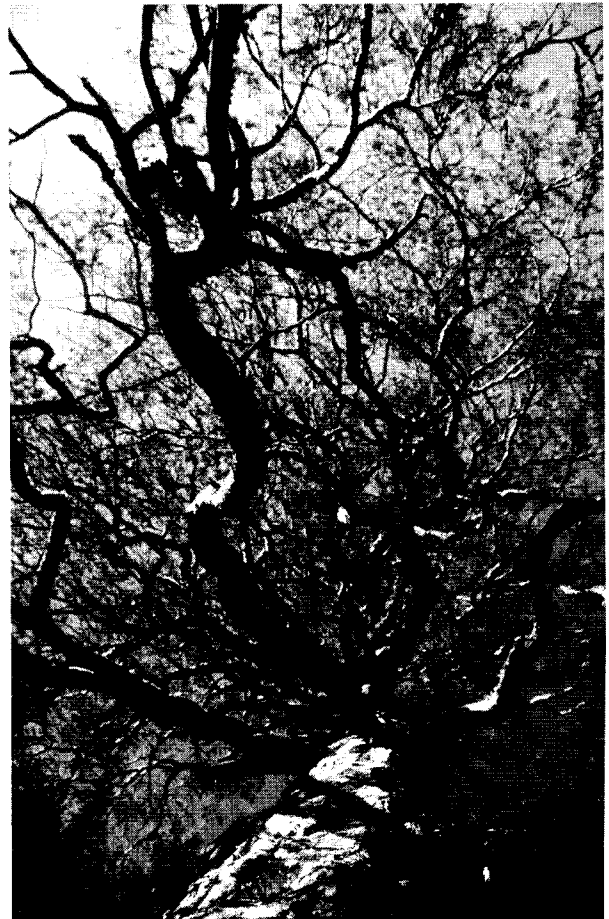


Om stamtrær, systematikk og hvordan det hele henger sammen

Alt liv på jorden har hatt én felles opprinnelse. Alle arter av organismer som fantes og fins på jorden, er grener eller blader i «livets tre», som dette stamtreet gjerne kalles for. Livets tre er et komplekst stamtre med flerfoldige millioner av grener. Hver art – utdødd eller nålevende – har én spesifikk plass i dette stamtreet. Å avsløre disse plassene er en viktig arbeidsoppgave for biologer. Det er imidlertid ikke noen enkel affære. For selv om det hersker enighet om at det bare fins ett sant stamtre, så er uenigheten desto større når man nærmer seg spørsmålet om *hvordan* livets tre faktisk ser ut.

