

Vorlesung Allgemeine Zoologie I

Teil: “Cytologie, Anatomie und Phylogenie der Wirbeltiere”

Prof. Dr. Uwe Wolfrum,
Institut für Zoologie, Zell und
Matrixbiologie (Abt. 1)



Funktionseinheiten des Lebens:

Die Zelle: *(1. Teil der Vorlesungsrunde)*

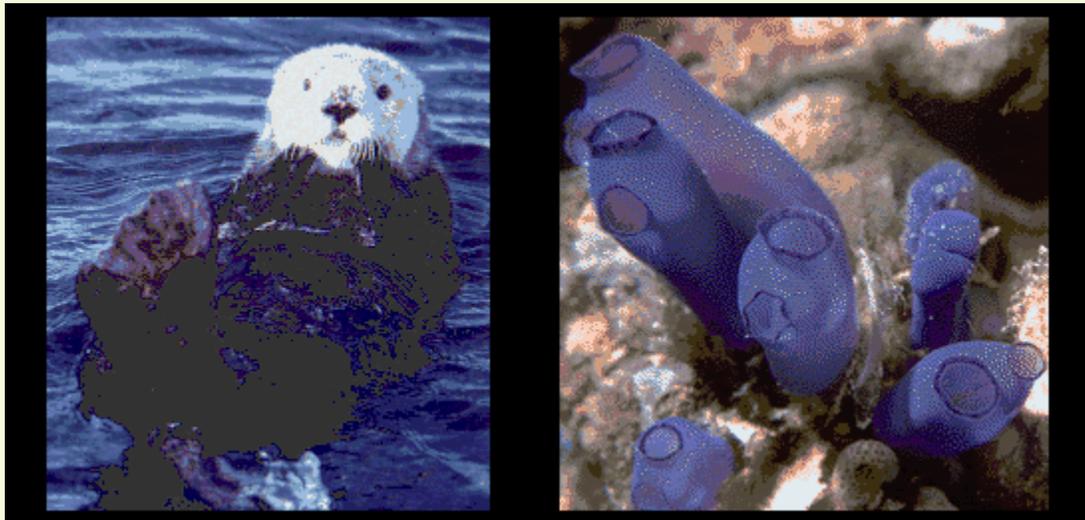
Gewebe: *(1. Teil der Vorlesungsrunde)*

Organe und Organsysteme: *(3. Teil der Vorlesungsrunde)*

Organismen: Vertebraten *(2. Teil der Vorlesungsrunde)*

Stammesgeschichte der Vertebraten I

1. Geschichte der Systematik und Phylogenie der Organismen
2. Methoden der Phylogenie
3. Ursprung der Chordaten und System des Stamms Chordata
4. Grundmerkmale der Chordata



Geschichte der Systematik und Phylogenie der Organismen (Evolutionstheorie)

(Phylogenie = Stammesgeschichte (*phylos* griechisch Stamm))

Die Ursprünge von Naturerkenntnis bzw. Biologie
vor ca. 2500 Jahren:

Anatomie und Physiologie:

- medizinische Tradition in Ägypten und bei Hippokrates

Naturgeschichte (Systematik, vergleichende Disziplinen)
und Klassifikation

- ionische Naturphilosophie bei Aristoteles (* 384 v. Chr.)

Beginn der modernen Biologie im 19. Jahrhundert, 1859
veröffentlicht Charles Darwin:

„*On the origin of species by means of natural selection*“

Geschichte der Systematik und Phylogenie der Organismen

ionische Naturphilosophie von Aristoteles (* 384 v. Chr.):

- Aristoteles nahm bereits eine stete Höherentwicklung der Lebewesen an.
- Erste Klassifikation, die zur Unterscheidung der damals bekannten Organismen dienen sollte, entspricht eher einem heutigen Bestimmungsschlüssel.
- Hinter seiner Klassifikation standen logische Denkprinzipien.
(z.B. Einteilung der Tiere nach der Farbe ihres Blutes.)

