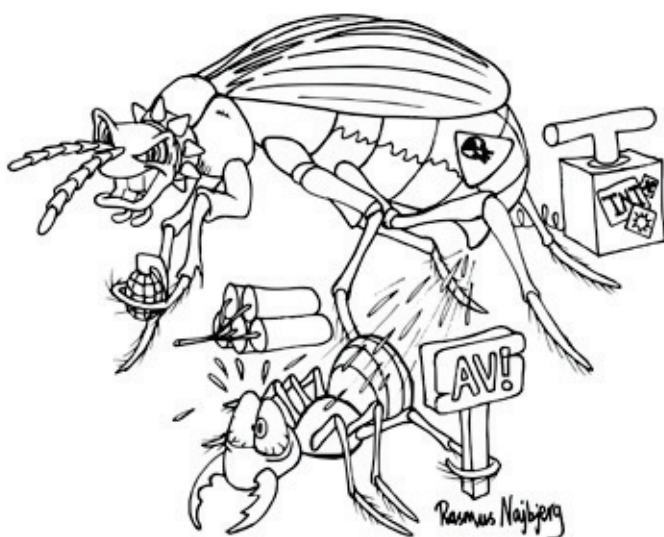


■ Løbebilleren bombardérbillen (fra familien Carabidae) var yndlingsobjekt i creationistisk litteratur i 1980'erne længe inden nogen talte om intelligent design. Anti-creationister har selvfølgelig ikke ladet det stå uimodsagt gennem tre årtier. Er bombardérbillen designet? Vi vurderer den evolutionære forklaring.

Bombardérbillen

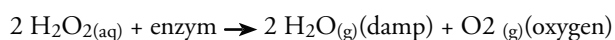
Af Kristian Bánkuti Østergaard, illu. Rasmus Najbjerg



Sådan fungerer den

Insekter er designet med mange raffinerede former for forsvar. Bombardérbillen skyder kogende syre ud i hovedet på sin fjende i et hurtigt smæld. Stofferne er opbygget som 2-komponentlim der først virker når de er blandet. Billen har i kroppen et tokammersystem til sin forsvarsmekanisme. Det ene kammer indeholder hydrogenperoxid (brintoverilte, H_2O_2) og hydrokinoner, og disse stoffer er ikke i sig selv eksplosive, men det bliver de når de blandes med enzymerne katalase og peroxidase i det såkaldte eksplosionskammer yderst i bagenden på billen. Resultatet er en sky af kogende ildelugtende væske som får de fleste rovdyr til at slippe deres tag i billen og flygte. Bombardérbillen rammer målet med stor præcision da bagkroppen hos nogle arter kan sigte på målet i en radius på op til 270° inden "kanonen" fyres af. Kemisk set er der ikke tale om en eksplosion, men en superhurtig reaktion¹.

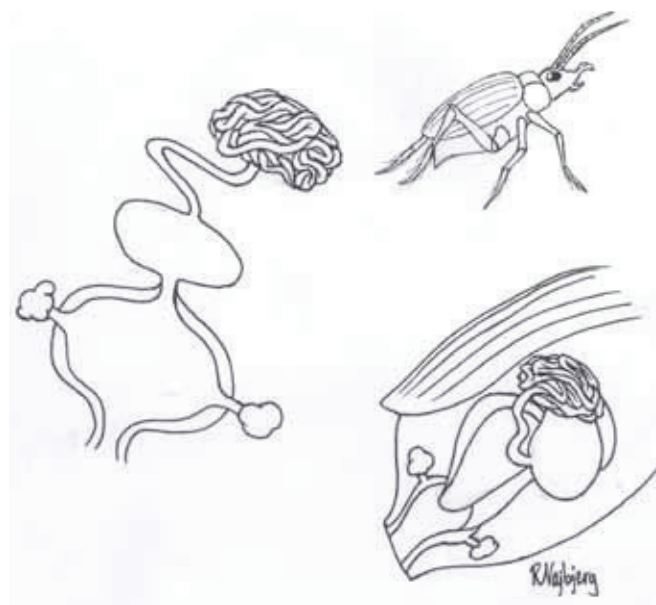
Den kemiske reaktion ser sådan ud:



