

## Wirbeltiere = Vertebrata

- x **Epidermis** aus mehreren Zellschichten; Dermis
- x **geschlossenes Blutgefässsystem** mit bauchseitig hinter der Kiemenregion gelegenen **Herzen**, das mindestens in Vorhof und Herzkammer gegliedert ist
  - Fische: zwei Arterienbögen  
sauerstoffarmes Blut aus Körper: Herz → *Kiemenbogenarterien* → Kiemen  
sauerstoffreiches Blut: Kiemen → Aorta → Körper
  - Amphibien: durchgehende Aortenbögen; doppelter Kreislauf, beide Kreisläufe aber nicht vollständig getrennt (Herzkammer nicht unterteilt → bessere Aufteilung der Blutmenge auf die beiden Kreisläufe z.B. bei Inaktivität)  
sauerstoffarmes Blut: aus Körpervenen → Herz (rechten Vorhof)  
sauerstoffreiches Blut: Lungenvenen → Herz (linken Vorhof)
  - Reptilien: nur noch je ein Aortenbogen ausgebildet; zwei Vorhöfe und eine unterteilte Herzkammer, doch Trennwand meistens nicht vollständig
  - Vögel/Säugetiere: nur noch rechter (Vögel) oder linker (Säugetiere) Aortenbogen; Herz: 2 Vorhöfe, 2 Kammern; beide Kreisläufe vollständig getrennt und hintereinander geschaltet  
sauerstoffarmes Blut: Körpervenen → rechter Vorhof → rechte Kammer → Lungenarterien → Lunge  
sauerstoffreiches Blut: Lunge → Lungenvenen → linker Vorhof → linke Kammer → Aortenbogen/Körperarterien → *Körpervenen*
- x **Gehirn**: aus dem vordersten Abschnitt des Neuralrohres
  - Hirnstamm: verlängertes Rückenmark, Brücke, Mittelhirn; Zentren für lebenswichtige vegetative Funktionen; ausser dem Riech- und Sehnerv entspringen alle Gehirnnerven dem Hirnstamm
  - Kleinhirn: Zentrum für Haltungs- und Bewegungskoordination (besonders wichtig für schwimmen, fliegen)
  - Mittelhirndach: im Wesentlichen als Seh- und Hörzentrum ausgebildet
  - Zwischenhirn: Steuerungszentrum aller vegetativer Prozesse im Körper; Hypothalamus, Parietalorgan, Epiphyse
  - Vorderhirn: urspr. Riechhirn; Grosshirnrinde übernimmt Funktion eines übergeordneten Integrationszentrums
  - Evolution:
    - Haie, Knochenfische, Vögel, Säugetiere: deutliche Vergrösserung des Hinterhirns (höhere Anforderungen an Bewegungskoordination durch schnelle Fortbewegung)
    - Vierfüsser: Vergrösserung des Vorderhirns (übergeordnetes Verarbeitungszentrum für sensorische und motorische Informationen: Entstehung von Sinnesempfindungen, Koordination komplexer Verhaltensweisen, Lernen, Gedächtnis...); rel. Anteil des Riechhirns nimmt damit ab
    - Vögel: grosse Sehhügel im Mittelhirn
    - Knochenfische: stark vergrössertes Mittelhirn (Sehzentrum und Schaltzentrum für Infos aus Seitenlinienorganen)
- x **Artenvielfalt**: Strahlenflosser – Vögel – Schlangen&Echsen – Säugetiere – Frösche – Knorpelfische – Schwanzlurche – Schildkröten – Blindwühlen - Kieferlose – Krokodile – Fleischflosser
- x **Kiefer**: Kieferbogen, Hyomandibulare
  - ausser Haie und einige Knochenfische: Kieferbogen auf die beiden Knochen reduziert, die das Kiefergelenk bilden
  - Vierfüsser: zusätzlich das Hyomandibulare stark reduziert (liegt nun im Mittelohr als Gehörknöchelchen)
  - Säugetiere: primäres Kiefergelenk ((ex. Kieferbogen) → Amboss, Steigbügel) durch sekundäres Kiefergelenk ersetzt
- x **Tetrapodenextremitäten**: proximaler Bereich (1 Knochen), mittlerer Bereich (2 Knochen), distaler Bereich (viele Knochen); Oberarm = Oberschenkel, Speiche = Schienbein, Elle = Wadenbein, Handwurzelknochen = Fusswurzelknochen, Mittelhandknochen = Mittelfusssknochen, Fingerglieder = Zehenglieder
- x **Extraembryonale Organe**: Dottersack, Allantois, Amnion, Chorion
  - Knochenfische/Amphibien: nur Dottersack vorhanden, Eihülle gallertig, durchlässig für Wasser, Atemgase, Stoffwechselabfälle
  - landlebende Wirbeltiere: Dottersack, Allantois<sup>1</sup>, 2 Embryonnhüllen (ausser Chorion, innen Amnion<sup>2</sup>),