Mittelalter: Basierend auf den Prinzipien Aristoteles wurde eine Einteilung der Tierwelt nach Lebensräumen - also ganz modern nach Ökosystemen - vorgenommen. Tiere der Luft, der Erde und des Wassers wurden unterschieden. (Hildegard v. Bingen, Albertus Magnus)

Geschichte der Systematik und Phylogenie der Organismen

Renaissance (ab 15. Jh.):

- Beobachtungen und Untersuchungen ersetzen theoretische, eher philosophische Betrachtungen. Prinzipien der Forschungsansätze der moderner Naturwissenschaften zeichnen sich ab. (z.B. G. Galilei)
- Pierre Belon (1517-64) setzt innere und äußere anatomische und funktionelle Merkmale zur systematischen Einteilung der Tiere ein.
- Fortschritte auch in der Anatomie (Leonardo da Vinci (1452-1519))
- Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) baute erste gute Mikroskope, die u.a. Marcello Malpighi für erste mikroanatomische Studien einsetzte.
- Der Schwede Carl v. Linné oder Carolus Linnaeus (1707-1778) begründet die systematische Biologie: binäre Nomenklatur.

Geschichte der Systematik und Phylogenie der Organismen

Entstehung der Evolutionsvorstellungen:

Zeitalter der Aufklärung (ausgehendes 17. Jh.):

- Vergleichende Anatomie wird durch Georges Cuvier (1769-1832) zur Grundlage der modernen Zoologie. ~ Paläontologie

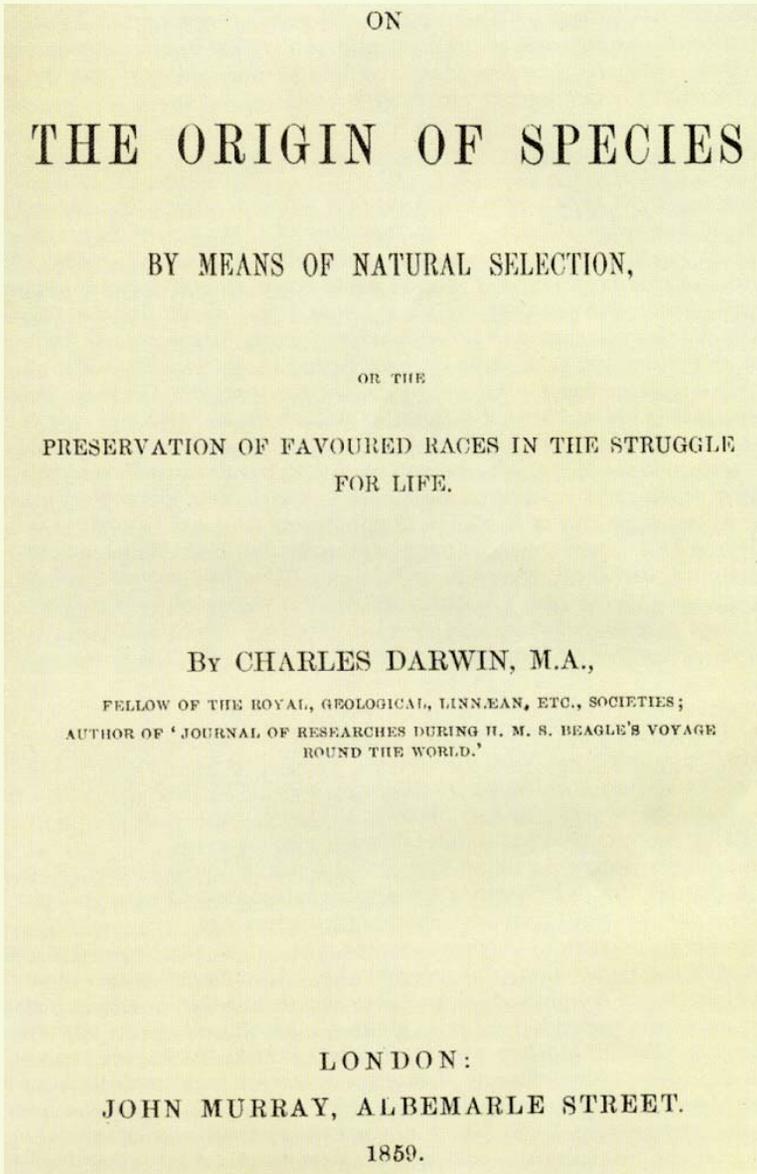
Evolutionsvorstellungen:

- Linné und Cuvier gingen von der Konstanz der Arten aus. Nicht mehr rezente Arten sollten durch Katastrophen ausgestorben sein.

Die evolutionistische oder evolutionäre Interpretation der Organismenwelt geht auf Buffon (1709-1788) zurück.

- Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829) behauptete zunächst, daß sich die Organismen immer besser an ihre Umwelt anpassen würden und zudem, daß alle Einheiten des Systems auf natürliche Verwandtschaftsgruppen zurückzuführen seien.

