

# **1. Systematika, taxonomie a stručný přehled jejich historického vývoje**

- program semestru, organizační záležitosti
- studijní literatura
- náplň systematiky, taxonomie a nomenklatury
- přehled jejich historického vývoje

# Systematika

- *systema* (řec.) = organizovat, kombinovat
- **biologická systematika (*biological systematics*)** - vědecké studium biologické diverzity, jedna z disciplín srovnávací biologie (x obecná biologie)
- 3 hlavní úkoly:
  - 1) rozpoznávání základních jednotek v přírodě (druhů)
  - 2) jejich klasifikace do hierarchického schématu – systému tak, aby odrážel vzájemné vztahy založené na podobnosti a příbuznosti
  - 3) uvedení informace o druzích a jejich klasifikaci do širšího kontextu (např. evoluce, ekologie, biogeografie)

# Taxonomie (*taxonomy*)

- *taxis* (řec.) = srovnání, uspořádání  
+ *nomia* (řec.) = zvyk, zákon, metoda
- různé významy slova:
  - 1) taxonomie = systematika (např. Simpson 1961)
  - 2) **teorie a praxe určování (identifikace), popisování (deskripce), pojmenovávání a zařazování (klasifikace) skupin organismů (taxonů) do biologického systému**
- cíl: inventarizace (katalogizace) veškeré biodiverzity, budování sbírek, příprava podkladů pro jiná odvětví
- ( $\alpha$ -taxonomie: praktická aktivita rozpoznávání druhů x  $\beta$ -taxonomie: klasifikace druhů do vyšších jednotek, souvisí s fylogenetikou)

# Nomenklatura (*nomenclature*)

- jednotný soubor pravidel pro pojmenovávání organismů
- Mezinárodní pravidla (*International code*) zoologické / botanické nomenklatury / nomenklatury bakterií / virů
- účel: jednoznačnost a kontinuita užívání vědeckých jmen v rámci taxonomického systému

# Fylogenetika (*phylogenetics*)

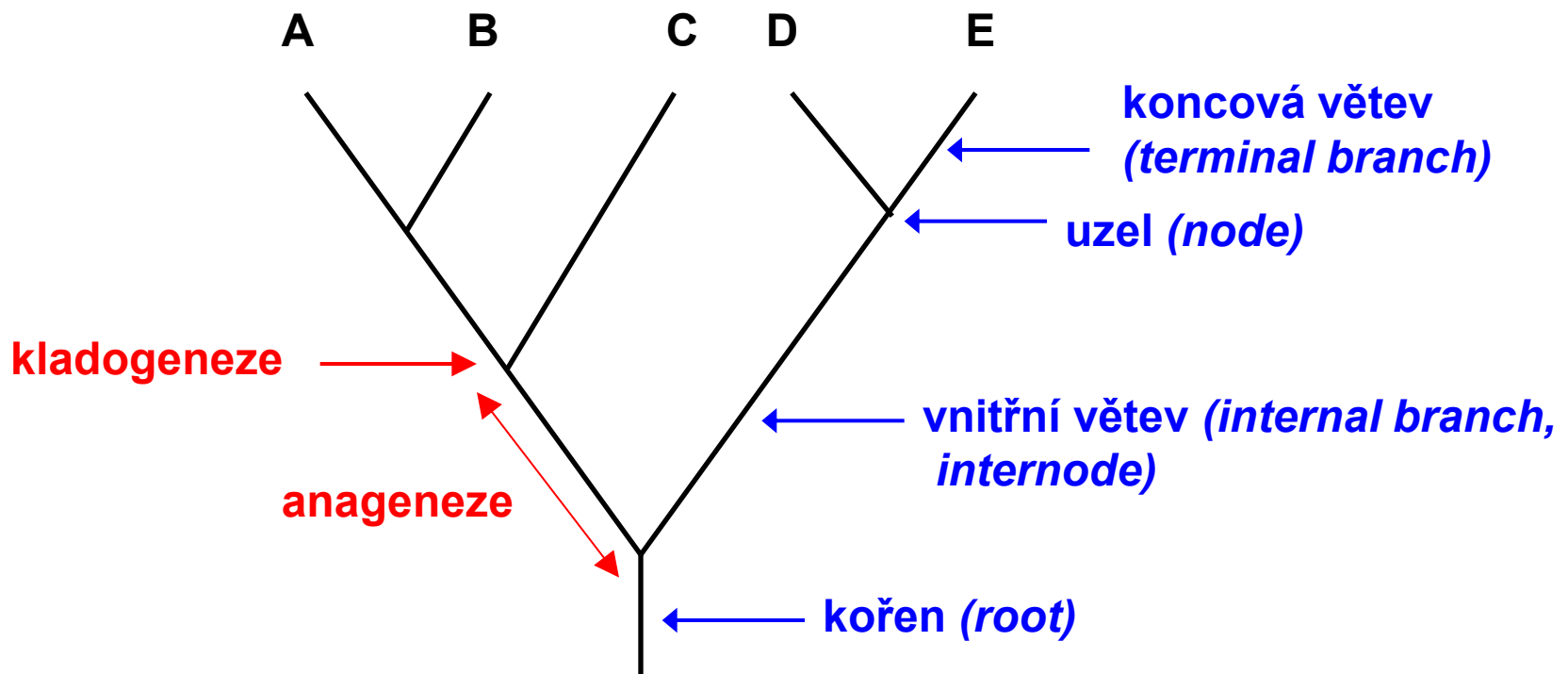
- *phyle* (řec.) = kmen  
+ *genesis* (řec.) = zrození, tvorba
- = fylogenetická systematika (*phylogenetic systematics*)
- rozpoznávání vzájemných příbuzenských vztahů organismů (ve smyslu předek-následovník)
- cíl: vyjevit **fylogenezi** (*phylogeny, phylogenesis*)  
– vznik a historický vývoj jednotlivých linií života na Zemi, tj. vyjevit pořadí speciací a evoluci jednotlivých znaků (x ontogeneze – vývoj jedince)

# Fylogeneze

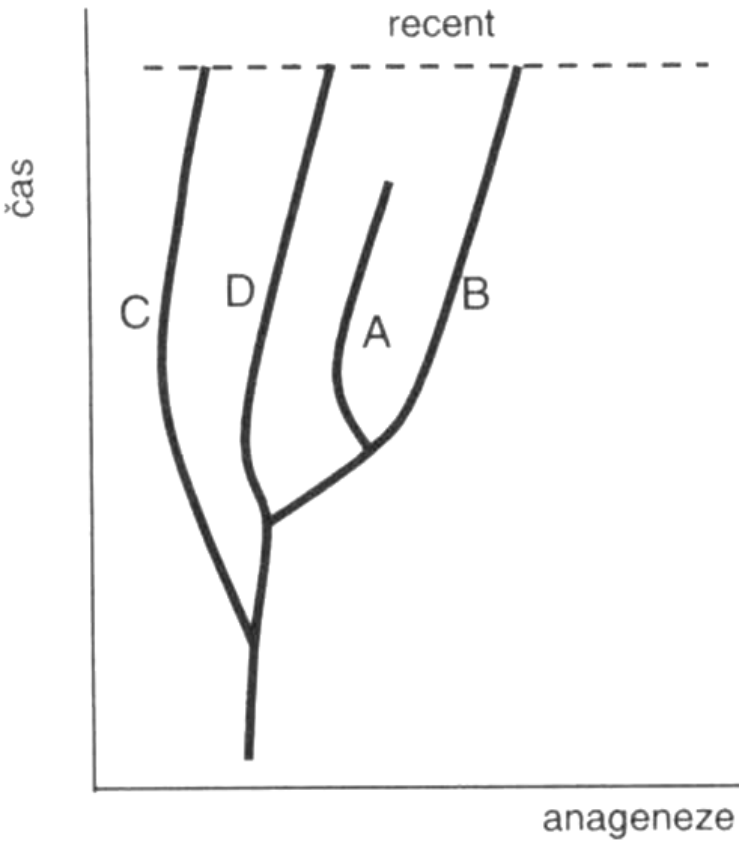
- předpoklady:
  - organizmy vytvářejí hierarchicky a enkapticky uspořádaný systém
  - (- život na Zemi se pravděpodobně vyvinul z jediného společného předka: LUCA – *last universal common ancestor*)
- 2 vzájemně se doplňující aspekty fylogeneze:
  - **kladogeneze** – větvení, štěpení vývojových linií
  - **anageneze** – změna vlastností v rámci linie
- pro odhalení příbuzenských vztahů a tvorbu klasifikace má význam především studium průběhu (historického pořadí) kladogeneze