1 Zweite Darmausstülpung, dient als embryonaler Harnsack; bildet zusammen mit Chorion ein gut durchblutetes Atemorgan

2 Flüssigkeitsgefüllt; schützt vor Austrocknung und dämpft Erschütterungen

- Reptilien/Vögel: Eihüllen bestehen aus einer Eihaut und einer ledrigen oder durch Kalkeinlagerungen gehärtete Eischale, die nur noch wenig wasserdurchlässig ist; Eiweiss dient vorwiegend der Wasserspeicherung
- plazentale Säugetiere: Eier dotterarm, Embryo schlüpft kurz nach der Befruchtung aus der Eihülle, Dottersack wichtiges blutbildendes Organ, Chorion + Allantois = embryonaler Teil der Plazenta, Chorionzotten sind Kontaktfläche zwischen mütterlichem und embryonalem Gewebe, Plazenta Ort des Stoffwechsels, Allantoiskreislauf übernimmt Blutversorgung der embryonalen Plazenta

## Kieferlose (Agnatha) – Fischartige – Anamnia (ohne Embryonalhüllen)

### Schleimaale

### Neunaugen

#### Charakteristika

- Saugmund mit *Hornzähnen* (Raspelzunge)
- Skelett aus Knorpel
- funktionelle *Chorda*
- Seitenlinienorgan
- Rücken- und Schwanzflosse
- Leibeshöhle
- 9 Augen = 7 Kiemenöffnungen, Auge (*Linsenauge*), Nasenöffnung
- eierlegend, indirekte Entwicklung
- als Larve Planktonfiltrierer im Süßwasser
- als Adulttier als Ektoparasit an Fischen im Süß- oder Meerwasser

### kiefertragend

### Knorpelfische = Chondrichthyes

#### Charakteristika

##### Unterschiede zu Knochenfischen

- Haut mit Hautzähnen (Placoidschuppen, wachsen nicht mit dem Fisch mit, sondern es bilden sich neue dazu)
- Skelett aus Knorpel (leichter als Knochenskelett)
- asymmetrische (heterocerke) Schwanzflosse
- meist vorgezogene Schnauzspitze, Mund unterständig
- nachwachsende Zähne (aus knochenähnlichen Substanzen)
- meist 5 Kiemenspalten + Spiraculum
- der Körper meist schwerer als Wasser: ohne aktives Schwimmen sinken die Tiere ab
- innere Befruchtung, mehrheitlich lebendgebärend
- leben fast ausschliesslich im Meer

##### Gemeinsamkeiten mit Knochenfischen

- Wirbelsäule übernimmt Stützfunktion (Chorda reduziert)
- zusätzlich zu den unpaaren Rücken-, Schwanz- und Afterflossen sind paarige Brust- und Bauchflossen vorhanden
- Mund mit Kiefern und Zähnen
- sehr gut ausgebildete Sinnesorgane: Augen, Geruchssinn, Innenohr, Seitenliniensystem, Organe zur Wahrnehmung schwacher elektrischer Felder