Evolutionstheorie Charles Darwins



Deszendenz-Theorie:

„Alle heute lebenden Organismen sind aus anderen früher lebenden Organismen hervorgegangen.“

Charles Robert Darwin (1809-1882) entdeckte den Mechanismus der Evolution mittels natürlicher Auslese (*natural selection*) und revolutionierte damit das gesamte bestehende Weltbild.

Evolutionstheorie Charles Darwins

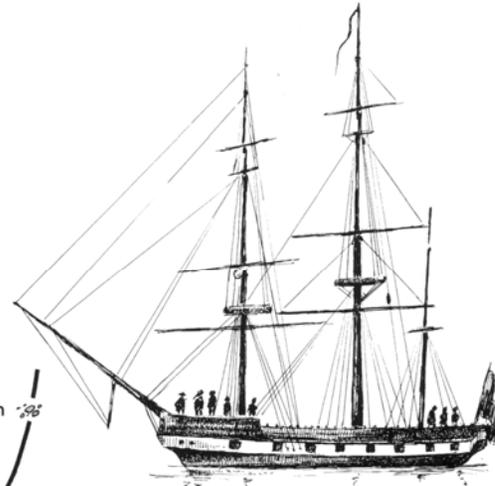
Charles Darwins Weltumsegelung als Naturforscher mit der Beagle war eine Grundlage für seine Idee.

- Geologie - Paläontologie
- genaue Beobachtungen und akribische Aufzeichnungen (z.B. der Darwinfinken auf Galapagos).

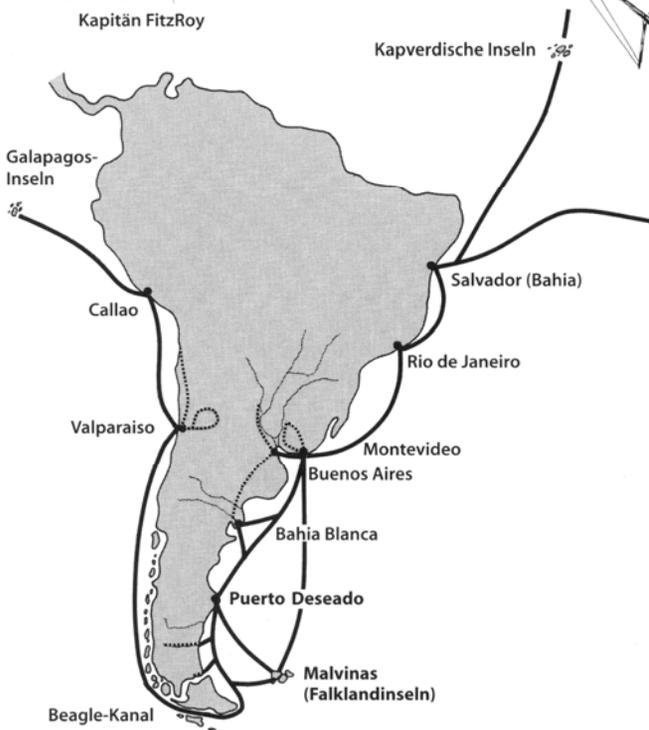
Die wichtigsten Untersuchungen, die zur Deszendenz-Theorie führten, waren Beobachtungen an Zucht-tieren z.B. von Haustauben.



Kapitän FitzRoy



Vermessungsschiff „Beagle“



Charles Darwin

Evolutionstheorie als Politikum



Karikaturen von Darwins Gegnern:
a. Bischof von Oxford Samuel Wilberforce
b. Paläontologe Richard Owen

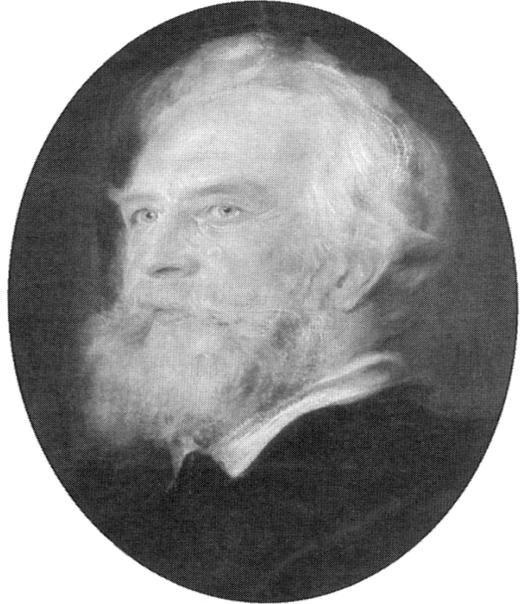
Karikaturen von Ch. Darwin (um 1880)

- a. Darwin und der Affe.
- b. Darwin und der Regenwurm.