H_2O_2 – brintoverilte eller hydrogenperoxid

Enzymerne katalase + peroxidase

Man har hidtil forestillet sig en enkelt sammenblanding i eksplosionskammeret har udløst et bang, men mekanismen er faktisk mere raffineret. Der foregår en række minieksplorationer som resulterer i 368-735 små trykstød per sekund i reaktionskammeret, og det danner en såkaldt puls-jet. Selve eksplosionen varer kun fra 2,6 til 24,1 millisekund. Ingeniøren Novid Behesthi og professor i termodynamik Andy McIntosh, begge fra Leeds Universitetet i England, har lavet en computermodel af eksplosionen, og den viser at affyringen hos bombardérbillen reguleres af ventiler mellem kamrene som lukker og åbner alt efter hvor højt trykket er i systemet. Røret hvor eksplosionen fører ud af billen, kan også reguleres, så nogle arter kan opnå et skud med en fart på 40 kilometer i timen².



Eksplosionsforløbet beskrives let omskrevet af Thomas Hesselberg således:

1. Bombardérbillen bruger muskler til at åbne forbindelsesventilen og tvinger dermed hydrogenperoxid ind i reaktionskammeret.
2. Hydrogenperoxiden reagerer med de enzymer der befinder sig i reaktionskammeret, og med det øgede tryk opstår der en temperatur på mere end $105^\circ C$, og vandet koger.
3. Reaktionen fører til dannelse af frit ilt, og udskillelsen af denne gas samt temperaturforøgelsen øger trykket i kamret.

4. Når trykket når op på 1,1 bar, tvinges udgangsventilen op, og gassen udvider sig.
5. Dette får forbindelsesventilen mellem reservoir og reaktionskammer til at lukke sig.
6. Trykket forbliver højt indtil slutningen af væskeudladningen hvor trykket hurtigt formindskes.
7. Det mindskede tryk får udgangsventilen til at lukke, men samtidig åbner forbindelsesventilen igen, og cyklussen kan fortsætte på denne måde indtil billen ikke længere spænder sine muskler.

<http://www.biomimetik.dk/bombarderbille>

Kan mekanismen opstå gradvis?

Darwin forventede en langsom, gradvis udvikling hvor de gavnlige variationer ville blive håndplukket og bevaret af den naturlige selektion hvis de er en fordel for billen i det miljø den lever i. Tanken om den gradvise udvikling er svær at forene med en kompliceret kemisk/fysisk mekanisme som vi ser den hos bombardérbillen. Ethvert trin i den gradvise udvikling skal være bedre end det foregående, for ellers vil den naturlige selektion udradere prototypen i udvælgelsen af den bedst tilpassede. Kan man påvise en sådan gradvis udvikling hvor hvert trin er bedre end det forrige? Eller kan man blot give et teoretisk bud på et sådant evolutionsforløb? Vi skal se på to forfatteres bud, men først se på den udfordring vi står over for.

Forsvarssystemet vil være ubrugeligt eller livsfarligt hvis blot enkelte elementer mangler.

- Hydrogenperoxid som normalt lynhurtigt fjernes fra levende organismer fordi de er skadeligt, skal opsamles og isoleres uden at skade billens celler. Den indvendige cellestruktur i opsamlingskamrene skal altså virke beskyttende imod stoffet.
- Hydrogenperoxid opnår i opsamlingskamret en koncentration på 25 %, og det er blandet med hydroquinoner med en koncentration på 10 %. Enzymerne katalase og peroxidase opsamles i andre kamre for sig og opbevares i et forhold på én del peroxidase til 2 dele katalase. Det er nødvendigt med en reguleringsmekanisme for at koncentrationerne kan holdes stabile. På den ene side må kemikalierne ikke nå en koncentration der skader billedes celler; på den anden side skal koncentrationen være så høj at der kan indtræde en eksplosionsagtig reaktion. Det er tænkeligt at det sker ved negativ feedback, dvs. hvor produktionen bremses hvis koncentrationen er for høj, og tilsvarende øges hvis den er for lav. Samme reguleringsprincip ser vi ved blodsukker-balancen hos mennesket. Det kræver udvikling af specifikke receptorer som kan registrere koncentrationsforskelle af netop de stoffer og hormoner som kan regulere koncentrationen.
- Der skal udvikles en indsamlingsblære som kan opsamle stofferne i kamrene.