# Fylogenetický strom (*phylogenetic tree*)

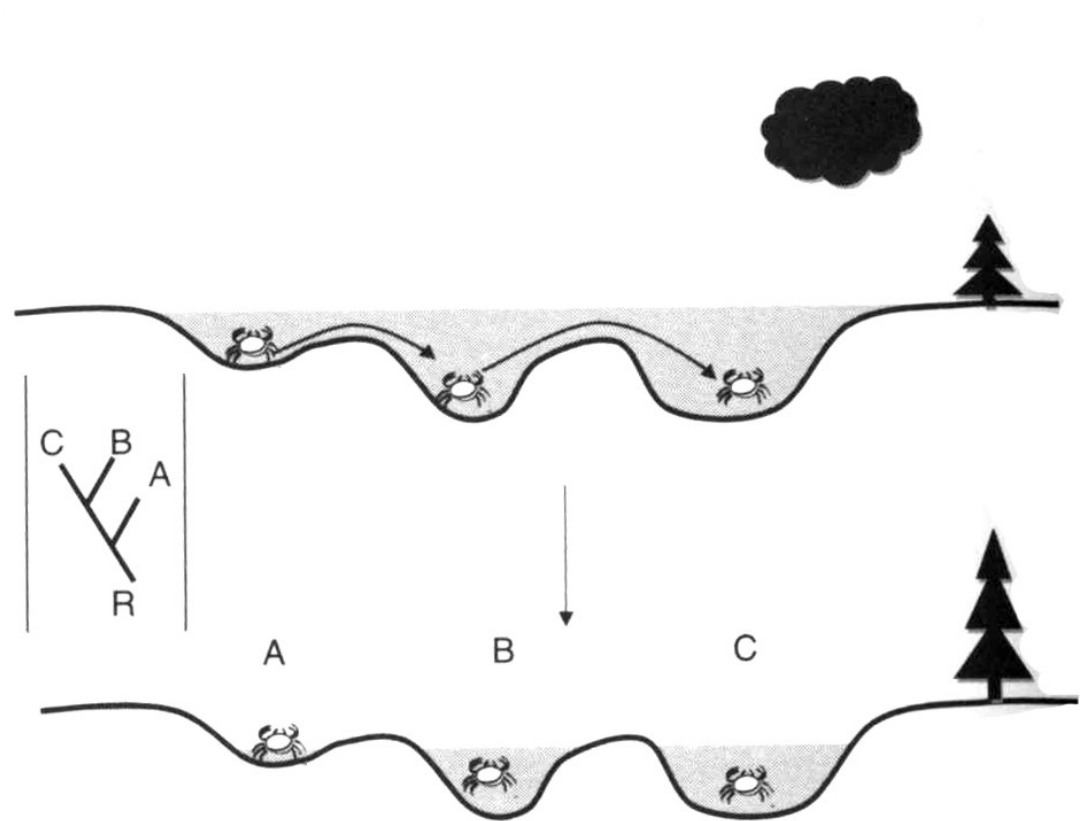
- schéma znázorňující hypotézu o genealogické příbuznosti v rámci zkoumané skupiny