Eine Anspielung auf Darwins Arbeiten zur Bodenverbesserung durch Regenwürmer.



Verbreitung des evolutionistischen Gedankengutes



Ernst Haeckel (1834-1919)
(Professor für Zoologie in Jena)

Biogenetische Grundgesetze
nach Haeckel:

„Die Ontogenie ist die kurze,
schnelle Rekapitulation der
Phylogenie“

Ernst Haeckel war einer der wichtigsten Verfechter der Evolutionstheorie, der sie im deutschsprachigen Raum popularisierte und verbreitete.

Auch in Preußen wurden die Schriften von Darwin und Haeckel 1879 verboten. 1882 erhielt er Haeckel Lehrverbot an höheren Schulen.

Dem preußischen Kultusminister widmete Haeckel eine neuentdeckte Tiergruppe, die *Coelocephala* (Hohlköpfe).

Offener Streit mit Politik und Kirche!

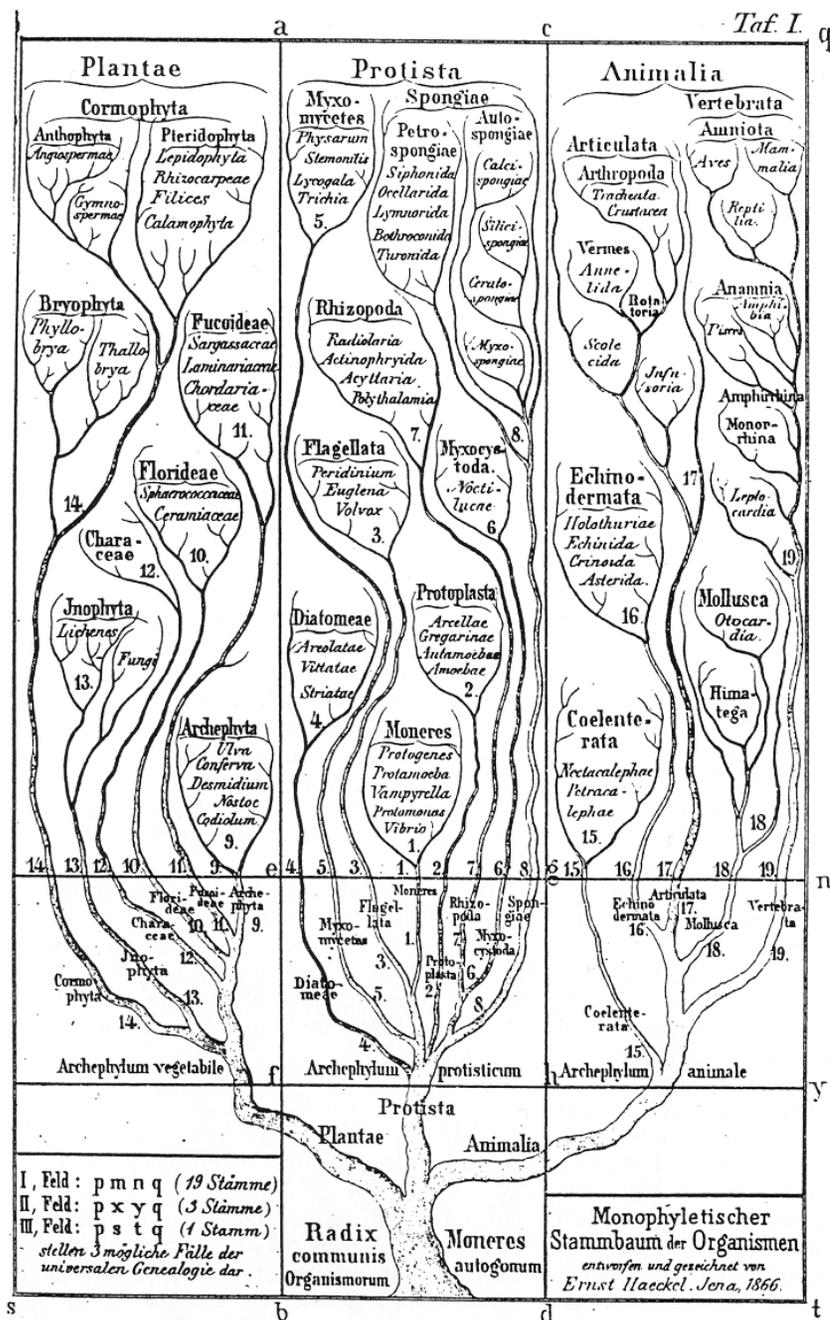
- „Kunstformen der Natur“ (1904): Illustration der Schönheit der belebten Natur (Inspiration des Jugendstils)
- „Generelle Morphologie“ (1886): Die Begriffe Ontogenie und Phylogenie werden eingeführt.

