

# Livets springende udvikling

- en historie om evolution og massedød

Hvor hurtigt opstår nye arter? Går det ufatteligt langsomt eller kan det også ske i et "snuptag"? Denne artikel beskriver et enestående eksempel på det sidste. Det er særligt interessant, fordi det foregik for 65 millioner år siden og var knyttet til den verdensomspændende katastrofe, som bl.a. udryddede dinosaurerne.



Foto: Carsten R. Kjær

*Stevns Klint på Sjælland – her kan man studere den meget spændende geologiske grænse mellem Kridt- og Tertiærtiden i smukke omgivelser.*

Lige siden Darwin i 1859 udgav sin "Arternes oprindelse" har man diskuteret, hvor hurtigt nye arter dannes. Darwins teori var, at evolutionen går meget langsomt og gradvist. Mekanismen kaldte han "naturlig udvælgelse" – dvs., at de individer, der er bedst til at tilpasse sig ændringer i miljøet, efterlader sig mest afkom. På denne måde udvikler hele arten sig gennem bittesmå tilpasninger til et miljø i stadig forandring.

Imidlertid havde Darwin det problem, at hvis nye arter udvikles gradvist, må det vrimle med fossile overgangsformer i de geologiske lag. Det er imidlertid ikke tilfældet. Tværtimod

ser man ofte, at arter optræder stort set uændrede over meget lange tidsrum og egentlige overgangsformer er ret sjældne.

En forklaring på dette forhold kunne være, at nye arter oftest opstår ved, at en mindre gruppe af moderarten isoleres geografisk. Artsdannelsen sker derfor inden for et lille geografisk område, som det vil være vanskeligt at genfinde i de geologiske lag.

En anden mere radikal forklaring på denne mangel på overgangsformer blev formuleret af palæontologerne Niles Eldridge og Stephen J. Gould i 1972. De foreslog, at overgangsformer simpelthen er sjældne, fordi evolutionen ofte

forløber springvis. Denne teori om springvis evolution diskuteres man stadig. Men et enestående eksempel på, at det faktisk forekommer, finder vi på vore egne breddegrader.

## Den store katastrofe

Tilpas dig nu – eller uddø! Disse ord beskriver på en populær måde det ultimatum, som mange arter på Jorden blev stillet overfor for 65 millioner år siden, efter at jorden var blevet ramt af en verdensomspændende katastrofe på grænsen mellem de to geologiske tidsperioder, vi kalder for Kridt og Tertiær.

De geologiske lag bærer vidnesbyrd om, at dyrelivet dengang undergik dramatiske for-

Af Carsten Rabæk Kjær og Erik Thomsen



En håndfuld timeglassøliljer, som de findes i kalken ved Nye Kløv. Til højre ses en rekonstruktion af et helt individ.

andringer. Studerer man lagernes indhold af fossiler henover grænsen, bemærker man, at der inden for de fleste dyregrupper sker en meget brat nedgang og udskiftning af arter. Man har anslået, at mellem 50 og 75 % af verdens dyrearter uddøde på overgangen mellem Kridt- og Tertiærtiden.

Blandt de uddøde dyregrupper var dinosaurerne og med dem en lang række organismer fra både landjorden og havet, lige fra de mindste encellede alger til de kæmpestore flyvende- og havlevende krybdyr. De fleste forskere hælder til den teori, at årsagen til katastrofen var, at en kæmpemæssig

meteorit kolliderede med Jorden (se faktaboks).

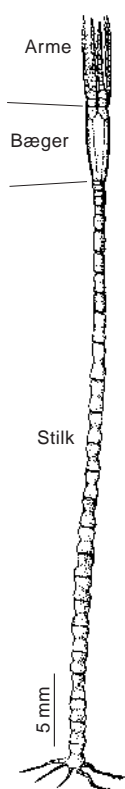
I Danmark findes nogle af verdens bedste lokaliteter, hvor man kan studere Kridt/Tertiær-grænsen. Den bedst kendte er nok Stevns Klint, men der findes flere andre lokaliteter, der er mindst lige så spændende, f.eks. Nye Kløv i Nordjylland.

#### Søliljer i massevis

Nye Kløv er et menneskeskabt hul i en gammel kystskrænt fra stenalderhavets tid. Her har man engang gravet kalk og det

efterladte hul er nu langsomt ved at skride sammen og vokse til. Kun når energiske forskere går løs med hakke og spade kommer selve grænsen til syne.

