuh
  Verdauungsystem, Wiederkäuer: geöffnet am 28. Februar 2026, geschrieben von Dr. Thomas Forstreuter, bauernhof.net, Westfälisch-Lippischer Landwirtschaftsverband e.V.
- Hintergutfermentation – Wikipedia
  Verdauungssystem, Hinterdarmverdauer: geöffnet am 28. Februar 2026, letzte Bearbeitung der Seite 28. Januar 2026, Marke von Wikimedia Foundation Inc.
- https://tierheilpraktiker.de/magazine/mein-tierheilpraktiker/alle-ausgaben/1-2016/ernaehrung-von-haustieren-fleisch-pflanzen-oder-allesfresser
  Verdauungssystem, Fleischfresser: geöffnet am 07. März 2026, geschrieben von Dr. Isa Foltin, Verband Deutscher Tierheilpraktiker e.V.
- https://science.orf.at/v2/stories/2774754/
  Kreislaufsystem, Giraffen: geöffnet am 01. März 2026, publiziert am17. Mai 2016, science.ORF.at

- Giraffen – Wikipedia
  Kreislaufsystem, Giraffen: geöffnet am 01. März 2026, letzte Bearbeitung der Seite 28. Februar 2026, Marke von Wikimedia Foundation Inc.
- Anatomie der Leber von Nagetieren und Menschen: Was sind die Unterschiede? - ScienceDirect
  Leber, anders gegliederte Lebern: geöffnet am 07. März 2026, veröffentlicht 2018, geschrieben von Peter Fickert und Martin Wagner, Elsevier B.V.
- Gallenblase – Wikipedia
  Leber, fehlende Gallenblasen: geöffnet am 08. März 2026, letzte Bearbeitung der Seite 16. Februar 2026, Marke von Wikimedia Foundation Inc.
- Leber (Fleischfresser) - DocCheck Flexikon
  Leber, Die Lebern von Fleischfressern: geöffnet am 08. März 2026, geschrieben von Mag.med.vet. Patrick Messner und Dr. Frank Antwerpes, DocCheck Community GmbH
- Beuteltiere – Wikipedia
  Fortpflanzung, Beuteltiere: geöffnet am 13. März 2026, letzte Bearbeitung der Seite 12. März 2026, Marke von Wikimedia Foundation Inc.
- Fledermäuse: Sehen mit den Ohren - Fledermäuse - Wildtiere - Natur - Planet Wissen
  Echoortung, Die Fledermäuse: geöffnet am 21. März 2026, Erstveröffentlichung 2017, letzte Aktualisierung 24. August 2020, Planet-Wissen
- Giftige Säugetiere – Wikipedia
  Giftige Säugetiere, Primaten & Insektenfresser: geöffnet am 21. März 2026, letzte Bearbeitung der Seite am 2. Juni 2024, Marke von Wikimedia Foundation Inc.
- Die Verdauung des Schweins – So wird Futter verwertet!
  Schweine: geöffnet am 28. Februar 2026, geschrieben von Dr. Thomas Forstreuter, bauernhof.net, Westfälisch-Lippischer Landwirtschaftsverband e.V.
- Hausschwein – Wikipedia
  Schweine: geöffnet am 14. März 2026, letzte Bearbeitung der Seite 8. Januar 2026, Marke von Wikimedia Foundation Inc.
- Transplantation vom Schwein zum Menschen
  Schwein, Xenotransplantation: geöffnet am 14. März 2026, geschrieben von Gudrun Heise am 21. Oktober 2021, dw.com (Gesundheit)
- Kloakentiere – Wikipedia
  Kloakentiere: geöffnet am 28. März 2026, letzte Bearbeitung der Seite 26. Dezember 2025, Marke von Wikimedia Foundation Inc.
- Meeressäuger – Wikipedia
  Meeressäuger: geöffnet am 28. März 2026, letzte Bearbeitung der Seite 21. Mai 2025 Marke von Wikimedia Foundation Inc.