Evolutionistische Denkansätze im 20. Jahrhundert

Im 20. Jahrhundert stellen die Evolutionstheorie und Haeckels biogenetische Gesetze die Grundlage für die entwickelten aller Teildisziplinen der Biologie, einschließlich der durch Mendel begründeten Genetik dar.

- **Synthetische Evolutionstheorie** (z.B. Ernst Mayr):
Erkenntnisse der modernen mit in die Evolutionstheorie einbezogen. Weiterhin kontroverse Diskussion, ob Variationen zufällig entstanden sind.
- **Soziobiologie** (Edward O. Wilson):
Einbeziehung des Sozialverhaltens in die Evolutionstheorie.
- **Ökologie** spielt in der synthetischen Evolutionstheorie eine wichtige Rolle hinsichtlich Populationsdichte, Nischenbildung, Konkurrenz, Räuber-Beute-Beziehungen, Co-Evolution etc..

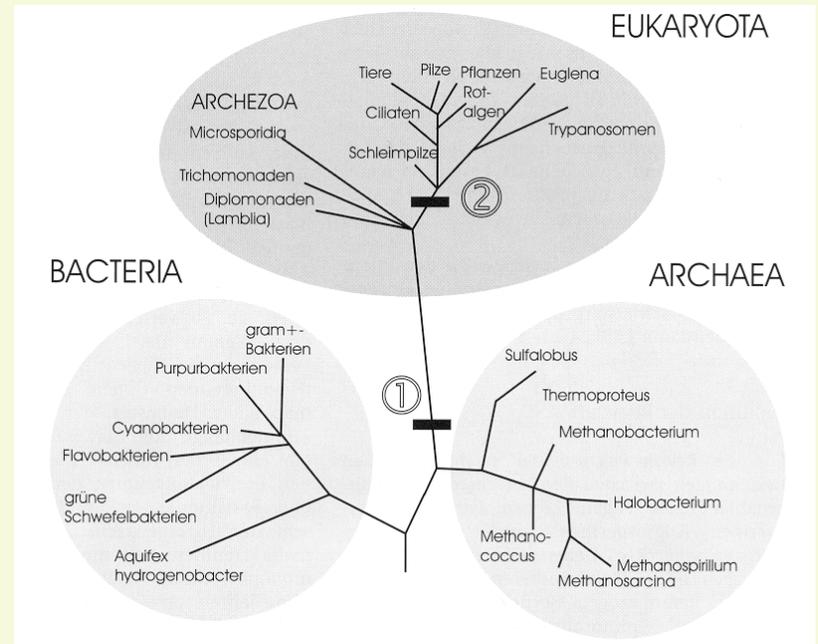
Quintessenz: Auch heute wird in Fragen der Evolution noch kräftig gestritten! - Ernst Haeckel hätte seine Freude!



Stammbaum des Lebens nach Haeckel (1866)

Ziel der Phylogenie

Ziel der Verwandtschaftsforschung bzw. der Phylogenie ist es, möglichst natürliche Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den Organismen zu ermitteln und die Organismen objektiv zu klassifizieren.



Stammbaum aus Sequenzanalyse von 18S rRNAs

Methoden der Phylogenie

1. Vergleich morphologischer Strukturen

Die reine deskriptive wurde dabei mehr und mehr um funktionelle Gesichtspunkte erweitert:

Funktionsmorphologie

2. Paläontologie

3. Biogeographie

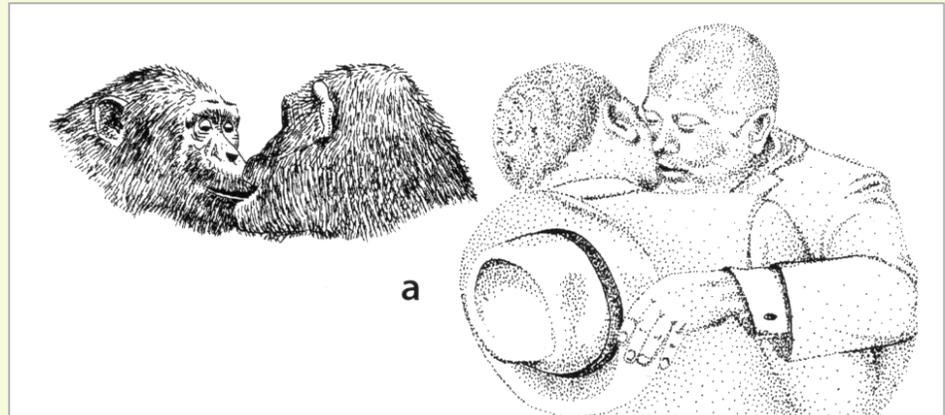
4. Verhaltensforschung

5. Parasitologie

6. Molekulare Methoden der Biochemie und Molekularbiologie

Methoden der Phylogenie

zu 4. Verhaltensforschung:



Molekulare Methoden der Biochemie und Molekularbiologie in der Phylogenieforschung

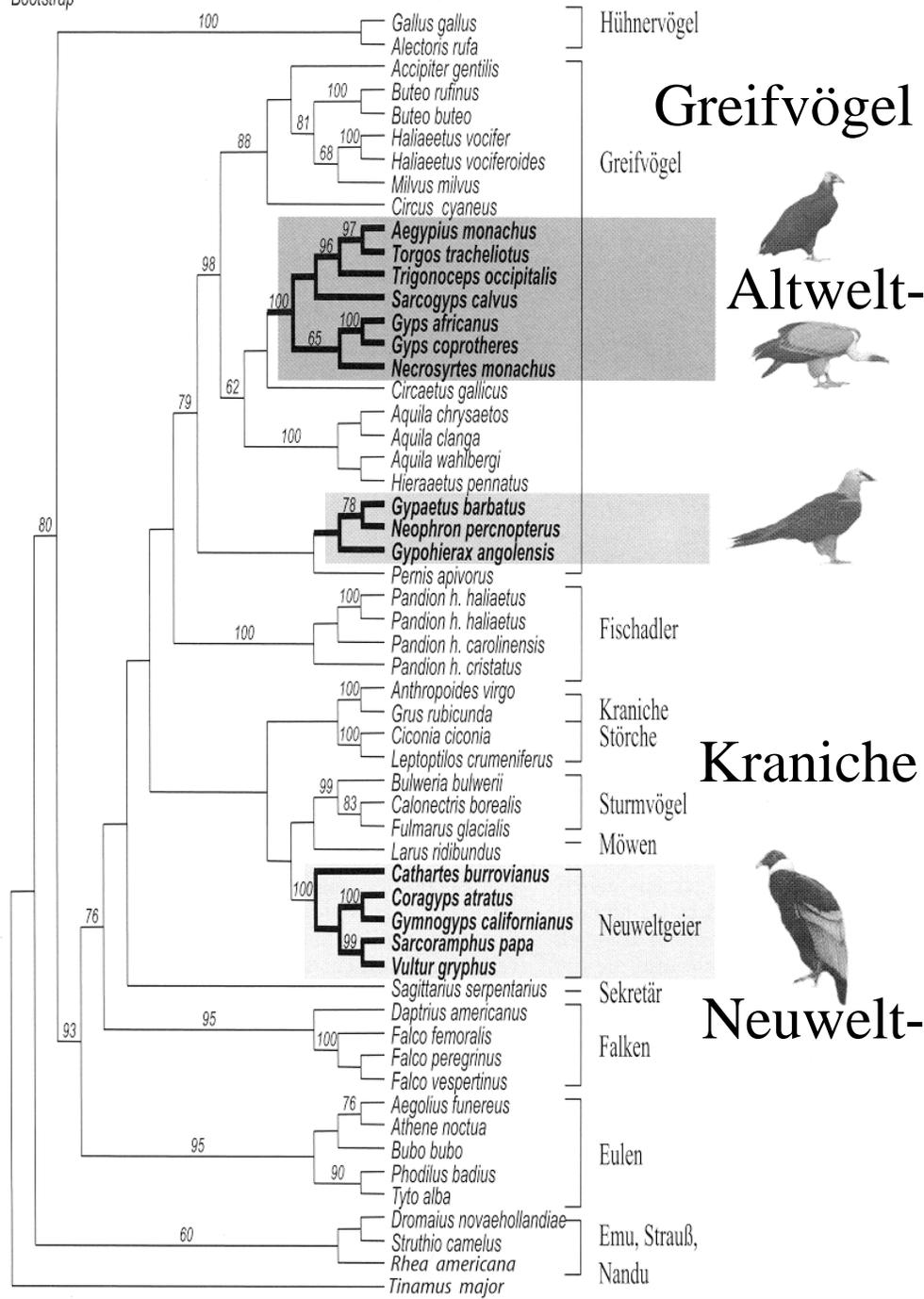
Analyse von Seren, Isoenzymen, Inhaltsstoffen und Sequenzanalysen von Proteinen und Nukleinsäuren.