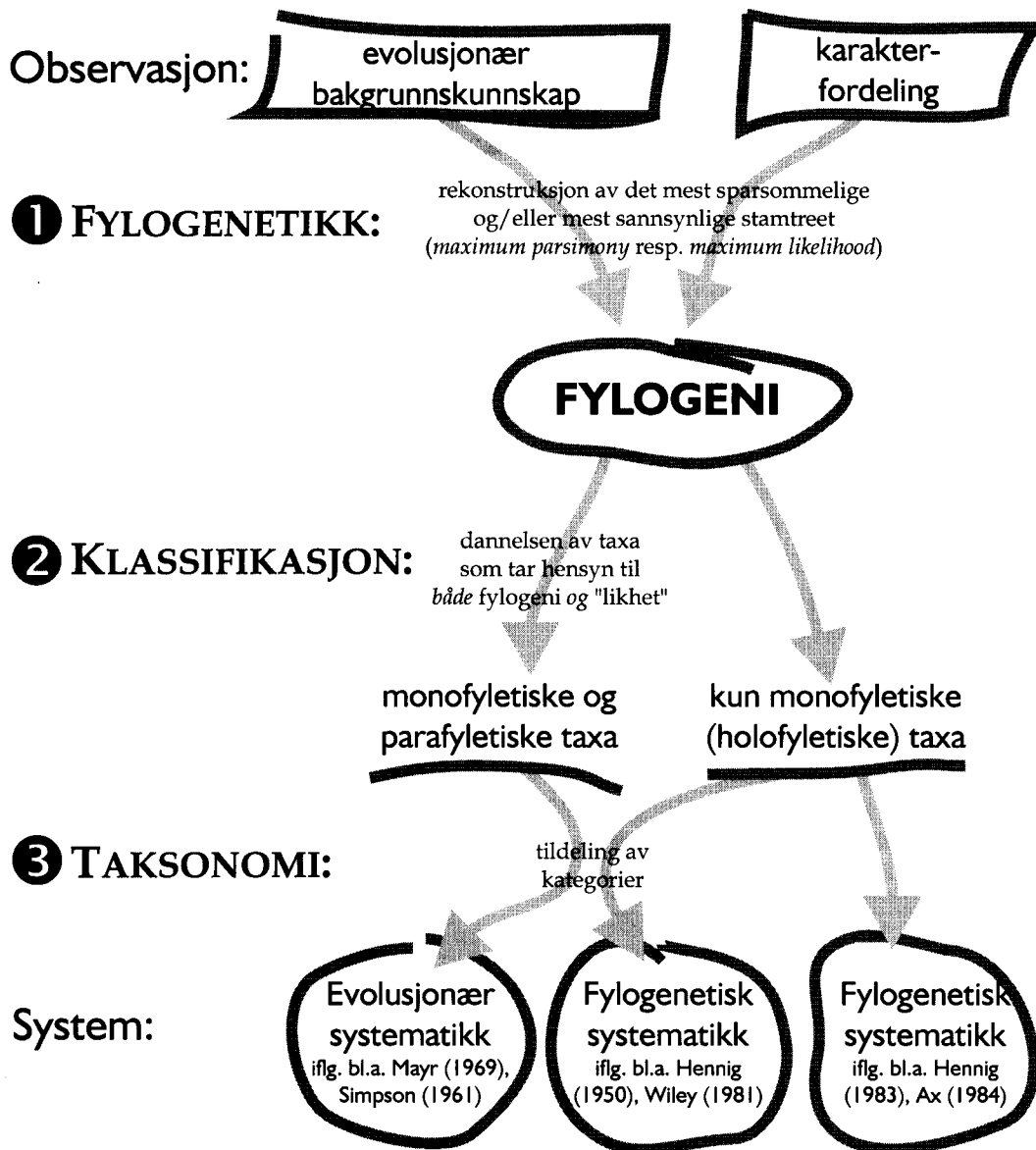
HANNO SANDVIK
INSTITUTT FOR BIOLOGI, UiTØ

Kunnskap om livets tre er viktig fordi den viser slektskapet mellom organismene, også kalt *fylogeni*. Når man f.eks. snakker om «virveldyrenes fylogeni», mener man slektskapsforholdene mellom virveldyrenes delgrupper. Tilsvarende kalles den biologiske disiplinen som forsker på evolusjonær slektskap for *fylogenetikk*. For mange har nok kunnskap om livets tre en nesten magisk tiltrekningskraft. For disse blant oss trengs det neppe noen rettferdiggjørelse for hvorfor man i det hele tatt skal bedrive fylogenetikk. Det fins imidlertid også en mer nøktern grunn til at kunnskap om fylogeni er nødvendig: Interspesifikke spørsmål – altså enhver problemstilling som gjelder mer enn én art, eller enhver lovmessighet som antas å gjelde på tvers av flere arter – kan bare besvares eller avdekkes hvis man kjenner til fylogeni til de involverte artene (Martins & Hansen 1996). Kunnskap om stamtreet er altså ikke bare relevant for evolusjonsbiologer, men også for fysiologer, økologer, cellebiologer, bevaringsbiologer, genetikere og alle andre som forsker på mer enn én biologisk art.



“Livets tre”. Se også artikkel i *Biolog* nr 2 2001. Foto: Jorun Nyléhn.