prøv selv



Reaktionen i bombardérbillen kan man afprøve på køkkenbordet hjemme. Blend en rodfrugt – fx knoldselleri – og bland det med ca. en halv deciliter brintoverilte. Smothien fra blendet indeholder enzymet katalase som bombardérbillen har i det ene kammer. Blandingen vil resultere i en udvikling af skum. Reaktionen ses tydeligere i et slankt glas og tilsætning af et par dråber sulfo inden sammenblanding vil forstærke skumudviklingen. Den almindelige 3 %-brintoverilte (hydrogenperoxid) fra medicinskabet kan bruges, men det giver en bedre reaktion med 10 % som er den højst tilladte koncentration man kan købe i Matas.

- Hvis ikke kamrene er helt adskilt fra starten, vil billen eksplodere.
- Lukkemusklene skal fungere til begge kamre fra starten, og de skal udstyres med en stopventil, så indholdet fra eksplosionskammeret ikke laver tilbageløb ind i kamrene, og sprænger billen i luften.
- Musklene findes både i lukkemuskel, eksplosionskammeret og i selve kamrene så de kan presses sammen. De skal synkroniseres, og det kræver udvikling af nervebaner og synapser mellem hjerne og muskler. Dertil skal der udvikles områder i hjernen som koordinerer muskelkontraktionerne. Styring af sprøjtet kræver også hjælp fra flere muskler som kan koordinere deres bevægelse i samspil med nervesystemet og hjerne.
- Musklene igennem systemet har den fordel at kanonen kan skydes hurtigt af på 90 millisekunder. Hastigheden er en fordel over for fx en frø, så den kan komme dens hurtige angreb i forkøbet og undgå at blive spist. Musklene koordineres samtidig i en præcision så bombardérbillen kan ramme et bytte og ikke sig selv.
- Bombardérbillen skal være udstyret med nogle fedtenergidepoter som giver den ekstra energi til flere hurtige affyringer.
- Udgangskanalen skal forstærkes med kitin for at klare temperatur og tryk.
- De to dyser skal retningsbestemmes så de rammer byttet. Hos *Brachinus* findes et helt arrangement af dyser. Flere andre arter har en hoveddyse og nogle mindre dyser til rådighed, viser elektronmikroskopier.

Det er svært at forestille sig hvordan de ting gennem en evolutionsproces kan blive til gradvist. Ingen muskler, intet forsvar;

ingen nerver, intet forsvar; ingen opdeling af kamre, intet forsvar; ingen isolering af stofferne, intet forsvar. Før forsvarsmekanismen kan have en funktion, er det nødvendigt at de fleste af disse elementer er på plads. – Systemet kræver altså et vist design.

Der er evolutionister der mener det let kan lade sig gøre alligevel. Vi vil se på to af deres forklaringer^{3,4}.

Christopher Gregory Weber var måske den første der reagerede på brugen af bombardérbillen som argument for skabelse. Han skrev i 1981 artiklen “The Bombardier Beetle Myth Exploded”.

Mythbuster

En del af kritikken mod creationister retter sig mod faktuelle fejl om funktionen af bombardérbillen, og her har creationisterne ikke været hurtigt nok til at rette fejlene. En af myterne er at der er en inhibitor og en antiinhibitor der skal hhv. starte og stoppe reaktionen. Desuden er det ikke sandt at quinon og hydrogenperoxid reagerer med en eksplosion – der skal enzymer til før der sker noget. Og når der fyres, opstår der ikke gnister/åben ild som fx i en raketmotor.