Bei molekularen Stammbaumanalysen hat sich z.B. die Sequenz der mitochondrialen DNA als besonders geeignet erwiesen:

1. Gute Zeitauflösung, da die DNA-Polymerase in den Mitochondrien mehr Fehler macht.
2. Da nur DNA der Mutter weitergegeben wird, kommt es nicht zu Rekombinationen, die die Analyse stören würden.

Das neue moderne Methodenspektrum ließ die Teildisziplin der Systematik/Phylogenie wieder neu aufblühen. Häufig bestätigten die Ergebnisse der neuen Ansätze die morphologisch erarbeiteten Daten.

Bootstrap



Molekulare Methoden Molekularbiologie in der Phylogenieforschung

Sequenzanalyse des Cytochrom-b-Gens erbrachte einen neuen Stammbaum der Greifvögel und Eulen:

Neuweltgeier sind näher mit den Störchen und Kranichen verwandt als mit den Altweltgeiern.



Homologie

Allen Ansätzen der Verwandtschaftsforschung ist gemeinsam: Es dürfen nur homologe Merkmale, Strukturen, Gene, Organe etc. miteinander verglichen werden.

Homologiebegriff:

Merkmale, die sich auf eine gleiche Grundform zurückführen lassen nennt man homolog.

Homologiekriterien (Morphologie):

1. Lage im Bauplan

z.B.: Schädelknochen der Vertebraten bzw. Extremität der Tetrapoden

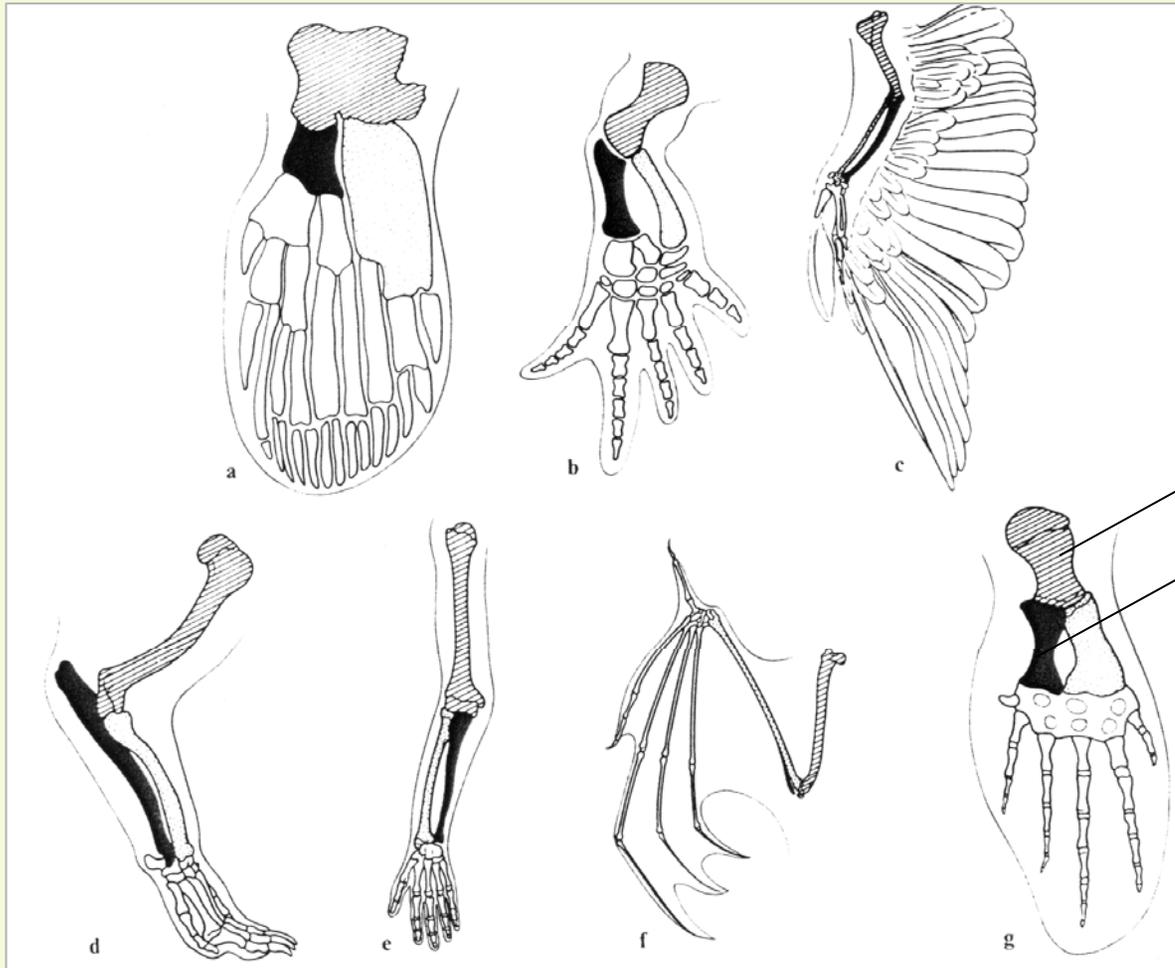
2. Spezifische Qualität (Übereinstimmung von Sondermerkmalen)