Vi kan i hvert fall slå fast at kunnskap om stamtreet eller om fylogeni er nyttig for biologer flest. Hvordan får man så tak i denne? Det er her problemene begynner. Selv om fylogenetikk er et ytterst produktivt forskningsfelt, er det så godt som umulig å få tak i denne informasjonen hvis man ikke fra før er veldig godt informert om faglitteraturen på området. Populære fremstillinger er til og med så godt som totalt fraværende. (Av de ytterst få unntakene kan nevnes Klaus Høilands artikkel i *Biolog* 2/2001 og min egen bok om dyrenes stamtre, Sandvik 2001.)



Figur 1. Systematikk bygger på observasjoner og består av opptil tre trinn. Det første trinnet – en vitenskapelig analyse av slektskapsforholdene mellom gruppene (fylogenetikk) – brukes av alle systematiske skoler. Det andre skrittet – sammenfatningen av artene til til dels kunstige (parafyletiske) grupperinger (klassifikasjon) – godtas kun av evolusjonære systematikere. Fylogenetiske sådanne tilbakeviser klassifikasjonen og opererer derfor utelukkende med naturlige grupper (monofyletiske taxa). Det siste skrittet – utdelingen av kategorier som rekke, orden osv. (taksonomi) – brukes av alle evolusjonære og noen fylogenetiske systematikere.

Se Figur 2 for et konkret eksempel som illustrerer forskjellen mellom de tre mulighetene. (En fjerde mulighet, å bruke trinn 1 og 2, men ikke 3, er teoretisk mulig, men har ingen tilhengere. En tredje systematisk skole – numerisk systematikk – er utelatt fordi den har forsvinnende liten betydning i dag.)

«Det kan da ikke være sant,» vil sikkert mange si, «det fins jo systematiske oversikter i nesten alle biologilærebøker.» Det er nettopp dette jeg vil skrive om: Systematikk er ikke fylogeni.

Fra fylogeni til system

Ofte brukes begrepene «systematikk», «klassifikasjon» og «taksonomi» om hverandre og på en slik måte at de inkluderer fylogenetikk. Man kan for så vidt ikke si noen ting imot slik bruk av ordene, men jeg skal her for nøyaktighetens skyld legge forskjellige betydninger i hvert av ordene. Figur 1 illustrerer disse betydningene og viser samtidig forskjellen mellom de viktigste systematiske skolene:

Klassifikasjon skal betegne det at en biolog sammenfatter arter til større grupper (*taxa*). Disse gruppene kan være kunstige samlebegreper (og kalles i så fall *para-* eller *polyfyletiske*), men kan også tilsvare naturlige enheter. Med «naturlige» eller *monofyletiske* grupper mener jeg slike slektskapsenheter som har blitt avdekket eller bekreftet gjennom fylogenetisk forskning, og som altså tilsvareer reelt eksisterende og fullstendige grener i livets tre.

Taksonomi skal betegne tildelingen av kategorier til gruppene man opererer med. *Kategorier* er i sin tur begrepene «rike», «rekke», «klasse», «orden», «familie», «slekt» og «art» samt noen flere som ikke er like mye brukt. Slike kategorier kan ses på som «etiketter» som «klistres» på utvalgte taxa – som når man bestemmer seg for å betegne pattedyr (et *taxon*) som «klasse» (en kategori).

Systematikk kan så brukes som overbegrep over disse aktivitetene samt nomenklatur, inklusive eller eksklusive fylogenetikk.

Det Figur 1 viser, er bl.a. at bruk av fylogenetikk ikke er omstridt blant de systematiske skolene som fins i dag. Det er bare klassifikasjonen og taksonomien som ikke alle systematikere ser på som nødvendige. Mens evolusjonære systematikere går fra observasjon til system ved å først bedrive fylogenetikk, så klassifikasjon og til slutt taksonomi, syns fylogenetiske systematikere at det er greit å hoppe over klassifikasjonen. Disse opererer altså utelukkende med monofyletiske grupper. En delgruppe av den siste skolen har så i tillegg droppet taksonomien.