#### Systematik der Klasse Knorpelfische

Neoselachii	meist 5 Kiemenspalten
Ordnung Haie	Obere Schwanzflosse verlängert
Ordnung Rochen	Abgeplatteter Körper
Holocephali	
Ordnung Seedrachen	1 Kiemenöffnung

## Knochenfische = Osteichthyes

### Charakteristika

#### Unterschiede zu Knorbelfischen

- drüsenreiche Haut mit Knochenschuppen (darunter); Elasmoidschuppen wachsen mit dem Fisch mit
- Skelett meist aus Knochen
- meist symmetrische (homocerke) Schwanzflosse
- Mund häufig endständig
- Kiemen in gemeinsamer Kammer, bedeckt durch beweglichen knöchernen Kiemendeckel (4 paar Kiemen)
- Schwimmblase: ermöglicht Schweben im Wasser ohne aktives Schwimmen; fehlt zum Teil bei bodenlebenden oder schnell schwimmenden Arten (z.B. Thnfischen)
- mehrheitlich äussere Befruchtung, eierlegend
- im Meer und im Süsswasser verbreitet

#### Gemeinsamkeiten mit Knorbelfischen

- Wirbelsäule übernimmt Stützfunktion (Chorda reduziert)
- zusätzlich zu den unpaaren Rücken-, Schwanz- und Afterflossen sind paarige Brust- und Bauchflossen vorhanden
- Mund mit Kiefern und Zähnen
- sehr gut ausgebildete Sinnesorgane: Augen, Geruchssinn, Innenohr, Seitenliniensystem, Organe zur Wahrnehmung schwacher elektrischer Felder

### Systematik der Klasse Knochenfische

Strahlenflosser	Fleischteil der Flosse gering
Flösselhechte	
Störe und Löffelstöre	Gestalt eher Hai förmig
Knochenhechte	Gestalt hechtähnlich
Kahlhechte	
höhere Knochenfische	Elasmoidschuppen, sehr bewegliche Brust- und Bauchflossen, starke Verknöcherung des Innenskeletts, oft Geräten zB Lachs, Rotaugen, Heilbutt, Anglerfisch, Seepferdchen
Fleischflosser	Fleischteil der Flossen umfangreich
Hohlstachler	lebendes Fossil
Lungenfische	leben im Süsswasser, besitzen neben Lungen auch Kiemen

## Landwirbeltiere = Tetrapoda

die äussersten Zellen verhornen und bilden eine schützende Hornschicht

## Amphibien = Lissamphibia

### Charakteristika

#### Adulttiere

- nackte, drüsenreiche Haut (Schleim- und Giftdrüsen)
- meist 4 Beine, häufig 4 Finger und 5 Zehen (auch beinlose Formen)
- tragende Gliedmassengürtel: Beckengürtel über 1 Wirbel (Kreuzwirbel) mit Wirbelsäule verbunden
- u-förmiger Schultergürtel mit Wirbelsäule beweglich über Muskeln und Sehnen verbunden; Rippen kurz oder fehlen (kein Brustkorb)
- Nasenhöhlen stehen in Verbindung mit Mundhöhle (Riechen und Atmung)
- Gasaustausch in Lungen und durch Haut (geringe Verhornung, starke Durchblutung, feucht dank Drüsen)
- doppelter Blutkreislauf, Herz: 2 Vorhöfe, 1 Herzkammer
- guter Geruchssinn; Gehör: Mittelohr mit Gehörknöchelchen zur Schallübertragung
- mehrheitlich eierlegend, innere oder äussere Befruchtung, indirekte Entwicklung (≠ Reptilien)
- mehrheitlich landlebend

#### Larven (Unterschiede)

- Kiemenatmung
- im Süsswasser lebend
- mit Seitenliniensystem

## Systematik der Klasse Amphibia

Ordnung Schwanzlurche	langgestreckte Körperform, langer Schwanz, kurze Beine z.B. Salamander
Ordnung Froschlurche	schwanzlos, Hinterbeine als Sprungbeine verlängert z.B. Frösche, Kröten
Ordnung Blindwühlen	extremitätenlos