# Fylogram – fylogenetický strom s časovou osou



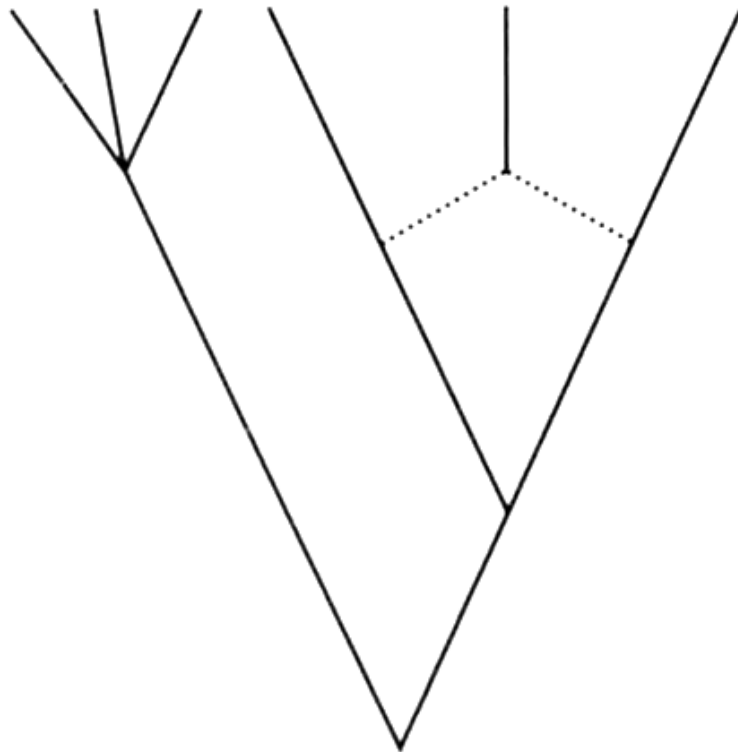
# Kladogeneze je většinou dichotomická



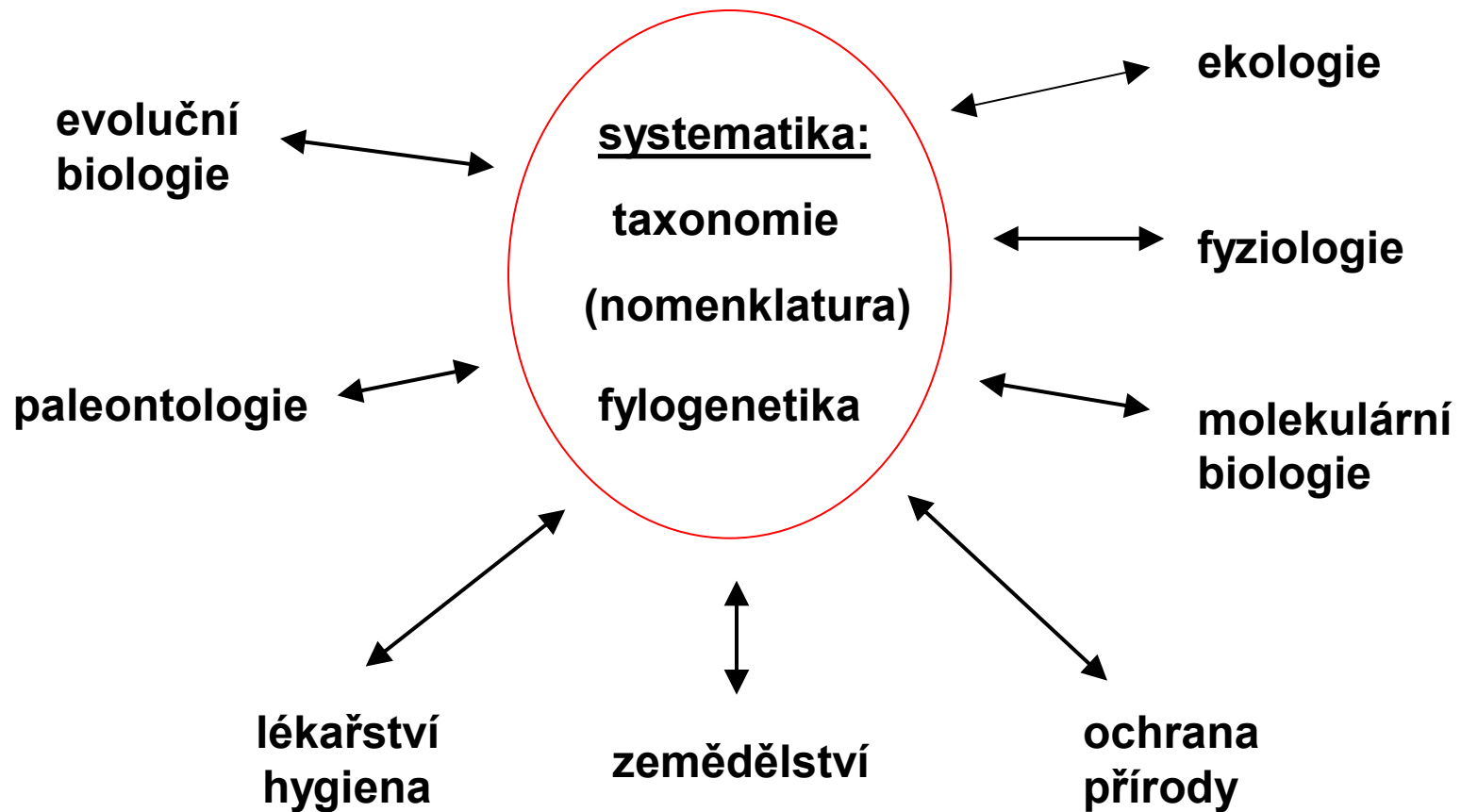


polytomie

hybridizace



# Vztah systematiky k jiným oborům

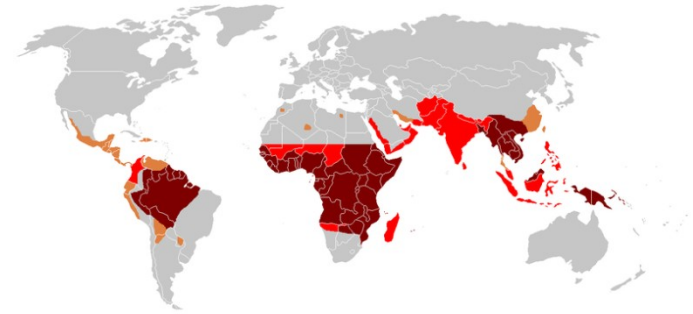


# Význam systematiky a taxonomie

- je předpokladem komunikace (nejen) mezi biology – organizuje biologickou diverzitu do skupin, se kterými je možno dále pracovat
- shromažďuje a zpřístupňuje informace o těchto skupinách (např. ulehčuje jejich určování a tvoří základ pro další výzkum)
- praktický význam – rozlišování organismů má dopad na to, jak člověk hospodaří s biodiverzitou (např. škůdci, ochrana přírody): taxonomie zachraňuje životy, úrodu, životní prostředí, jednotlivé druhy, peníze...

# Medicína: přenašeči malárie

- hlavně 42 druhů komárů z druhově velmi početného rodu *Anopheles* (Diptera: Culicidae)
- prevence levnější než léčba



*Anopheles gambiae*



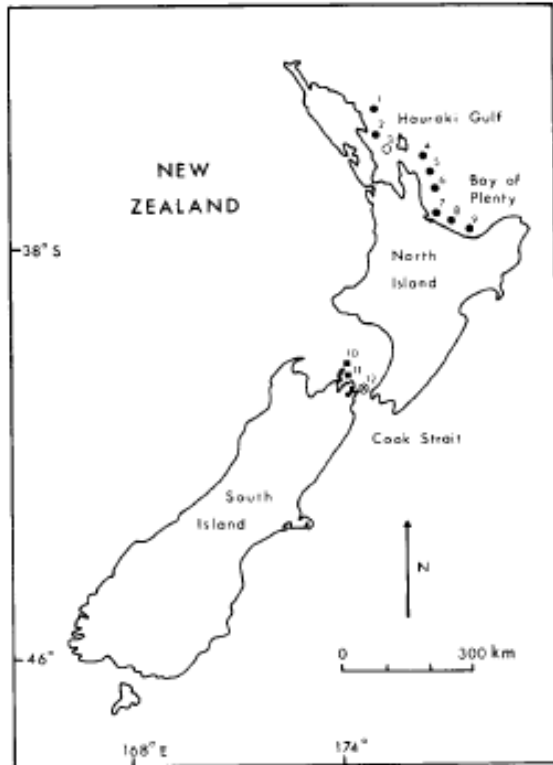
postřik domu



impregnace moskytiér

# Ochrana přírody: „špatná taxonomie zabíjí!“

- haterie (*Sphenodon* spp., Rhynchocephalia)  
na Novém Zélandu (Daugherty et al. 1990, *Nature* 347: 177-179)



***Sphenodon punctatus* (Gray, 1831)**  
***S. p. reischeki* Wetstein, 1943**  
***S. guntheri* Buller, 1877**

FIG. 1 Distribution of extant, or possibly extant, populations and taxa of tuatara as recognized in this paper. ●, *S. p. punctatus*; ○, *S. p. reischeki*; ■, *S. punctatus*, western Cook Strait type; ⊗, *S. guntheri*. 1, Poor Knights Islands (five islands inhabited by tuatara); 2, Hen and Chickens Islands (four islands); 3, Little Barrier Island; 4, Cuvier Island; 5, Mercury Islands (four islands); 6, Aldermen Islands (seven islands); 7, Karewa Island; 8, Plate Island; 9, Moutoki Island, Rurima group; 10, Stephens Island; 11, Trios Islands (three islands); 12, North Brother Island.

# Taxonomické chování

- je přirozenou součástí lidské psychiky
- Genesis 2, 19-20: „Když vytvořil Hospodin Bůh ze země všechnu polní zvěř a všechno nebeské ptactvo, přivedl je k člověku, aby viděl, jak je nazve. Každý živý tvor se měl jmenovat podle toho, jak jej nazve. Člověk tedy pojmenoval všechna zvířata a nebeské ptactvo i všechnu polní zvěř.“
- primitivní medicína – objevuje se i u primátů



*Pan troglodytes*

# Lidová taxonomie

- např. Nová Guinea, kmen Kalam: *yakt* = ptáci + netopýři
- pojetí druhů je téměř shodné se současnou vědeckou systematikou (rozpor jen u 8 případů z 152 kalámských jmen, tj. 5 %)
- vyšší klasifikace ale velmi rozdílná



Majnep, Bulmer & Healey 1977:  
*Birds of My Kalam Country*



*Pitohui* sp.  
(Pachycephalidae)



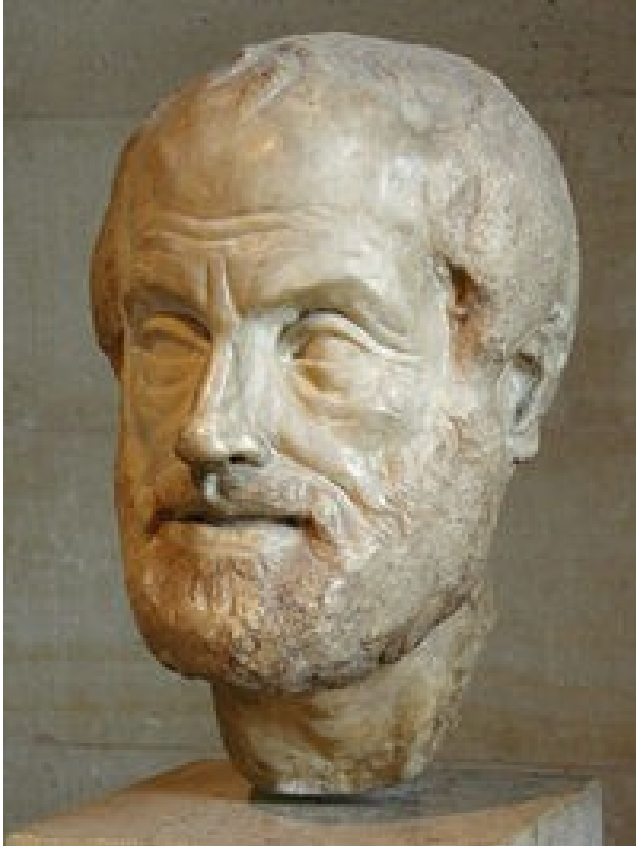
*Aproteles bulmerae*  
(Pteropodidae)