Artiklen bruger 4 ud af 5 sider på at kritisere creationisten Duane T. Gish som bl.a. er forfatter til “Evolution – the Fossils still Say No”. Hans brøde var at han lavede en fejl i oversættelsen fra den tyske originalartikel. Han troede at hydrogenperoxid og hydroquinoner ikke kunne være i samme kammer uden at eksplodere. Men det kan de altså. Desuden fastholdt Gish at der fandtes en inhibitor der bremser en reaktion ved at hæmme enzymerne selvom det ikke fremgik af artiklen. Disse fejl overlever beklageligvis flere steder på nettet den dag i dag. Efter at Weber som sagt har brugt over 4 sider på at skyde på fjenden, bruger han kun tre afsnit til at forklare hvordan billens forsvarsmekanisme kan være blevet til ved en evolutionsproces.

Første argument er at quinoner er naturligt forekommende da det er med til at danne det ydre skelet. Samtidigt smager quinon så dårligt at det hos nogle insekter fungerer som forsvar: Har rovdyret først den smag i munden, spytter det hurtigt byttet ud igen.

Det er dog hydroquinoner der bruges i forsvaret. Det er også sandt at hydrogenperoxid forekommer naturligt, men det er faktisk noget organismer bekæmper da det er farligt. Artiklen nævner ikke enzymerne som også findes naturligt i mange dyr og planter. At stofferne er naturligt forekommende, forklarer imidlertid ikke hvordan en kompleks struktur bliver dannet – det er jo ikke nok at komponenterne findes, de skal også sættes sammen på den rigtige måde.

Weber forestiller sig en overgangsform med nogle sække under huden som kan udskille de ildelugtende quinoner. – En fugl som ville tage et sådant insekt i munden, vil presse quinoner ud af det og måske dermed slippe det så det kan overleve. Blandt løbebillerne som bombardérbillen tilhører, har nogle arter disse sække, og de giver en vis beskyttelse.

Måske er det sådan den evolutionære vej for bombardérbillen er forløbet, selvom det selvfølgelig er gætværk. Men der er stadigvæk lang vej til en kontrolleret eksplosion.

Så følger der en såkaldt “bare sådan-forklaring” som vi vælger at gengive i en direkte oversættelse [med kommentarer]:

Derfor er alt hvad mellemformerne til bombardérbillen skulle gøre, var at samle noget af hydrogenperoxiden [hvordan mon?] i samleblæren [som åbenbar allerede var udviklet] og udvikle en lille ventil mellem samleblæren og det ene kammer [det er vist lettere sagt end gjort, og hvad mon motivationen til dét skulle være?] og til sidst tilsætte katalase og peroxidase [som dannes og isoleres af hvad?] til kammeret. Hydrogenperoxid vil gøre insektet mere giftigt at spise end det var før. En muskel som har trukket en kanal mellem de to kamre, som omdannes til en ventil [overtrykket lukker ventilen på samme måde som hjerteklapperne forhindrer blodet i at løbe baglæns]. Det vil gøre billen mere selektiv for udsprøjtningen af giften. [“selektiv” er en behændig omskrivning for valget mellem at dø ved at skyde enzymerne ind i egen krop og dermed eksplodere, eller vælge at skyde det ud af kroppen]. Selv hvis dens ventil var af et grovere tilsnit i starten, ville det give en større overlevelsesværdi hvis kanalens side blev fastgjort til musklen og kunne udvikle en lille dør. Enzymerne ville være nyttige samme øjeblik de er opstået⁵.

En kortere (og mere ærlig) version ville lyde: “... og så udviklede billen et kompliceret forsvarssystem”, for der er ingen reel forklaring, kun nogle tanker om *hvad* der er opstået – ikke *hvordan*. Det svarer til at forklare en gradvis udvikling af en fjernstyret modelbil ved at sige at man tager en bil, batterierne udvikles i en lille beholder i fjernbetjeningen som gradvis udvikler en antenne som gør signalet til bilen bedre. Problemet med billen her er at ventiler, lukkemuskler og produktion af kemikalier i sig selv er komplekse. – At sætte dem sammen forklarer ikke en udvikling mere end dannelsen af den fjernstyrede bil som i forvejen har komplekse komponenter.