Ved Nye Kløv markeres grænsen af et tyndt lerlag. Detaljerede undersøgelser af kalklagernes fossiler lige over lerlaget afslører en ganske usædvanlig fauna. Det er påfaldende, at denne "grænsefauna" er fuldstændig domineret af pighuder – en dyregruppe, som omfatter de nulevende søpindsvin, søstjerner, slangestjerner, søliljer og søpølser. Grænsefaunaen domineres af en type sølilje, som vi her kalder timeglassøliljer. De er normalt ret sjældne, men i grænselagene udgør de op til 80 % af faunaen (se figur herunder)

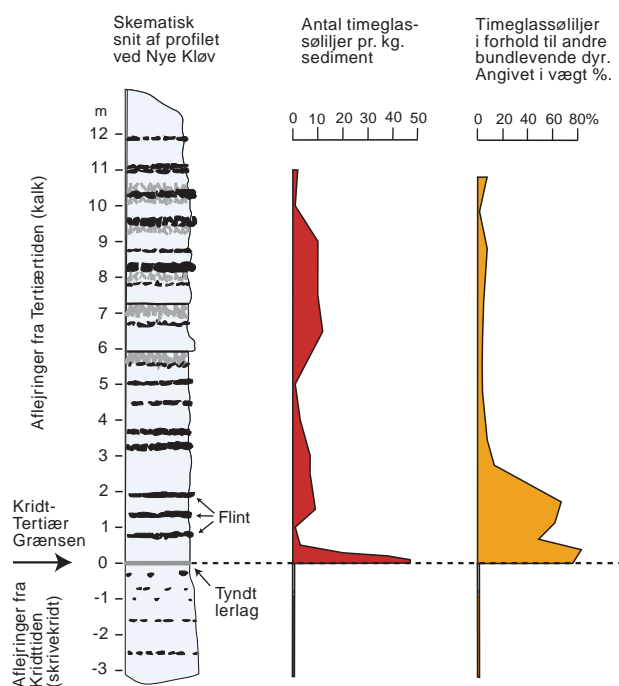


#### Evolution på Kridt-tertiær-grænsen

Timeglassøliljerne er imidlertid ikke kun interessante på grund af det usædvanligt store antal på Kridt/tertiær-grænsen. De fortæller også en unik historie om artsdannelse og dermed om evolutionens gang. Historien handler om tre arter, som vi for en nemheds skyld kalder A, B

## Kridt / Tertiær-grænsen

Jordens geologiske tidsperioder falder ofte sammen med store ændringer i jordlagernes indhold af fossiler. En af de mest markante ændringer markerer grænsen mellem tidsperioderne Kridt og Tertiær. De fleste lokaliteter, som indeholder Kridt/Tertiær-grænsen var oprindeligt dækkede af hav, og på de fleste er grænsen markeret af et tyndt lerlag. Dette lerlag indeholder samtidig en række usædvanlige mineraler og grundstoffer. Man har især konstateret et unormalt højt indhold af grundstoffet Iridium, og at det indeholder glasagtige korn (såkaldte tektitter) samt specielle korn af mineralet kvarts, som bærer præg af, at en chokbølge har passeret gennem mineralet. Sådanne chokpåvirkede kvartskorn finder man normalt kun i forbindelse med kraterer fra meteoritnedslag eller atombombsprængninger. Sammenfaldet af disse sjældne fænomener peger på, at grænsen repræsenterer en helt speciel begivenhed – enten et meteoritnedslag eller voldsom vulkanisme. Meteoritteorien har i de seneste år stået stærkt, efter at man har påvist et muligt nedslagskrater, nemlig en kæmpemæssig begravet, ringformet struktur med en diameter på knap 200 km beliggende i Mexico ved Yucatan-halvøens nordøstlige spids.



Figuren viser udviklingen i antallet af timeglassøliljer hen over Kridt/Tertiærgrænsen ved Nye Kløv.