# Lidová taxonomie

- důvod vzniku systémů:
  - a) přímý či nepřímý praktický užitek
  - b) zásadní potřeba člověka pojmenovat a utřídit okolní svět
- většinou malé množství hierarchicky uspořádaných kategorií:
  - životní forma (5-10)
  - rod (ca. 500) – většina lidových názvů je jednoslovných
  - druh
  - varieta
- rozlišování spíše na úrovni fenonů – morfologicky shodných souborů jedinců (kohout x slepice)
- sběrná pojmenování pro nerozlišované taxony („žoužel“)
- vnímání příbuzností analogické lidem („datel je mladším bratrem tukana“, různé druhy jako různá pohlaví jednoho)



# Aristoteles (384-322 př. Kr.)



- *Historia animalium*
- pojmenovávání organismů metodou „*definitio fit per genus proximum et differentiam specificam*“: pojmy *genos* (rod), *eidos* (druh = idea, neměnná esence)
- některá jména používaná dodnes (např. Coleoptera, Diptera)
- propracovaný systém živočichů na základě logických dichotomií (*diarese*, binární klasifikace), založený na pozorování (empirická klasifikace) funkčních znaků (např. krev, křídla x anatomie a prostředí)
- část. prediktivní, hierarchická, sestupná klasifikace

# Aristotelovo členění živočichů

živočichové bez krve (*anaima*)

**malachia**

(hlavonožci)

**malacostraca**

(korýši)

**ostracoderma=testacea**

(mlži a plži)

**entoma**

(členovci a červi)

**zoophyta**

(např. hvězdice, žahavci)

živočichové s krví (*enaima*)

živorodí

**čtvernožci**

(savci)

**beznozí**

(kytovci)

vejcorodí

opatření nohama

**dvojnozí**

(ptáci)

**čtyřnozí**

(plazi a obojživelníci)

**beznozí**

(hadi a ryby)

# Středověk

- klášterní školy a první univerzity
- znovuobjevení Aristotelových spisů a jejich sladění s teologií



**Albertus Magnus (ca. 1200-1280)**

# Renaissance

- vynález knihtisku (ca. 1450): herbáře a bestiáře (abecední řazení, bez větších snah o systém)
- orientace na sbírání a popisy druhů, objevné cesty
- první dochované vědecké sbírky (od 17. stol. – „kabinety kuriozit“)



**Conrad Gessner:**  
***Historiae Animalium* (1551-1558)**



**Ulisse Aldrovandi (1552-1605)**  
***Il teatro della natura***

# Renaissance



Semeno konopné sluje semeneček a vymlacuje se ze samce. Jest okrouhlé, veliké jako koryandr, hladké, se šupinkou na povrchu barvy popelavé, uvnitř s bílou sladkou a tučnou masitostí (dužinou, jadrem). U nás ho mnozí užívají k jídlu nebo i poklévku z něho dělají, kteráž sluje semenečná, jak je dobře známo našim kuchařkám. Kdyby však mnozí to znali z Dioscorida, že duší a umrtvuje v člověku přirození a výkal, a z Galena, že znamenitě škodí žaludku i hlavě, že plodí zlé vlhkosti, tu užívají by ho raději ke všemu jinému, nežli k jídlu. Proto také velice v tom chybují ženy, které vaří semeno a dávají ho píti dětem s božcem a padoucníci. Žena, která má dítě při prsu, rovněž by neměla je požívat, neboť vysušuje a stravuje mléko, zvláště u žen suchých.



Konopl.

## Přirozenost, moc a účinek.

Zahřívá a suší na druhém stupni a jest moci ztenčující, ač někteří z učených tvrdí, že spíše chladí, nežli zahřívá.

## Vnitřní použití:

Pití teplého odvaru semence v mléce krotí a zahání suchý, sípavý kašel.

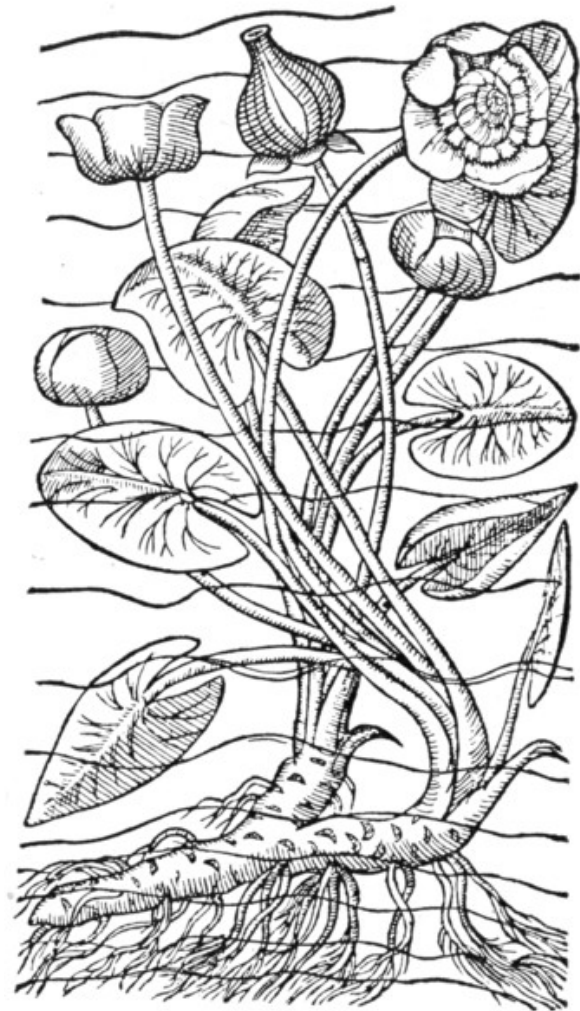
Semeneček činí slepice nosnými, jak jsem sám se o tom přesvědčil, že když se dává slepicím k jídlu toto semeno, nesou mnoho vajec a nesou i uprostřed zimy, v kterémž čase jinak obyčejně pro zimu vajec nenosí.

Proti kolice v břiše vezmi libovolné množství semene konopného, umyj s něho prach vodou, polij dobrým bílým vínem a vař tak dlouho, až bude pukati. Pak z něho dej udělati mléko, z něhož



747

Pietro Andrea Mattioli  
(1501-1577)



Carolus Clusius  
(1526-1609)

# Období sestupné klasifikace

- snaha o hierarchické uspořádání organismů „shora“, od vyšších jednotek po nejnižší podle obecných znaků
- pečlivější studium morfologie a anatomie (mj. objev mikroskopu) – přirozenější systém
- položeny základy binomické nomenklatury



**Andrea Cesalpino**  
(1524-1603)



**Pierre Magnol**  
(1638-1715)



**John Ray**  
(1627-1705)



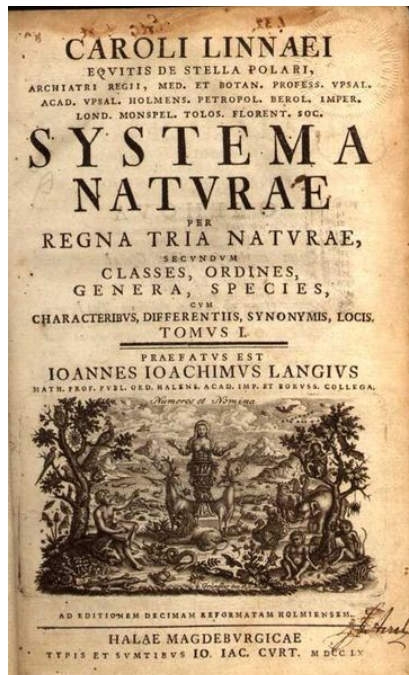
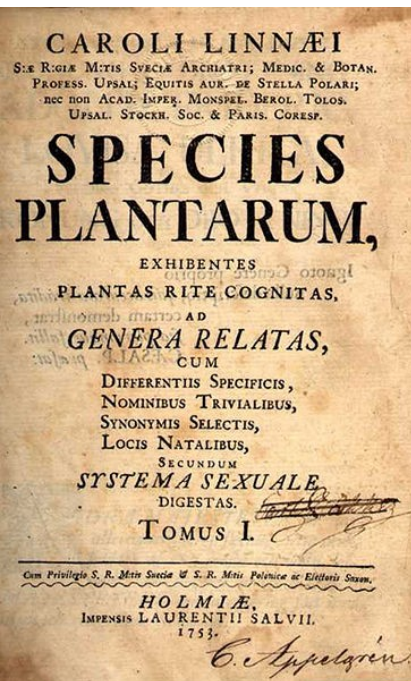
**Antonie van Leeuwenhoek**  
(1632-1723)