## Amniota (mit Embryonalhüllen)

Schädel gegenüber Rumpf durch die spezielle Ausbildung der ersten beiden Halswirbel beweglich  
Saugatmung (vorher Luftschlucken = Druckatmung)

## Reptilien = Reptilia

### Charakteristika

- Starkt verhornte, drüsenarme Haut, meist mit unterschiedlich geformten Hornschuppen (oberflächlich verhornte Hautfalten) bedeckt
- meist 4 Beine mit 5 Fingern/5 Zehen (Beine können auch fehlen)
- verstärkte Gliedmassengürtel: Schultergürtel ist mit Brustbein, Beckengürtel mit mind. 2 Kreuzwirbel verbunden
- unvollständig getrennter doppelter Blutkreislauf
- Brustkorb mit Brustbein und Rippen: ermöglicht Saugatmung; nur Lungenatmung (keine Hautatmung)
- Sehsinn und Geruchssinn meist gut entwickelt, Gehör: Mittelohr, z.T. (Krokodile, viele Echsen) auch äusserer Gehörgang durch eingesenktes Trommelfell
- innere Befruchtung; vorwiegend eierlegend: die Eier werden stets an Land abgelegt (ledrige oder verkalkte Eischale, Embryonalhüllen)
- direkte Entwicklung (kein Larvenstadium)
- wechselwarme Tiere

## Systematik der Klasse Reptilia

Ordnung Schildkröten	körperumschliessender Knochenpanzer, besteht aus Haut- und Skelettknochen (Rippen, Brustbein, Schlüsselbein), keine Zähne sondern schnabelähnlicher Hornüberzug der Kiefer
Lepidosauria	periodische Häutung, spontanes Abwerfen des Schwanzes bei Gefahr
Ordnung Brückenechsen	lebendes Fossil, lebt in Neuseeland
Ordnung Schlangen & Echsen	paarige Kopulationsorgane, gespaltene Zunge; Echsen: z.T. beinlos, vorwiegend landlebend zB. Geckos, Schleichen, Varan; Schlangen: Beine reduziert (äusserlich beinlos), Augenlider verwachsen, äusserer Gehörgang und Trommelfell fehlen, oft linke und rechte Kieferhälfte nicht miteinander verwachsen zB. Nattern, Vipern
Archosauria	
Ordnung Krokodile	seitlich abgeflachter Ruderschwanz, verschliessbare Nasenöffnungen, Unterlagerung der Lederhaut durch Knochenplatten, 2 <i>vollständig getrennte Herzkammern</i> , Steuerung des Blutflusses aber immer noch möglich, leben
amphibisch	

## Vögel = Aves

### Charakteristika

- Federn (aus Verdickung der Epidermis, aber tot); Haut mit wenigen Ausnahmen (Bürzeldrüse) drüsenlos; Beine mit Hornschildern bedeckt
  - Hinterbein mit Laufknochen (verschmolzene Fusswurzel- und Mittelfussknochen), Fuss mit höchstens 4 Zehen, Zehenstellung variabel: 1. Zehe meist nach hinten gerichtet
  - Augen und Gehör (äusserer Gehörgang) gut ausgebildet, Geruchssinn oft wenig entwickelt
  - innere Befruchtung, ohne Ausnahme eierlegend
  - Brutpflege: Bebrüten der Eier, Betreuung der Jungen
  - Entwicklung der Jungen: Nestflüchter – Nesthocker
- Morphologische Anpassungen ans Fliegen, Flugapparat**
- leichte Knochen (z.T. mit Luft gefüllt)
  - grosses Brustbein (Ansatz der Flugmuskeln)
  - gute Verankerung des Schultergürtels; Schlüsselbeine im unteren Teil miteinander verwachsen und bilden das Gabelbein
  - Umwandlung der Vorderextremitäten zu Flügeln; Reduktion im Handbereich, nur mittlerer Finger kräftig ausgebildet (Ansatz Handschwingen)
  - Hals relativ lang und beweglich
  - leichter Hornschnabel, keine Zähne; spezielles Stimmorgan (Syrinx)