Striden mellom de systematiske skolene var nokså heftig på 1960-, 1970- og 1980-tallet. Men de skolene som har overlevd disse debattene, er skjønt enige om én ting: Uansett hvordan man forholder seg til klassifikasjon og taksonomi, er *det første skrittet på veien til systemet at man må*

avdekke fylogeni til gruppen man forsker på. At fylogenetikk er nødvendig, er altså ikke kontroversielt i det hele tatt.

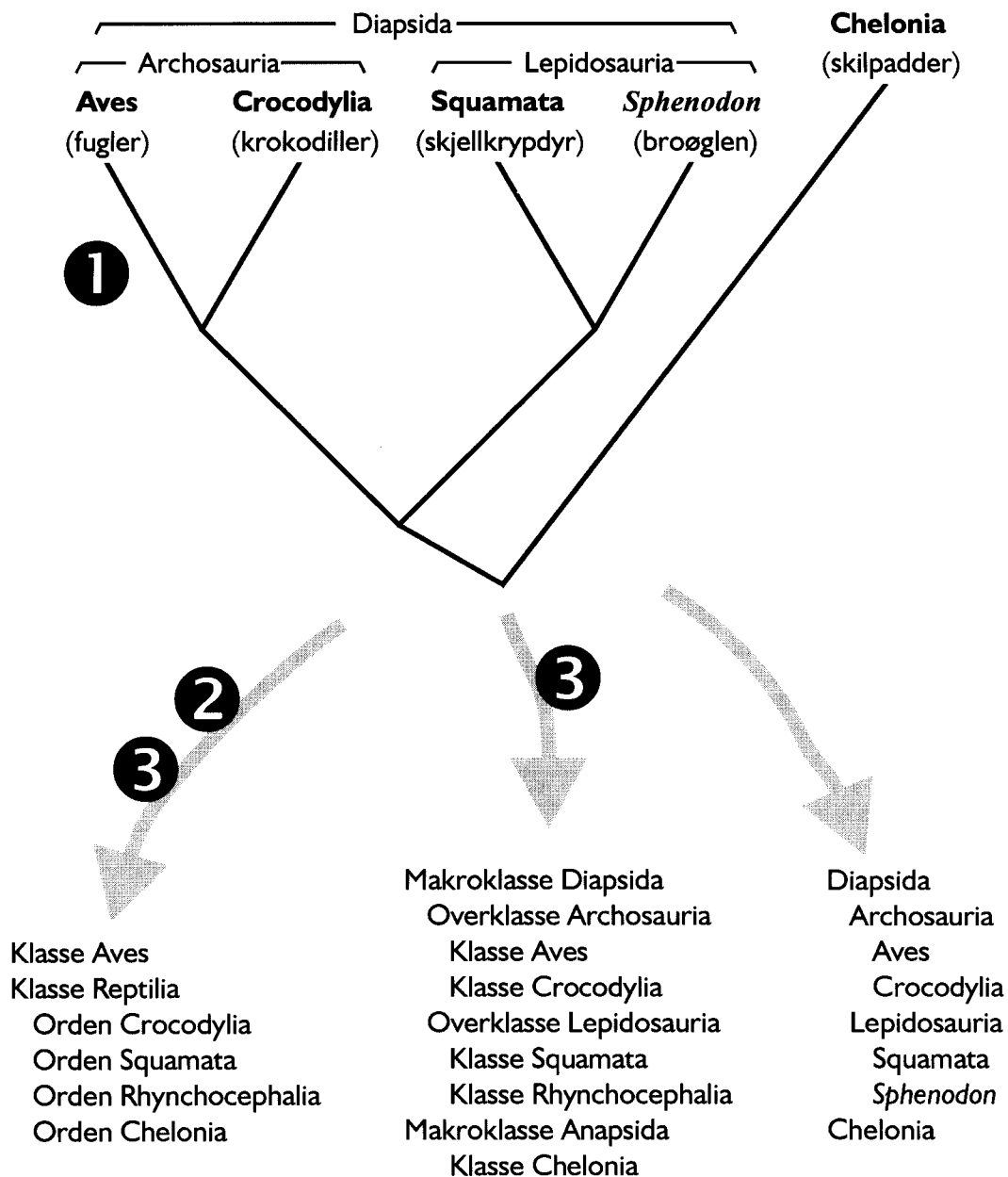
:sterke meninger om systematikk

Alle biologer har nok vært borti både cellebiologi og systematikk under utdannelsen sin. Men mens jeg ikke kan huske å ha vært borti en eneste opphetet debatt om cellebiologi mellom ikke-cellebiologer, har nesten alle biologer sterke – opptil veldig sterke – meninger om systematikk. Jeg vil ikke påstå at meningene blir sterkere jo mindre vedkommende vet om materien, men sammenhengen mellom informerthet og meningsstyrke er i hvert fall ikke den man burde forvente (sånn cirka lineært). Jeg har i tallrike diskusjoner møtt alle mulige vrangforestillinger på alle akademiske nivåer – helt fra nyinnskrevne biologistudenter via naturfaglærere med lang fartstid til ærverdige professorer.

Striden mellom de systematiske skolene fra 1960–80-tallet har åpenbart satt sine spor. Man husker eller har fått med seg at den var opphetet og trekker stort sett én av to konklusjoner: Enten (1) så tar man standpunkt, eller (2) man kommer frem til at det er tryggest å ikke ta noe standpunkt.

(1) Norge har vært en bastion av evolusjonære systematikere. Dette har, fordi valg av systematisk skole åpenbart fortsatt oppfattes som et betent tema, ført til flere beklagelige bivirkninger. For eksempel virker det som om flere biologer har utvidet sin aversjon mot fylogenetisk systematikk til også å gjelde fylogenetikk og fylogeni. Dette til tross for at heller ikke evolusjonær systematikk er mulig uten disse. Resultatet er at fylogener