# Carl Linnaeus (1707-1770)

- binomická nomenklatura
- *Species plantarum* (1753)
- *Systema naturae* (1758), 10. vyd.
- 7 úrovní klasifikace: imperium (vše), regnum (říše: živočichové, rostliny, minerály), classis (třída: živočichové 6 tříd – savci, ptáci, obojživelníci, ryby, hmyz a červi), ordo (řád), genus (rod), species (druh), varietas (varieta, poddruh)
- umělý, monotetický (= založený na 1 typu znaku) systém rostlin
- metoda popisu podle Aristotela: *definitio fit per genus proximum et differentiam specificam*



classis

INSECTA COLEOPTERA. Scarabæus.

genus

345

page number

ordo

I. COLEOPTERA.

genus name

*Elytra alas tegentia.*

differentia of the ordo

genus number

170. SCARABÆUS.

*Antennæ clavatæ capitulo fissili.  
Tibiæ anticæ sæpius dentatæ.*

differentia of the genus

**nomen triviale**

\* *Thorace cornuto.*

Hercules. 1.

S. thoracis cornu incurvo maximo subtus barbato, capitis cornu recurvato: supra dentato.

**differentia specifica**

species number

*Marcgr. bras. 247. f. 3. Jonst. inf. t. 16. f. 1.  
Olear. mus. t. 16. f. 1. Pet. gaz. t. 70. f. 1.  
Grew. mus. 162. Swamm. bibl. t. 30. f. 2.  
Raf. scarab. 1. t. A. f. 1. inf. 4. p. 45. t. 5. f. 3.  
Habitat in America.*

Aëtion. 2.

S. thorace bicorni, capitis cornu tridentato: apice bifido. *Mus. L. U.*

sources, synonyms

*Marcgr. bras. 246. Eüena. Olear. mus. t. 16. f. 2.  
Mer. sur. t. 72. Raf. scar. 1. t. A. f. 2.  
Hoffn. pict. 1. t. 1. in medio. Swamm. bibl. t. 30. f. 4.  
Habitat in America.*

Simfon. 3.

S. thorace bicorni, capitis cornu apice tantum bifurcato. *Sloan. jam. 2. p. 205. t. 237. f. 4. 5.  
Brown. jam. 428. t. 43. f. 6. Scarabæus 4.  
Habitat in America.*

Atlas. 4.

S. thorace tricorni: antico brevissimo, capitis cornu recurvato. *M. L. U.*  
*Marcgr. bras. 247. f. 1. Olear. mus. t. 16. f. 3.  
Pet. gaz. t. 49. f. 8. an t. 14. f. 12.  
Merian. surin. in titulo F. G. Swamm. bibl. t. 30. f. 3.  
Habitat in America.*

locus

Aloëus. 5.

S. thorace tricorni: intermedio longiore, capite mutico, elytris unistriatis. *M. L. U.*  
*Raf. inf. 2. scar. 1. t. A. f. 6. Pet. gaz. t. 24. f. 10.*

Y 5

Habi-

Scarabæorum Larvæ vivunt tranquille sub terra; harum pleraque fimo delectantur & eo pascuntur.

**Systema naturae (1758)**



# Období vzestupné klasifikace

- druhy jsou nejprve seřazeny do skupin (rodů), ty se dále seskupují do vyšších a vyšších skupin
- polytetické klasifikace (založené na větším množství znaků)



**Michel Adanson**  
(1727-1806)



**Antoine Laurent de Jussieu**  
(1748-1836)



**Augustin-Pyramus  
de Candolle**  
(1778-1841)

# Období „národních škol“: Francie

- *Jardin du Roi / Jardin des Plantes* v Paříži
- zárodky evolučních teorií: druhy nejsou neměnné
- vznik paleontologie a srovnávací anatomie



**Georges Louis Buffon**  
(1707-1789)



**Jean Baptiste Lamarck**  
(1744-1829)

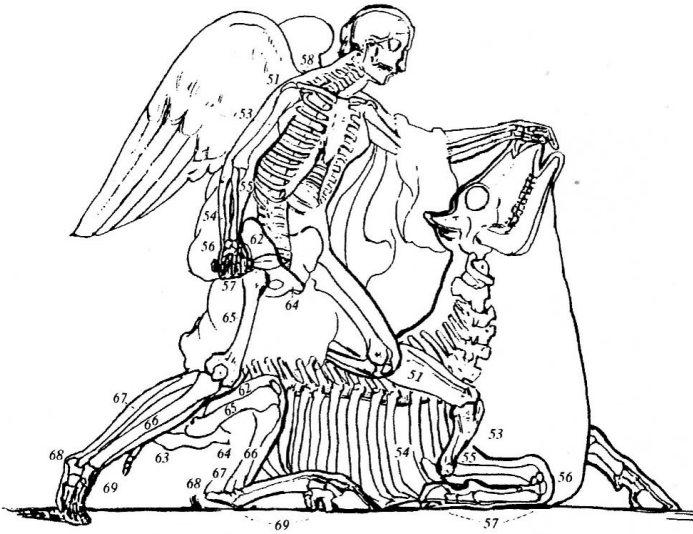


**Georges Cuvier**  
(1769-1832)



**Étienne Geoffroy  
Saint-Hilaire**  
(1772-1844)

# Období „národních škol“: Anglie



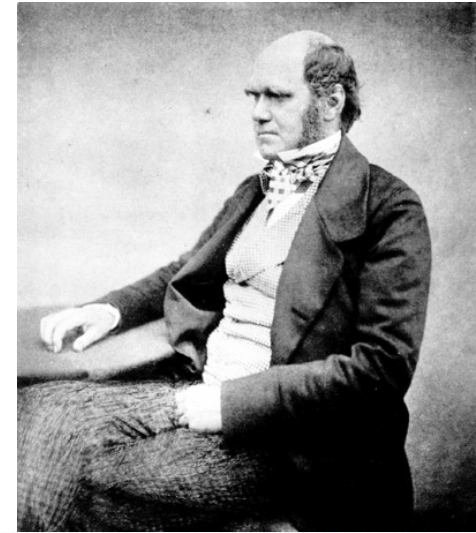
**Charles Darwin**

(1809-1882):

*On the origin of species by means of natural selection...*

(1859) –

vysvětlení příbuznosti společnými předky, hierarchie v přírodě souvisí s genealogií taxonů