Den verdensberømte lokalitet Nye Kløv – selve Kridt/Tertiær-grænsen finder man tæt ved personen til venstre i billedet



og C. Art A findes sparsomt i kridttidslagene for præcis på Kridt/Tertiær-grænsen at blive afløst af arterne B og C. Der er ingen tvivl om, at art A er forfader til de to nytillkomne arter. Faktisk kan man koge forskellen på de tre arter ned til et spørgsmål om en enkelt lille skeletdel. For at forstå dette kan man betragte illustrationen af søliljens opbygning.

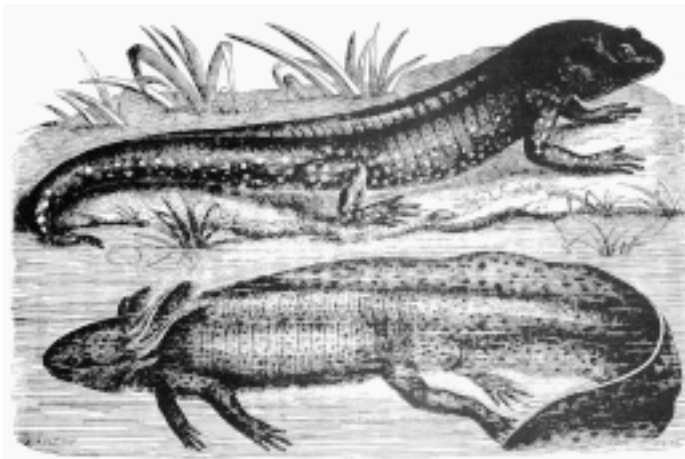
Timeglassøliljen er i princippet opbygget af en stilk, et bæger og et sæt af arme. Det er i bægeret, det interessante sker, så lad os derfor i første omgang nøjes med at studere denne del af søliljen. Bægeret består af to kranser af hver fem kalkplader. I tillæg til disse to kalkkranser findes der på nogle timeglassøliljer, heriblandt alle tilhørende art A, en ekstra skeletdel, et såkaldt proximale.

Det er i realiteten dette proximale, som art A skiller sig af med, hvilket giver ophav til arterne B og C. Art C har slet ikke noget proximale, mens det hos art B er reduceret i størrelse.

### En logisk forklaring

Hvad skal dette krumspring nu gøre godt for? Svaret på dette spørgsmål hænger sandsynligvis sammen med dyrets måde at vokse på.

Hvis man undersøger forskellige vækststadier hos timeglassøliljerne viser det sig, at bægerene hos helt unge individer af art A kun består af de to øverste kalkkranser – proximalet mangler altså. Stilkens længde bestemmes af antallet af stilk-



Den mexicanske salamander *Ambystoma* – nederst ses et udvokset eksemplar, som på mange måder stadig er en haletudse. (Efter Dominil)

led, og disse anlægges fortløbende umiddelbart under den nederste kalkkrans. På et givet tidspunkt vokser det øverste stilkled sammen med bægeret. Det vokser i størrelse og danner dermed proximalet, hvilket samtidig forhindrer søliljen i at anlægge flere stilkled.

Hvis der er et behov for at anlægge en længere stilk, kan dette kun ske ved at proximalet anlægges på et senere tidspunkt, således at der er mere tid til at anlægge nye stilkled. Hvis proximalet helt fjernes vil stilkens i princippet kunne forlænges hele livet. Og som sagt så gjort! I lagene umiddelbart over Kridt-Tertiærgrænsen finder vi næsten udelukkende timeglassøliljer uden proximale (art C). Og på de få individer, der har bibeholdt et proximale (art B), er dette tydeligvis anlagt på et senere tidspunkt end hos deres forfader art A.

### Betydningen af timing

Dermed er det antydnet, at en meget vigtig faktor i en organismes vækst er *timing*. Det kan være meget afgørende, på hvilket tidspunkt i udviklingen fra foster til voksent individ, at bestemte organer anlægges. Hvis anlæggelsen af et bestemt organ forskydes i tid – altså enten fremskyndes eller forsinkes – får det konsekvenser for det voksne individ.

Som et berømt eksempel kan nævnes den mexicanske salamander *Ambystoma*. Normale salamandre klækkes som haletudser med ydre gæller og svømmehale. På et tidspunkt forvandles haletudsen til en salamander med lunger og ben, mens svømmehalen reduceres. *Ambystoma* undergår under normale omstændigheder ikke denne forvandling – tværtimod fortsætter den uforandret hele livet og ender som en gigantisk haletudse, der er i stand til at forplante sig og lægge æg på hel normal vis. Denne form for tidsforskydning, hvor den kropslige udvikling forsinkes i forhold til kønsmodnings-tidspunktet, kaldes *neoteni*.