z.B.: Beutelknochen bei Beuteltieren und Kloakentieren

3. Stetigkeit (Übergangsformen?)

z.B.: Extremität der Tetrapoden

Homologie



Vorderextremitäten von
Tetrapoden im Vergleich

Humerus

Radius (Speiche)

Ulna (Elle)

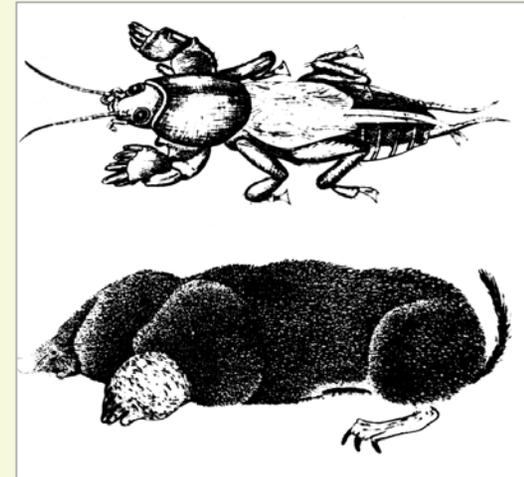
Homologiekriterium: Lage im Bauplan

(Stetigkeit: Übergangsformen der Extremitäten bei Pferden)

Analogie/Konvergenz

Analogien (im engeren Sinn) oder **Konvergenzen** werden den Homologien gegenübergestellt. Analoge Strukturen entstehen konvergent unter gleichem Selektionsdruck.

z.B. Grabbein von Maulwurf und Maulwurfsgrille
oder Konvergenz im Habitus und in der
Fortbewegungsart von:



Metatheria (Beuteltiere)

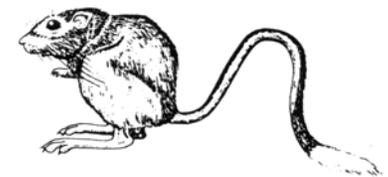
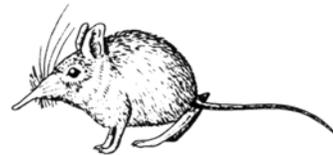
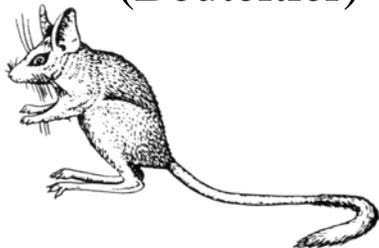
Eutheria (Placentatiere)

Antechinomys
(Beuteltier)

Elephantulus
(Rüsselspringer)

Dipodomys
(Rodentia)

Dipus
(Rodentia)



Achtung: Homoiologien sind analoge Strukturen, die stammesgeschichtlich unabhängig voneinander an homologen Strukturen auftreten.
(z.B. Flügel der Fledermäuse und der Flugsaurier)