**Richard Owen (1804-1892):**

*On the Nature of Limbs*

(1849) – definice

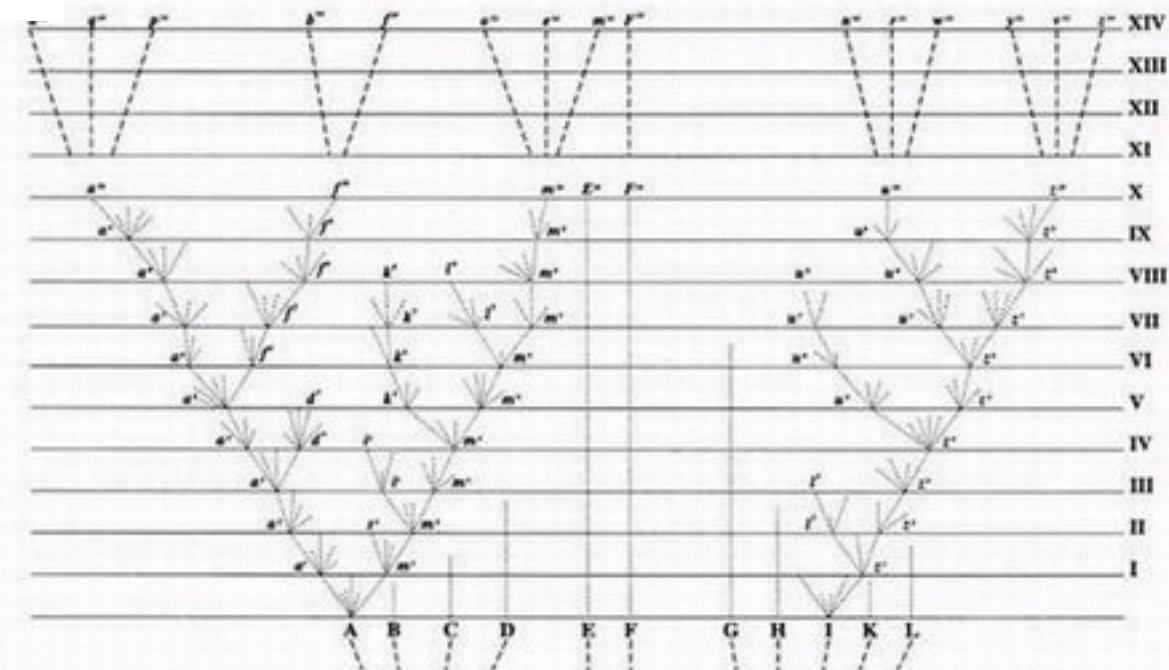
homologie (=stejný

orgán u různých

živočichů, ať už má

jakýkoli tvar a funkci) a

analogie



# Stabilizace nomenklatury

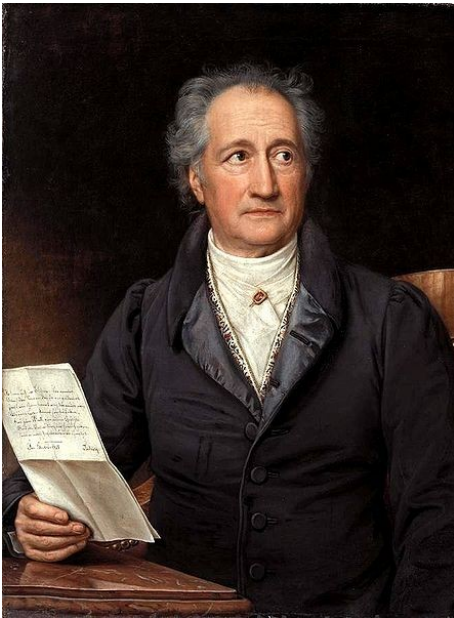


**Hugh Edwin Strickland**  
(1811-1853)

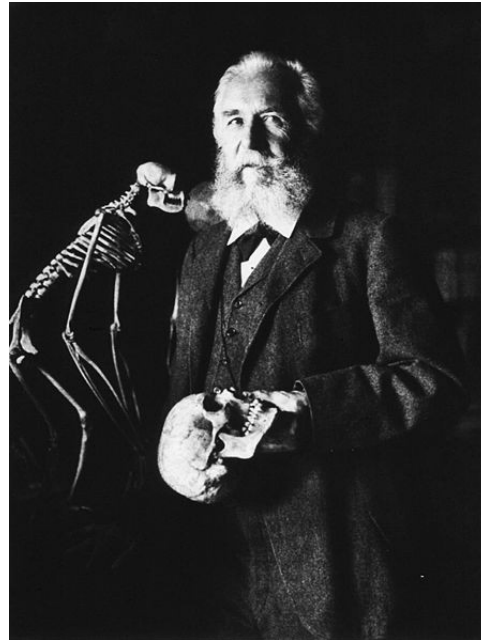
- Stricklandův kodex (1842)
- založení Mezinárodní komise pro zoologickou nomenklaturu, publikace prvních pravidel (1905)
- v současnosti čtvrté vydání platné od roku 2000

# Období „národních škol“: Německo

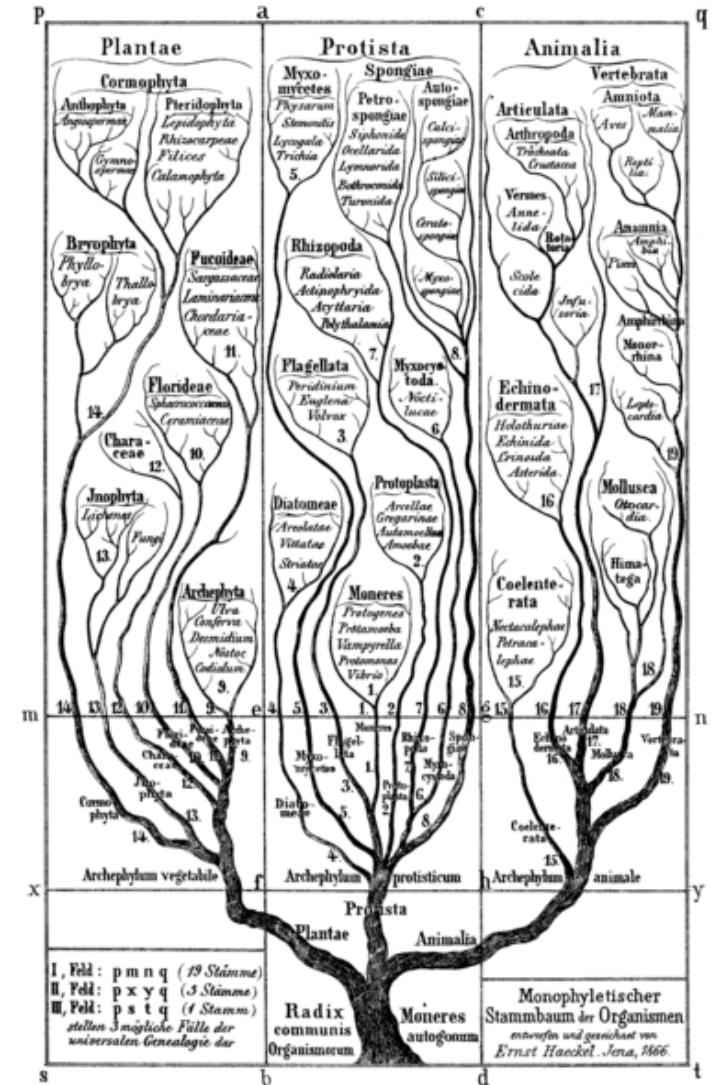
- „Naturphilosophie“ - hledání obecných zákonů popisujících diverzitu přírody: archetypů, analogií, metamorfóz
- morfologie, embryologie, fylogenetika
- popisné disciplíny – biogeografie (Alexander von Humboldt, 1769-1859)