er så godt som fraværende fra undervisningen flere steder, slik at undervisningen halter etter forskningen med opptil 50 år. Dette er trist nok i seg selv (og en ganske unik situasjon sammenlignet med andre fag eller til og med andre biologiske disipliner), men blir enda verre hvis man tar innover seg at man i dag nesten ikke kommer utenom fylogener hvis man fortsetter biologistudiet sitt utover hovedfaget.

(2) Den andre ofte valgte strategien resulterer jevnlig i morsomme resonnementer: Hvis jeg ikke vil ta stilling, er det best å innta en mellomposisjon à la «fylogenetiske systematikere har nok i prinsippet mange gode ideer, men å gjennomføre dem helt konsekvent i praksis ville bli veldig formalistisk.» Problemet er at ved å gjennomføre dem «bare litt konsekvent», så gjør man ikke en mellomting, men bedriver fortsatt evolusjonær systematikk og har altså tatt stilling likevel. Ved å godta «bare noen få»



Figur 2. Veien fra fylogeni til system, illustrert med Sauropsida (fugler og krypdyr). Fylogenen, dvs. selve stamtreet, er resultatet av trinn 1 (jf. Fig. 1). Bruker man trinn 2 og 3 (evolusjonær systematikk, jf. Figur 1), kommer man til et system som inneholder parafyletiske grupper («Reptilia») og bruker kategorier. Bruker man kun trinn 3 (fylogenetisk systematikk, jf. Figur 1), får man et system med kun monofyletiske grupper, som alle bærer sine kategorier. Bruker man verken trinn 2 eller 3 (også fylogenetisk systematikk), kommer man til et system uten parafyletiske grupper og uten kategorier. De to sistnevnte systemene inneholder den samme informasjonen som stamtreet, bare at innrykkene overtar linjenes funksjon. Stamtreet kan derimot ikke leses direkte ut av det første systemet. Ved å sammenligne det midterste systemet med det til høyre, ser man også at man ikke mister informasjon ved å droppe kategoriene.

parafyletiske grupper, godtar man likevel parafyletiske grupper.