Den anden artikel som forsøger at eliminere tanken om at bombardérbillen skulle være designet, er skrevet af Mark Isaak⁶, og den er mere detaljeret. Forestillingerne gør sig bedst animeret på YouTube⁷ som viser hans tanker om hvordan en trinvis evolution af bombardérbillens forsvar kunne være opstået.

Isaak mener at udviklingen gradvist kan være sket sådan her [med Origos kommentarer]:

1. Quinoner dannes af hudcellerne så det ydre skelet (“huden”) får et solbeskyttende farvelag. Almindeligt forekommende hos leddyr.
2. Ikke alle af de dannede quinoner bruges op, men sidder i “huden” (epidermis) og får insektet til at smage grimt. (quinoner bruges som forsvars-sekreter hos et stort antal moderne leddyr, fra biller til tusindben.)
3. Små lommer udvikles i insektets ydre skal. Når insektet vrider sig, kan det presse noget mere quinon ud på dets “rustning” når der er brug for det.
4. Disse lommer bliver uddybet i evolutionsprocessen. Muskler flyttes rundt, ikke så meget, men nok til at de kan hjælpe til med at presse quinonen ud af lommerne. (Mange myrer har lignede kirtler, og de sidder nær ved

enden af bagkroppen.) [Nøglebegreberne i forklaringen her er tydeligvis “ikke så meget” og “myrerne har allerede et sådant system”. Men om muskler skal flyttes lidt eller meget, hænger på en (sikkert omfattende) ændring af programmeringen i insektets DNA. Og dette behov for programmeringsændring løser Isaak ikke ved at hævde at kroppen kan bruge muskler der allerede er til stede, men som har en anden funktion. Funktionsændring kræver også omprogrammering. – Og hvordan er det lige Isaak forestiller sig systemprogrammeringen fra myre til bille skulle være foregået?]

5. Et par af lommerne (nu udviklet til deciderede væskebeholdere eller blærer) bliver så dybe at de andre mister deres betydning i sammenligning. Disse andre går derfor tilbage til deres oprindelige udformning af hudlaget (epidermis). [Denne styring af evolutionsforløb for netop 2 lommer og det samtidige tilbageløb for de andre, lugter langt væk af intelligent design; men det må det jo ikke!]
6. I forskellige insekter opstår der forskellige former for forsvarskemikalier ud over quinon. Det hjælper disse insekter over for de fjender som evolutionen har forsynet med modstandskraft over for quinon. Et af disse kemikalier er hydroquinon. [Her står vi tydeligvis med en typisk *bare sådan*-forklaring! Der er intet empirisk belæg for denne evolutionsfortælling, og der er ikke antydning af forklaring på hvordan insektets produktion af quinon pludselig er blevet omprogrammeret til produktion af hydroquinon.]
7. Celler der udskiller hydroquinon, udvikles i flere lag i bestemte dele af blæren, hvilket øger produktionen af hydroquinon. Kanaler der dannes mellem cellerne, får hydroquinonen til at løbe hen til blæren. [“Bestemte dele af blæren!” Og hvad er det lige der bestemmer hvilke dele der så bliver udvalgt, og hvad forhindrer at der ikke sker en paralleludvikling på andre, og i sammenhængen uhensigtsmæssige steder?]
8. Kanalerne udvikles til rør som er specialiseret til transport af kemikalierne. Cellerne som danner hydroquinon, trækker sig tilbage fra blæren og udvikler sig til at blive en selvstændig kirtel. – Dette stadium (sekret-kirtler der med kanaler er forbundet med blærer) finder vi i mange biller. Og den særlige udformning af kirtler og blærer som bombardébillen er udstyret med, er meget almindelig hos andre biller der tilhører samme underorden. [Som det fremstilles her, lyder det jo let nok at tingene kan blive til af sig selv, men man glemmer tydeligvis at kirtler er en kompleks sag at kontrollere – normalt styres produktionen hormonelt. Hormoner og de dertilhørende receptorer er også i sig selv komplekse, og de dannes kun hvis DNA'et er programmeret til at bygge dem. De pågældende gener skal desuden have en regulering for hvor, hvornår og hvordan de skal oversættes til proteiner. I øvrigt hjælper det ikke at det findes hos andre biller – det skal stadigvæk udvikles.]