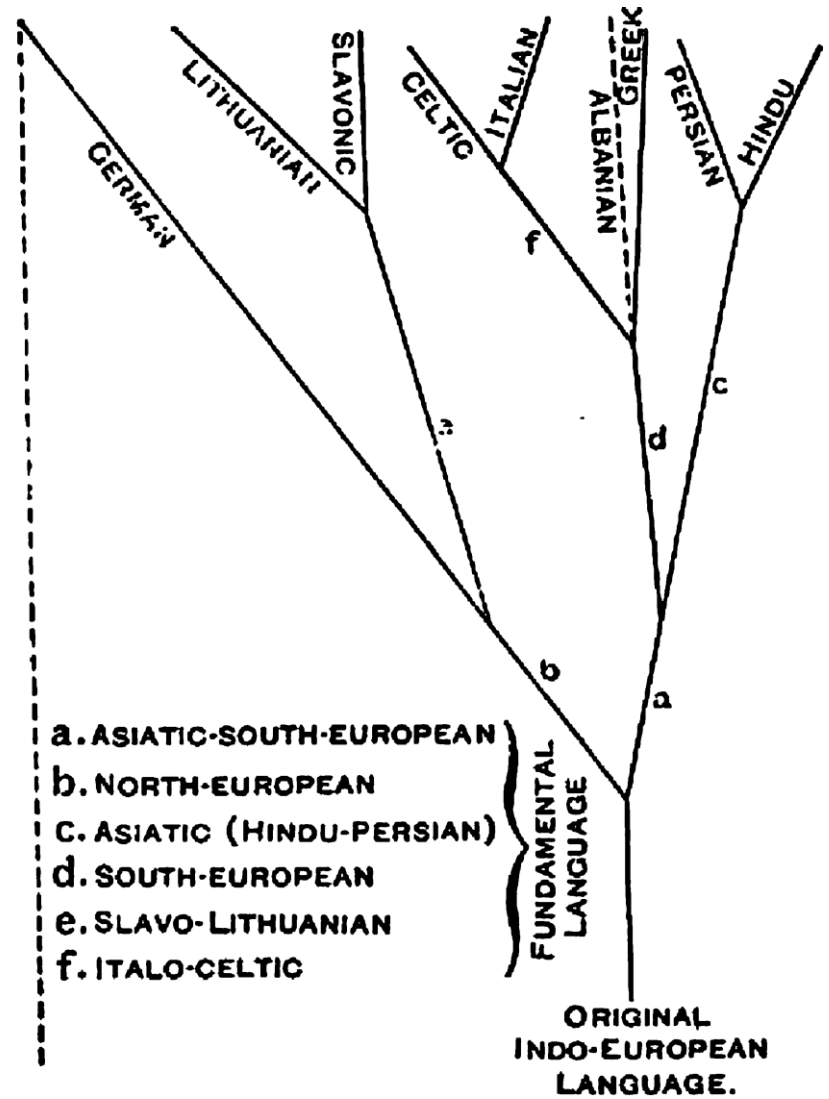
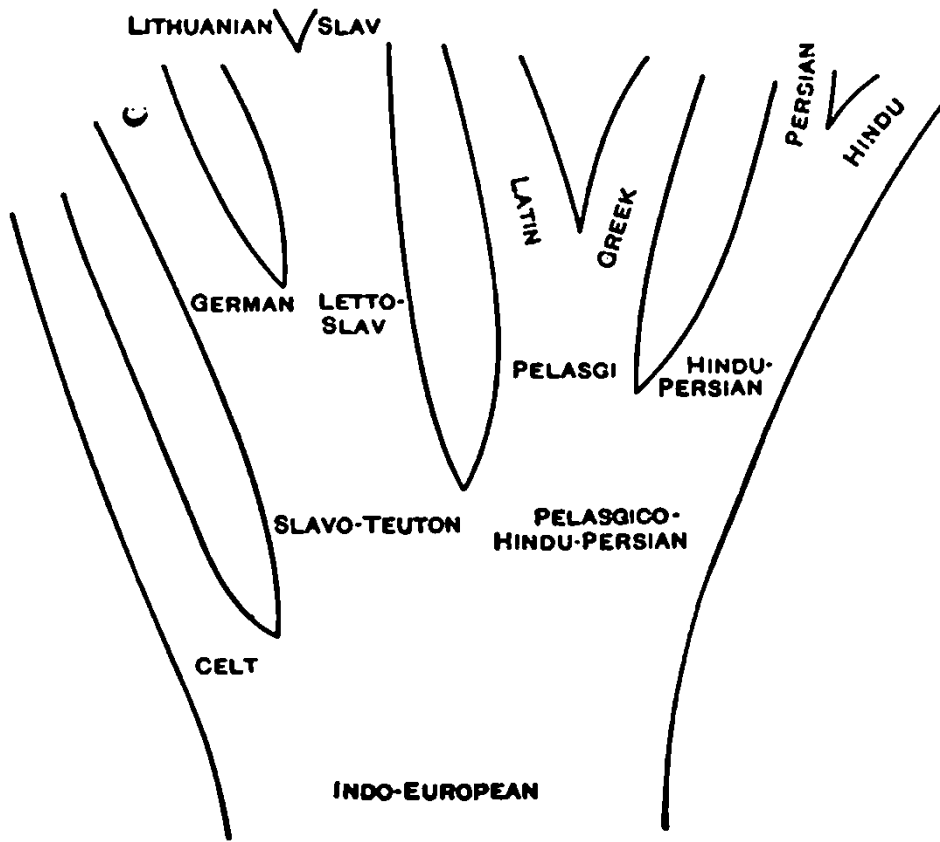
**Johann Wolfgang Goethe**  
(1749–1832)



**Ernst Haeckel**  
(1834–1919)



'Monophyletischer Stammbaum der Organismen'  
z 'Generelle Morphologie der Organismen' (1866)



**August Schleicher**

(1821–1868)

komparativní lingvistika

# 1. pol. 20. stol.: Nová syntéza

- sladění teorie dědičnosti (J.G. Mendel: 1866) s evoluční teorií
- populační genetika, studium vnitrodruhové variability
- druh může být studován jen na základě vzorku z populace – počátky statistiky



**Julian Huxley**  
(1887-1975)



**Theodosius Dobzhansky**  
(1900-1975)



**Ronald A. Fisher**  
(1890-1962)

# Evoluční taxonomie

- populační myšlení v taxonomii
- koncepce biologického druhu
- teorie allopatrické speciace
- *Methods and Principles of Systematic Zoology* (Mayr et al. 1953), *Principles of Animal Taxonomy* (Simpson 1961)
- klasifikace by měla odrážet maximum evoluční informace a jedinečnost skupin
- intuitivní výběr znaků („taxonomie je umění“), velká role fosilií, chybí jasná metoda



**Ernst Mayr**  
(1904-2005)



**George Gaylord Simpson**  
(1902-1984)



# Numerická taxonomie - Fenetika

- Sokal R. & Sneath P. (1963): *Principles of Numerical Taxonomy*
- fylogeneze není poznatelná, metody evolučních taxonomů jsou subjektivní



Robert Sokal



- výhodnější je vytvořit klasifikaci na základě celkové podobnosti organismů
- velké množství znaků se stejnou vahou, matice vzdáleností
- objektivní metody mnohorozměrné statistiky (např. shluková analýza)

# Postup fenetiků

- 1) výběr *operational taxonomic units* (OTU) – jedinci, populace, druhy, vyšší taxony
- 2) zaznamenání co největšího počtu znaků (ca. 30-100)
- 3) selekce znaků (korelace, závislost na prostředí apod.)
- 4) zakódování znaků, vytvoření matice znaků (*character matrix*)

druh znak	A	B	C	D
1	0	0	1	1
2	1	0	0	1
3	1	1	1	1
4	0	1	1	0
5	1	0	0	1
6	0	0	0	1
7	1	0	0	0
8	1	1	1	0
9	0	1	1	0
10	0	0	0	1

# Postup fenetiků

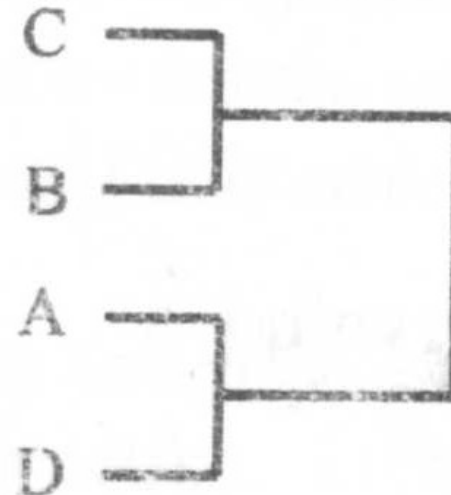
5)

matice koeficientů  
vzdáleností  
(*distance matrix*)