Et siste problem som kan nevnes, som også kan være en konsekvens av at noen biologer ser ut til å ha sluttet å tenke over systematikk en gang på syttitallet, er det følgende:

(3) Mange biologer har ikke forstått at både klassifikasjon og taksonomi er fullstendig basert på skjønn, mens fylogenetikk er en vitenskapelig aktivitet. Dette betyr ikke at tiden man bruker på klassifikasjon og taksonomi er bortkastet. Det er slett ikke bare vitenskap som har livets rett her i verden. Det eneste man må unngå når man holder på med aktiviteter som er basert på skjønn, er å tro at man holder på med vitenskap.

Vanlige misforståelser

For å illustrere hva disse misforståelsene kan føre til, og hvorfor de helst bør unngås, nevner jeg i det følgende noen eksempler. Disse kunne jeg ha hentet fra så godt som alle biologilærebøker, både norsk- og engelskspråklige, men for ikke å henge ut forfattere, har jeg valgt illustrasjoner som stort sett kommer fra *Aschehoug og Gyldendals store norske leksikon* (1995–99):

(1) Der er det f.eks. i noen sammenhenger gjengitt figurer som etter alt å dømme ser ut som stamtrær – og åpenbart også skal tolkes slik (f.eks. under stikkordene dyr, krypdyr, primater). Gruppene som gjengis i disse «stamtrærne» er imidlertid de fra den tradisjonelle, dvs. evolusjonære, systematikken. Man finner m.a.o. parafyletiske taxa i disse «stamtrærne», noe som *for all del* og ifølge både den evolusjonære og fylogenetiske systematikken må unngås. Grunnen til at evolusjonære systematikere tillot parafyletiske taxa i sine systemer, var nettopp at de klart og tydelig skilte mellom system og stamtre: Fylogenen skulle fremgå av stamtreet, ikke av systemet. Et system skulle brukes som supplement til et stamtre og skulle derfor uttrykke mer enn fylogeni. Denne kunne jo leses ut av stamtreet. Man kunne med andre ord lage systemet ut fra bl.a. stamtreet, men ikke tegne stamtreet ut fra systemet. Dette illustreres av Figur 2, der man ikke kan slutte seg til fylogenen hvis man bare sitter med systemet til venstre (det evolusjonære), mens de to andre (fylogenetiske) systemene kan oversettes både frem og tilbake, dvs. fra fylogeni til system og fra system til fylogeni. Men hvis man nå tegner «stamtrær» etter det evolusjonære systemet, blir det nødvendigvis feil! Slike feil ser ut til å være konsekvensen av at noen så å si var «overlojale» til den evolusjonære systematikken, slik at denne mistet hele sin mening (som er å gi informasjon *i tillegg til* – ikke istedenfor – stamtreet).

(2) Kritikken fra fagpersonen (refereen) som forlaget mitt hadde bedt om å uttalte seg om boken min (Sandvik 2001) før de antok manus-

kriptet, er en illustrasjon av følgene av å ikke ville ta noe standpunkt. Vedkommende kommenterte: «Manuset er svært argumentativt. Forfatteren står for det syn at den eneste faglig korrekte måten å klassifisere dyrene på er gjennom deres evolusjonære slektskap. Det utføres i praksis i kapittel 5 [om fylogeni]. Jeg tror litt mer balanse hadde gjort seg her.» Dette hadde vært forståelig, hadde jeg f.eks. brukt boken min til å rakke ned på én av de systematiske skolene, noe jeg slett ikke gjør. (Tvert imot, så sier jeg at valget mellom skolene er vilkårlig og mest avhengig av hva man forventer av et system.) Fagpersonens kritikk tok dermed utelukkende utgangspunkt i at jeg bruker en tredjedel av boken til å gjenfortelle dyrenes fylogeni, noe som (nødvendigvis) skjer uten å nevne kunstige (parafyletiske) grupper og uten å bruke kategorier (jf. Fig. 1).