5.4.Bildquellen

- **Mund und Speiseröhre:** Szintigraphie der Speiseröhre | Nuklearmedizin in Essen
  geöffnet am 14. April 2026, geschrieben von Dr. med. Katja Brandt-Mainz, Prof. Dr. med. Detlef Moka, Dr. med. Dr. rer. nat. Dirk-Armin Röhlen & Priv.-Doz. Dr. med. Verena Ruhlmann , NukMed, überörtliche Gemeinschaftspraxis für Nuklearmedizin
- **Magen:** https://www.gesundheitsinformation.de/wie-funktioniert-der-magen.html
  geöffnet am 3. Februar 2026, letzte Aktualisierung 31. Juli 2024, Herausgeber: Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG)
- **Dünndarm:** Dünndarm: Aufbau und Funktion | Medi-Karriere
  geöffnet am 14. April 2026, geschrieben von Robin Kaus, letzte Aktualisierung am 10. Oktober 2025, Medi-Karriere
- **Gallenblase und Bauchspeicheldrüse:** Wie funktioniert die Gallenblase? | Gesundheitsinformation.de
  geöffnet am 14. April 2026, letzte Aktualisierung am 10. März 2021, Herausgeber: Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG)
- **Därme:** https://www.aok.de/pk/magazin/koerper-psyche/verdauungssystem/der-darm-anatomie-aufbau-und-funktion/
  geöffnet am 23. März 2026, geschrieben am 5. April 2023, AOK - Gesundheitsmagazin
- **Der Weg der Nahrung:** https://medizin-und-menschen.de/magazine/mum19/der-darm-organ-der-superlative/
  geöffnet am 03. Februar 2026, geschrieben von Prof. Stephan Kanzler und Prof. Detlef Meyer, Leopoldina – Krankenhaus Schweinfurt
- **Lunge:** Lunge: Anatomie, Lage und Funktion | Medi-Karriere
  geöffnet am 14. April 2026, geschrieben von Jennifer Theißen, letzte Aktualisierung am 15. Oktober 2025, Medi-Karriere
- **Herz:** https://www.gesundheitsinformation.de/wie-funktioniert-das-herz.html
  geöffnet am 03. Februar 2026, letzte Aktualisierung 5. April 2023, Herausgeber: Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG)
- **Herzklappen:** https://www.gesundheitsinformation.de/wie-funktioniert-das-herz.html
  geöffnet am 03. Februar 2026, letzte Aktualisierung 5. April 2023, Herausgeber: Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG)
- **Die Blutgefäße:** Kreislaufgefäße
  geöffnet am 14. April 2026, Visible Body
- **Bestandteile des Blutes:** Zusammensetzung und Aufgaben von Blut | Gesundheitsportal
  geöffnet am 14. April 2026, letzte Aktualisierung 15. März 2023, erstellt durch Redaktion Gesundheitsportal, Öffentliches Gesundheitsportal Österreichs
- **Der Weg des Blutes:** https://www.gesundheitsinformation.de/wie-funktioniert-der-kreislauf.html
  geöffnet am 03. Februar 2026, letzte Aktualisierung 6. September 2023, Herausgeber: Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG)
- **Leber:** https://www.gesundheit.gv.at/krankheiten/leber/funktion.html
  geöffnet am 03. Februar 2026, letzte Aktualisierung 21. August 2025, erstellt durch Redaktion Gesundheitsportal, Öffentliches Gesundheitsportal Österreichs
- **Nieren:** https://www.gesundheit.gv.at/krankheiten/nieren-harnblase/basis-info.html
  geöffnet am 03. Februar 2026, letzte Aktualisierung 12. Dezember 2024, erstellt durch Redaktion Gesundheitsportal, Öffentliches Gesundheitsportal Österreichs
- **Milz:** https://www.leading-medicine-guide.com/de/anatomie/milz
  geöffnet am 03. Februar 2026, geschrieben am 06. Dezember 2022 von der Leading Medicine Guide Redaktion
- **Harnblase:** https://de.wikipedia.org/wiki/Harnblase
  geöffnet am 27. Februar 2026, letzte Bearbeitung der Seite 13. November 2025, Marke von Wikimedia Foundation Inc.