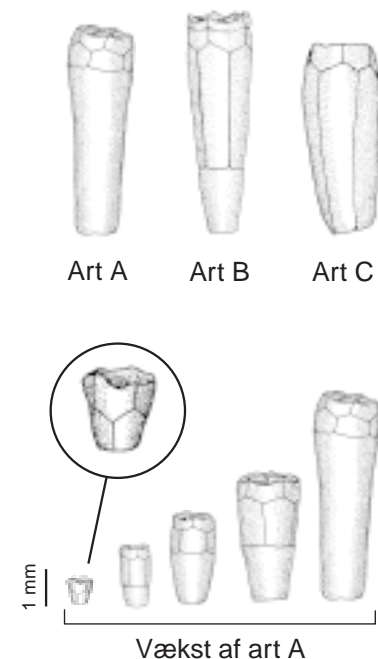
Neoteni menes i øvrigt at være en væsentlig mekanisme i menneskets udvikling, idet det voksne menneske på mange måder har en påfaldende lighed med abeunger (se foto). Og det er netop også den mekanisme, der har været medvirkende til timeglassøliljernes forandring efter katastrofen på Kridt/Tertiær grænsen. Den nye søliljeart

C mangler et proximale og ligner på dette punkt "børnestadierne" hos dens forfader A. Fordelen hermed er som tidligere nævnt, at den så kan fortsætte med at danne nye stilkled og dermed forlænge stilkens.

### Madmangel som årsag

Et indlysende spørgsmål er, hvorfor det på det tidspunkt har været en fordel med en længere stilk? Noget entydigt svar kan vi ikke give, men et godt bud er madmangel. De fleste forskere er enige om, at havenes planteplankton og dermed det basale led i fødekæden i tiden efter meteoritnedslaget var stærkt reduceret, måske som følge af mørke og kulde.

Timeglassøliljer ernærer sig af plankton, som de indfanger i deres system af arme. Individer med en lang stilk vil kunne nå højere op i vandmasserne og dermed have en fordel ved at kunne indfange de sparsomme



## Artsbegrebet

Selvom man i det daglige ofte snakker om arter i alle mulige sammenhænge, er det slet ikke så nemt endda at definere, hvad man overhovedet forstår ved en art. Igennem tiden har man således opereret med flere forskellige artsbegreber.

Det mest anvendte artsbegreb i dag er det såkaldte *biologiske artsbegreb*, som tager udgangspunkt i, levende væsners evne til at formere sig med hinanden. Hvis en afgrænset gruppe af individer indbyrdes er i stand til at formere sig med hinan-

den, men ikke med væsner fra andre afgrænsede grupper, taler man om en art. En art er således *reproduktivt isoleret* fra andre arter.

Det er imidlertid klart, at det ikke giver megen mening at snakke om forlængst uddøde organismers evne til at formere sig med hinanden. Når man studerer fossiler er man således henvist til at se på rent fysiske forskelle og ligheder hos de studerede organismer, og, hvis det er muligt, sammenligne dette med nulevende slægtninge.

madpartikler først. Fødepartiklerne drysser imidlertid ikke bare ned fra oven, men bliver snarere transporteret vandret af en jævn vandstrøm (se figuren herunder). Således kan søliljerne komme til at stå i læ af hinanden, hvilket kan modvirkes af en længere stilk.