(3a) Folk flest, inkludert biologistudentene, tror at kategorier må ha noe å fortelle hvis biologer bruker så mye tid på dem. I denne søken etter kategoriernes mening ilegges disse alle mulige betydninger de ikke har. I en populær fremstilling av systematikkens prinsipper kunne man for en tid tilbake lese: «Fløyelsdyr – en gruppe med 120 arter – klassifiseres i en egen rekke, som søstergruppe til rekken leddyr, med millioner av arter fordelt i store, tallrike undergrupper, som edderkoppdyr, krepsdyr og insekter. Klassifikasjonen innebærer at de to gruppene er *fjernt*, men likevel klart beslektet» (Johansen 1998:12). Dette er en feilslutning som kommer av at det har blitt lagt for mye i kategoriene. Fløyelsdyr er nærmest beslektet med leddyr. Leddyr har blitt tildelt kategorien «rekke». Derfor må også fløyelsdyr bli en rekke. Ikke fordi fløyelsdyr står «fjernt» fra leddyr, men bare fordi leddyr allerede har blitt kalt rekke. Den samme misforståelsen går frem av utsagnet «Kategorier [...] uttrykker ikke hver især klart definerte, objektivt fastsatte grader av slektskap. Det kan de ikke gjøre, ganske enkelt *fordi vi ikke har kunnskap nok* om de dypere detaljene i et slikt bilde» (Johansen 1998:12). Den første setningen er åpenbar sann, men begrunnelsen desto «feilere». Den korrekte grunnen er: Det kan de ikke gjøre *selv om vi har kunnskap nok* om de dypere detaljene i et slikt bilde, ganske enkelt *fordi et stamtre med mange millioner nokså tilfeldig fordelte og oppgrenete grener ikke lar seg presse i en kunstig tvangstrøye bestående av sju kategorinivåer*.

(3b) I sted sa jeg «folk flest», men må i rettferdighetens navn tilføye at også ferdigutdannede biologer har sine problemer med å innse at kategorier i seg selv er fri for informasjon. Når f.eks. en biologiprofessor lærer bort – og legger stor vekt på – at sopp

er et eget rike, så vil nok de fleste studentene hans gå ut ifra at det er feil å betegne sopp som noe annet enn et rike. Men det er det ikke. Selvfølgelig er det ikke feil å betegne sopp som et rike heller – kategorier (som riker) bygger jo nettopp på skjønn og mangler dermed evnen å være feil. Det som ligger bak informasjonen «sopp er et rike» er nok ønsket om å få studenter til å skjønne at sopp ikke er planter. Hvorfor da ikke bruke vitenskapen til det samme formålet? «Sopp er søstergruppen til dyr pluss krageflagellater,» kan man f.eks. uten videre lære bort til studentene sine. Da skjønner de at sopp ikke er planter, samtidig som de har fått vite noe nyttig, nemlig et lite utsnitt av livets tre.

(3c) Et eksempel på at systematikere fremstilles som kranglete er det følgende utdraget fra *Det store norske leksikon*: «Enkelte forskere har slått fugler og krypdyr sammen under fellesbetegnelsen Sauropsida» (bind 5, s. 580). Dette er villedende fordi det formidler et bilde av at denne sammenslåingen ikke er akseptert («enkelte forskere») og/eller at slike avgjørelser er vilkårlige. Men fugler pluss krypdyr er Sauropsida, det er det ingen som tviler på (jf. Fig. 2). «Problemet» som dukker opp er jo bare at Sauropsida hører til den usynlige majoriteten av taxa som ikke har fått tildelt noen kategori, og at krypdyr er parafyletisk. Men da burde leksikonet si *det*, og ikke så tvil om det lille man med sikkerhet *vet*. Kronen på det hele er leksikonets meddelelse at «moderne systematikk setter spurvefugler sist i systemet» (s. 584) – en opplysning som er fullstendig meningstom. Det kan nok stemme at spurvefugler står sist i de fleste systemer, men hvis man ikke opplyser om hva dette innebærer, er utsagnet bortkastet. De fleste lesere vil jo tro at utsagnet må bety noe, hvis det først prioriteres i en leksikonartikkel. Alle tolkninger man måtte komme frem til, er imidlertid feil: Spurvefugler er verken den yngste (sist oppståtte) eller den «høyest utviklete» fuglegruppen. Sant nok har spurvefugler mer arter enn alle andre fugleordener til sammen (en litt merkelig betydning av ordet «sist», hvis det var det man siktet til), men for det første burde man si det hvis det er det man mener. For det andre forteller dette faktumet minst like mye om systematikeren som valgte å kalle spurvefugler for en orden, som det forteller om spurvefugler.