**Physiologische Anpassungen ans Fliegen**

- spezielle, sehr effiziente Atmung: formkonstante Lunge, Luftsäcke als Luftspeicher; Gasaustausch im Gegenstromprinzip mit feinen Blutkapillaren, findet in den Lungen beim Ein- und Ausatmen statt (vereinfacht)
- effizienter Blutkreislauf: vollständig getrennter doppelter Blutkreislauf (linker Aortenbogen reduziert)
- hohe, konstante Körpertemperatur durch Stoffwechselwärme (Endothermie)

**Säugetiere = Mammalia****Charakteristika**

- Haare, drüsenreiche Haut
- sekundäres Kiefergelenk, 3 Gehörknöchelchen
- verschiedene Zahntypen (heterodontes Gebiss), 1 Zahnwechsel: Milchgebiss, Dauergebiss
- muskulöses Zwerchfell zur Unterstützung der Atmung
- effizienter Blutkreislauf: vollständig getrennter doppelter Blutkreislauf (rechter Aortenbogen reduziert)
- Thermoregulation: hohe, konstante Körpertemperatur durch Stoffwechselwärme (Endothermie)
- guter Geruchssinn, feiner Gehörsinn: äusseres Ohr (Ohrmuschel) als Schalltrichter
- eher Nachtaktiv
- überwiegend lebendgebärend (nur Kloakentiere eierlegend); Embryonalhüllen bilden spezielle Kontaktzone für den Stoffaustausch mit dem mütterl. Gewebe (Plazenta)
- Milchdrüsen zur Ernährung der Jungen

**Anpassungen ans Laufen**

- Beine stehen direkt unter dem Rumpf (Diff. zu Reptilien) → Veränderung im Schultergürtel: Vorderbein steht direkt unter Schulterblatt (trägt nun Gewicht), mittlere Verbindung reduziert auf die Schlüsselbeine, die mit Brustbein verbunden sind (bei Raubtieren und vielen Nagetieren auch diese reduziert, bei Huftieren fehlen sie vollständig) → grössere Beweglichkeit, vergrösserte Schrittlänge und federnde Wirkung der Vorderbeine
- Fussbereich oft verlängert und der Bodenkontakt auf die Zehen oder sogar Zehenspitzen reduziert
- Wirbelsäule relativ beweglich; Verwachsungen ausschliesslich im Bereich der Kreuzwirbel; nur die Brustwirbel tragen Rippen + Brustbein = Brustkorb

**Charakteristika Kloakentiere**

- eierlegend
- Milchfett (keine Zitzen)
- Hornschnabel (keine Zähne)
- Kloake (Harnleiter, Darm, Eileiter münden in gemeinsame Körperöffnung)

**Charakteristika Beuteltiere**

- kurze Tragzeit (max 1 Monat)
- lange Entwicklung im Beutel

**Charakteristika Plazentatiere**

- Chorioallantois-Plazenta zur Versorgung des Embryo
- lange Tragzeit, hohes Geburtsgewicht
- Nesthocker - Nestflüchter

**Spezielles****Unterschied Unpaar- / Paarhufer**

- **Unpaarhufer:** Gewicht auf dem 3. Zeh
- **Paarhufer:** Gewicht auf dem 3. und 4. Zeh

**Unterschiede der hinteren Extremitäten**

- **Sohlgänger:** Gewicht auf der Sohle nicht sehr schnell zB Affe, Bär
- **Zehengänger:** Gewicht auf den Zehen schnell und leise zB Hund, Katze
- **Spitzengänger:** Gewicht auf der Zehenspitze angepasst auf unebenes Gelände zB Pferd, Esel, Zebra

**Systematik der Klasse Mammalia**

## Prototheria

Kloakentiere Schnabeltier, Schnabeligel

## Theria

Beuteltiere zB. Känguruhs, Beutelmäuse, Opossum

Plazentatiere zB. Nacktmull, Schimpanse, Erdferkel, Afrikanischer Flughund, Buckelwal