<i>Ja</i>	B	C	D
A	0,2	0,2	0,3
B		0,3	0,1
C			0,2

6)

shluková analýza:  
konstrukce fenogramu



# Úskalí fenetiky

- vychází z přístupu, že fylogeneze není poznatelná
- odlišné statistické metody = odlišné výsledky
- problém stejnocennosti znaků:
  - různý obsah informací vhodných pro klasifikaci, relativní dle hierarchické úrovně
  - nerozlišuje povrchní podobnost (např. konvergence) od podobnosti zděděné (homologie)
  - velké množství znaků = mnoho informačního balastu

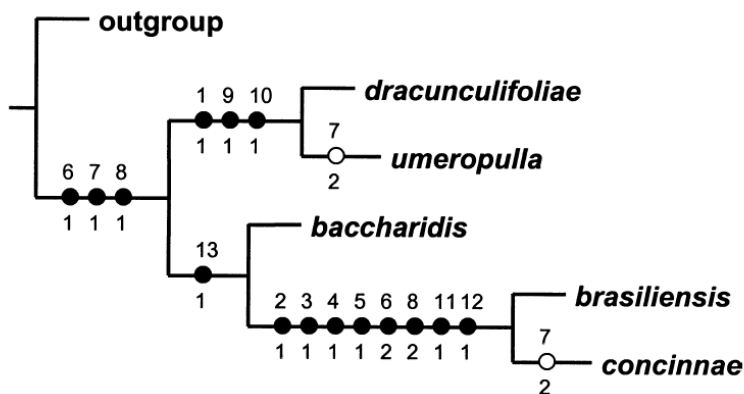
# Fylogenetická systematika - Kladistika

- *Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik* (1950), *Phylogenetic Systematics* (1966)

**Willi Hennig**  
(1913-1976)



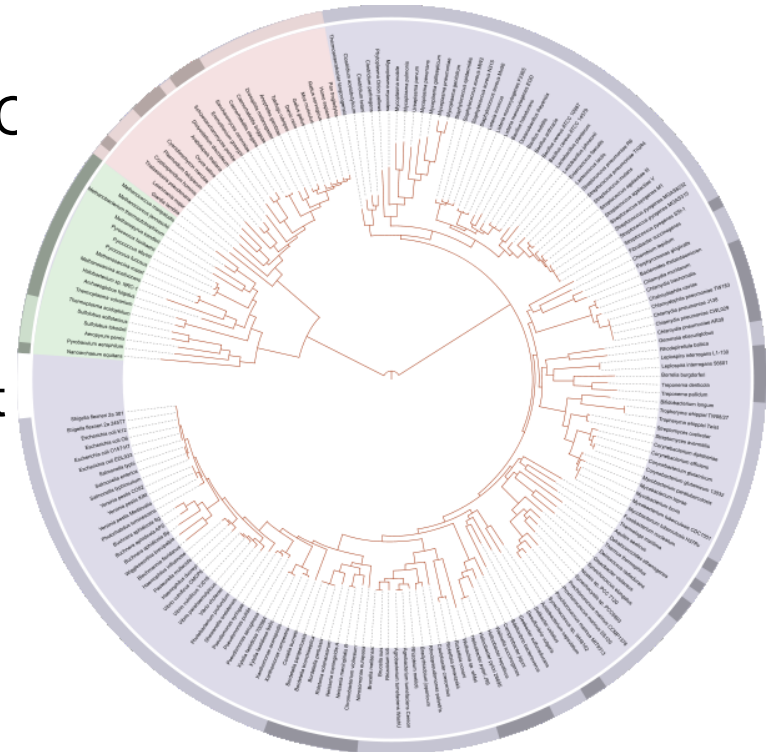
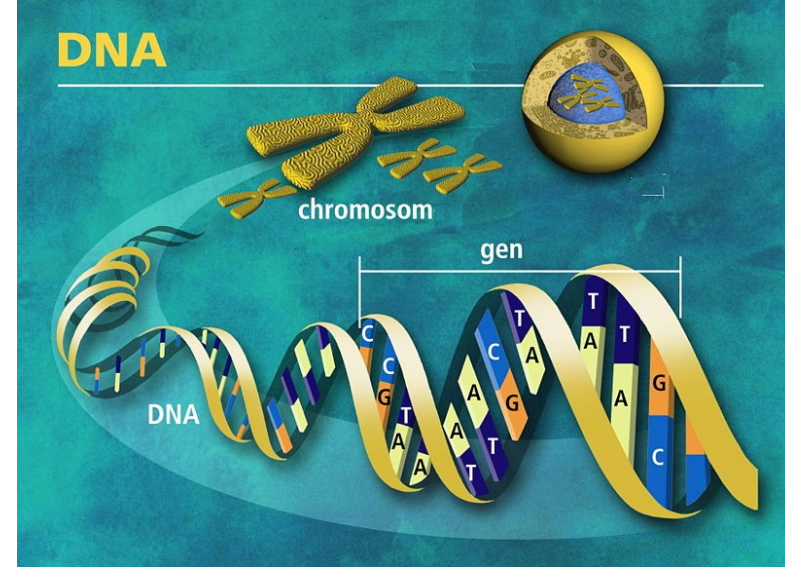
- fylogeneze je empiricky poznatelná
- formální klasifikace by měla přesně odrážet průběh fylogeneze
- jedině podobnost v odvozených homologických znacích (synapomorfiích) může dokazovat příbuznost
- při analýze dat použití kritéria maximální úspornosti (parsimonie)



# Současnost

## Molekulární metody:

- 1956: elektroforéza proteinů
- raná 60. léta: sekvencování proteinů (inzulín, hemoglobin, cytochrom c)
- 1968: neutrální teorie evoluce, molekulární hodiny (M. Kimura)
- 70-80. léta: DNA-DNA hybridizace (C G. Sibley)
- od konce 70. let sekvencování nukleových kyselin
- 1988-2000: Human Genome Project
- 21. století: srovnávací genomika



# Současnost



- rozvoj metod ke studiu morfologie apod.:
  - elektronová a konfokální mikroskopie, micro-CT,...
- rozvoj statistiky a informačních technologií:
  - distanční metody, maximum likelihood, bayesiánská analýza (J. Felsenstein,...)
  - od 80. let: programy pro rekonstrukci fylogeneze (J. S. Farris, D. Swofford, P. Goloboff, J.P. Huelsenbeck, F. Ronquist,...)
  - polovina 90. let: revoluce v morfometrice – analýza tvaru (F. Bookstein, J. Rohlf,...)
  - od 90. let: první automatické systémy k určování organismů (pattern recognition; umělé neuronové sítě, decision trees)

# Současnost



- „krize biodiverzity“ – politické téma
- 1992 – Convention on Biological Diversity, Rio de Janeiro
- role internetu a digitálních technologií: elektronické katalogy, databáze muzejních sbírek, zrychlení taxonomických revizí
- *Global Biodiversity Information Facility, Catalogue of Life, Fauna Europaea...*
- nedostatek specializovaných taxonomů pro většinu skupin



# Další literatura

- Drozd P. 2004: *Principy systematiky a taxonomie*. Ostravská univerzita, Ostrava.
- Komárek S. 1997: *Dějiny biologického myšlení*. Vesmír, Praha.
- Wilkins J.S. 2009: *Species. A History of the Idea*. University of California Press, Berkeley-L.A.-London.
- Roček Z. 2013: *Kronika zoologického poznávání*. Academia, Praha.
- Schmitt M. 2008: Historical sketch. Carl Linnaeus, the order of nature, and binomial names. *Deutsche Entomologische Zeitschrift* 55: 13-17.
- BioNET 1999-2011: Why taxonomy matters. <http://www.bionet-intl.org/opencms/opencms/caseStudies/default.jsp>
- Williams D.M. & Ebach M.C. 2008: *Foundations of Systematics and Biogeography*. Springer, New York.
- Williams D.M. & Forey P.L. 2001: *Milestones in Systematics*. CRC Press, Boca Raton.
- Wheeler Q.D. 2008: *The New Taxonomy*. CRC Press, Boca Raton.
- Wheeler W.C. 2012: *Systematics: A Course of Lectures*. Wiley-Blackwell, Chichester.