- **Gehirn:** https://www.gesundheitsinformation.de/wie-funktioniert-das-gehirn.html
  geöffnet am 27. Februar 2026, letzte Aktualisierung 28. Juli 2021, Herausgeber: Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG)
- **Verdauung Rinder:** https://www.landschafftleben.at/lebensmittel/rind/herstellung/fuetterung
  geöffnet am 28. Februar 2026, …
- **Verdauung Pferd:** Futter für dein Pferd direkt vom Hersteller - agrobs.de
  geöffnet am 14. April 2026, Agrobs GmbH & Co. KG, Degerndorf
- **Verdauung Fleischfresser:** Die Verdauung des Hundes im Überblick Frostfutter Perleberg Blog
  geöffnet am 14. April 2026, geschrieben am 21. Mai 2021, Frostperle, Magazin von Frostfutter Perleberg
- **Kreislaufsystem Giraffen:** Leben in XXL - scinexx.de
  geöffnet am 14. April 2026, geschrieben am 11. November 2022, scinexx. de
- **Anders gegliederte Lebern:** Leber - vet-natomy - IMAIOS
  geöffnet am 14. April 2026, vet-Anatomy, Anatomie der veteriärischen Bildgebung
- **Fehlende Gallenblasen:** Kolikuntersuchung | Universitäres Tierspital Zürich
  geöffnet am 17. April 2026, Universitäres Tierspital, Universität Zürich
- **Beuteltiere, Fötus auf dem Weg in den Beutel:** Kängurus klettern schon im Mutterleib - Klimmzüge mit den kräftigen Armen trainieren für den späteren Weg zum Beutel - scinexx.de
  geöffnet am 18. April 2026, aufgenommen von Kathleen Röllig, veröffentlicht am 18. März 2013, Scinexx.de
- **Beuteltiere, Neugeborenes in Beutel:** Atemberaubende Aufnahmen aus dem Mutterleib
  geöffnet am 17. April 2026, letzte Aktualisierung 6. März 2009, Rheinische Post
- **Beuteltiere, Junges Känguru:** Tiere: Kängurus: Kinderstube im Beutel - [GEOLINO]
  geöffnet am 18. April 2026, geschrieben von Katrin Arnholz, Geolino, Colourbox
- **Fledermäuse:** Die Lebensweise verschiedener Fledermausarten | Fledermausschutz
  geöffnet am 17. April 2026, Stiftung Fledermausschutz, Zürich
- **Giftige Säugetiere, Plumploris:** Regenwald-Tiere – Plumploris - Abenteuer Regenwald
  geöffnet am 17. April 2026, Abenteuer Regenwald, Hamburg
- **Giftige Säugetiere, Kobra:** Kleiner Junge trifft auf giftige Kobra und beißt zu | WEB.DE
  geöffnet am 4. Mai 2026, letzte Aktualisieung am 04. August 2025, WEB.DE, Getty Images/ePhotocorp
- **Giftige Säugetiere, Schlitzrüssler:** Der Schlitzrüssler im Video - DER SPIEGEL
  geöffnet am 17. April 2026, veröffentlicht am 11. Dezember 2009, Kamera: Philip Bethge
- **Giftige Säugetiere, Spitzmäuse:** Giftige Säugetiere
  geöffnet am 17. April 2026, geschrieben von Silke Menne, Tierchenwelt, 2008-2026
- **Schweine:** 55 Alltags-Produkte, von denen du nie vermuten würdest, dass Schwein drin ist
  geöffnet am 17. April 2026, Museum.BL, 2016-2026, Liestal
- **Schweine, Xenotransplantation:** Transplantation vom Schwein zum Menschen
  geöffnet am 17. April 2026, geschrieben von Gudrun Heise am 21. Oktober 2021, dw.com (Gesundheit)
- **Kloakentiere, Schnabeltier:** Naturdetektive für Kinder - www.naturdetektive.de: Schnabeltier und Ameisenigel
  geöffnet am 18. April 2026, Foto: 169169 / fotolia.de, Naturdetektive, Bundesamt für Naturschutz
- **Kloakentiere, Ameisenigel:** Ameisenigel - Tier-Steckbrief - für Kinder & Schule
  geöffnet am 18. April 2026, geschrieben von Silke Menne, Foto: Kristian Bell/Shutterstock, Tierchenwelt, 2008-2026
- **Meeressäuger:** 10th Conference - A World of Whales - Cetacea.de
  geöffnet am 18. April 2026, Poster von Pieter A. Folkens, World of Whales, Cetacea.de
- **Anatomie Delfine:** Bibliothek Tiere Wale und Delfine – C A S S I N I
  geöffnet am 24. März 2026, Cassini, Klassenseite, geschrieben von der Klasse 6A aus Gutschick