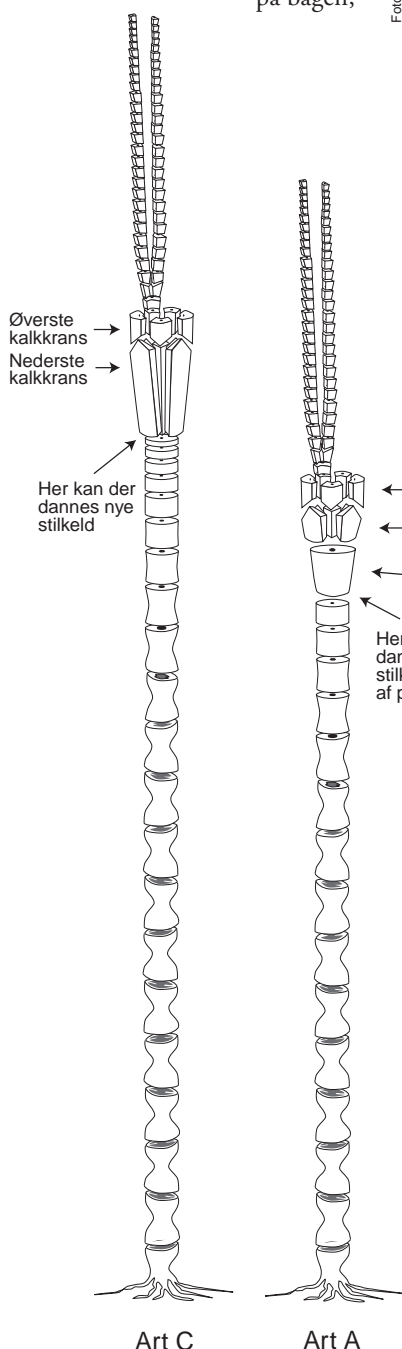
### Spring- eller gradvis?

For at vende tilbage til diskussionen om springvis evolution er timeglassøliljernes historie et sjældent pædagogisk eksempel på netop dette. Art A findes uafbrudt i flere hundrede meter skrivekridt, og den havde millioner af år på bagen,



Foto: Carsten R. Kjaer

Kranier af henholdsvis en unge og udvokset gorilla. Bemærk ungens meget menneskelignende kranium.

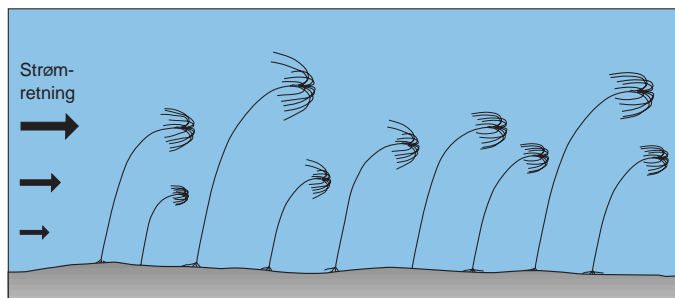


da den på Kridt/Tertiærgrænsen gav ophav til arterne B og C. På samme måde findes arterne B og C flere millioner år efter begivenheden. I forhold til disse lange tidsrum må selve artsdannelse være sket på et øjeblik. Selve artsdannelsen sker faktisk i løbet af den tid, som det har taget at aflejre de få cm. græsener, og hvis vi antager, at dette er støv og andre rester efter et meteoritnedslag, taler vi sandsynligvis om ganske få år.

Uanset hvor lang tid det har taget for art A at give ophav til arterne B og C er timeglassøliljernes artsdannelse på Kridt/Tertiær grænsen unik af flere grunde.

For det første er udviklingen entydigt knyttet til en verdensomspændende, geologisk begivenhed, og man kan stedfæste artsdannelsen til at foregå inden for et interval på kun få cm.

For det andet er det sjældent, at man kan påvise, hvilken mekanisme der har været involveret i artsdannelsen, nemlig her neoteni. Der findes i de geologiske lag kun meget få veldokumenterede tilfælde af neoteni, som involverer konkrete arter.



Rekonstruktion af en havbund med timeglassøliljer. Ved hjælp af muskler i armene er de i stand til at bøje armene bagud i forhold til en let strøm.

### Om forfatterne:

**Carsten R. Kjaer** er cand. scient. i geologi og redaktionssekretær på Aktuel Naturvidenskab.

Ny Munkegade, Bygn. 520  
8000 Århus C  
E-post: geolcrk@aaau.dk  
Tlf.: 89 42 55 55

**Erik Thomsen** er lektor ved Geologisk Institut, Aarhus Universitet.

C.F. Møllers Alle, Bygn. 131  
8000 Århus C  
E-post: geolet@aaau.dk  
Tlf.: 89 42 26 27

### Her kan du læse videre:

Om evolution: Bonde, Hoffmeyer og Stangerup: *Naturens Historiefortællere*. Gad 1996.

En videnskabelig artikel om timeglassøliljernes evolution på Kridt/Tertiærgrænsen findes i *Paleobiology* 1/1999.