Systematikk er viktig!

Bakgrunnen for denne artikkelen er at jeg har sett meg lei på at fagfeltet mitt fremstilles som unøyaktig og vilkårlig. Mye av dette bildet har vært reelt, og i den grad må systematikere derfor selv ta på seg skylden for dette inntrykket. Det er ikke for ingenting at det bildet systematikere gir utad, er at de er en flokk med

beinleddtelligende nerder som krangler om alt og ingenting. At det ikke hadde trengt å være sånn, er en helt annen sak. (For en som er født for sent til å kunne ha fulgt med på 1960–80-tallets debatter «live», må jeg si at det i etterkant virker ganske uforståelig at det i det hele tatt var så mange følelser i sving!) Derfor håper jeg at utføringene mine har vært litt avklarende, og bidrar til å legge de groveste misforståelsene bak oss.

Å skille mellom skjønn og vitenskap, for å bruke dette som et siste eksempel, betyr f.eks. at man slipper mange «diskusjoner», som strengt tatt ikke hadde vært noe krangle om. Selv om slike spørsmål har tatt opp verdifull plass i fagtidsskrifter før i tiden, er det f.eks. meningsløst å diskutere om strålefinnefisk skal være en egen klasse eller «bare» en underklasse. Begge avgjørelser er akkurat like vilkårlige, slik at det ikke fins noen vitenskapelige argumenter for verken den ene eller andre. Hvis man ønsker å bruke kategorier, må disse rett og slett fordeles på en eller annen måte. Å gjøre slike spørsmål til stridsspørsmål er ikke bare faglig ufruktbart og tar tiden fra viktigere gjøremål, men ødelegger også for anseendet vårt utad (og dermed ikke minst rekrutteringen til faget).

Litteratur

- Jeg har redusert referansene til et minimum. Disse kan finnes i boken min (Sandvik 2001; særlig kap. 7).
- Ax, P. 1984. *Das Phylogenetische System. Systematisierung der lebenden Natur aufgrund ihrer Phylogenese*. 349 s. Fischer, Stuttgart & New York [Eng. overs. 1987. *The phylogenetic system: the systematization of organisms on the basis of their phylogenesis*. 340 s. Wiley & Sons, Chichester].
- Hennig, W. 1950. *Grundzüge einer Theorie der Phylogenetischen Systematik*. 370 s. Deutscher Zentralverlag, Berlin.
- Hennig, W. 1983. Stammesgeschichte der Chordaten. *Fortschr. zool. Syst. Evol.-forsch.* 2, 1–208.
- Høiland, K. 2001. Livets tre. *Biolog (Oslo)* 19(2), 2–9.
- Johansen, K. 1998. Darwin eller Lamarck. *Klassekampen* 28. november, 12–13.
- Martins, E.P. & Hansen, T.F. 1996. The statistical analysis of interspecific data: a review and evaluation of phylogenetic comparative methods. Pp. 22–75 in Martins, E.P. (ed.) *Phylogenies and the comparative method in animal behavior*. Oxford University Press, New York & Oxford.
- Mayr, E. 1969. *Principles of systematic zoology*. 475 s. McGraw-Hill, New York.
- Sandvik, H. 2001. *Dyrenes evolusjon – en innføring i systematisk zoologi og dyrenes stamtre*. 206 s. Tapir, Trondheim.
- Simpson, G.G. 1961. *Principles of animal taxonomy*. 247 s. Columbia University Press, New York.
- Wiley, E.O. 1981. *Phylogenetics: the theory and practice of phylogenetic systematics*. 439 s. Wiley & Sons, New York.