9. Et sæt muskler tilpasser sig sådan at de lukker for blæren; det forhindrer således de kemiske stoffer i at lække fra blæren når det ikke ønskes. [Igen må man spørge: Hvilke forskningsresultater tyder på at det er gået sådan for sig? Og hvordan har tilfældige mutationer kunnet sørge for en sådan omprogrammering. Skal vi lige minde om at musklerne ikke bare kan anbringes et eller andet tilfældigt sted. Hvis de skal være til nogen nytte (fordel), må designet bestå af en ringmuskel placeret lige nøjagtigt dér i bunden af blæren hvor lukkemekanismen er nødvendig.]
10. Hydrogenperoxid, der er et almindeligt biprodukt fra stofskiftet [men dette “biprodukt” kræver vel stadig at en ny kirtel er blevet udviklet? – jf. punkt 6 og 7] blandes med hydroquinon. De to stoffer reagerer langsomt med hinanden, og derfor kan en blanding af quinon og hydroquinon være klar til brug for forsvar. [Og hvilken mekanisme er det så lige der sørger for dette?]

Reverse engineering

Naturen er smart designet, og det design kan kopieres ved *reverse engineering* som i al sin enkelhed går ud på at aflure teknikker ved at skille dem ad og efterligne dem. Bombardébillen har man også lavet kunstigt, og her kan man kontrollere dråbestørrelse og strålelængde, og det er nyttigt på mange kommercielle områder. Fx er der taget patent på Mist™-teknologien som kan give en nøjagtig dråbestørrelse, temperatur og hastighed når der sprøjtes væsker. Den kan bruges i injektion i benzinmotorer, medicindosering og brandslukkere.

11. I kanalen mellem blære og udgang dannes nu et sekret der består af små mængder katalase og peroxidase; uden for den dannede ventil, vel at mærke, så blæren er afskåret fra omverdenen. Dette sikrer så at der dannes mere quinon i de sekretioner som skal danne forsvarsmekanismen. Katalase findes i næsten alle celler, og peroxidase er også almindeligt i planter, dyr og bakterier. Så disse kemikalier behøver ikke blive udviklet helt forfra; de skal bare koncentreres på det samme sted. [Så mangler vi bare en forklaring på hvor den mekanisme (programmering) der sørger for denne koncentration på rette sted, kommer fra.]
12. Kirtlerne danner så større mængder af enzymerne katalase og peroxidase. [Her er det noget uvist hvordan koncentrationen reguleres]. Det bevirker at den afsondrede væske bliver varmere, og at den bliver hurtigere spyet ud vha. en oxygen der dannes i reaktionsprocessen. En bille ved navn *Metrius contractus* er et udmærket eksempel på en bombardé bille der danner skum, ikke en jetstråle i dens reaktionskammer. Boblerne i skummet danner en fine tåge.

13. Væggene i denne del af udførselskanalen bliver forstærket så de bedre kan modstå den varme og det tryk der opstår ved den kemiske reaktion.
14. Endnu mere af enzymerne katalase og peroxidase dannes, og væggene forstærkes og omdannes efterhånden til det reaktionskammer vi ser i dag.
15. Spidsen på billens bagende bliver noget forlænget og gjort mere fleksibel som gør at billen kan sigte og fyre sin ladning af i forskellige retninger. [Men da det med at sigte i forskellig retning jo ikke kan foregå helt af sig selv, må bombardérbillen samtidig se at blive forsynet med de fornødne muskler og nervebaner, for ikke at tale om et kontrolcenter i hjernen så den kan styre skuddet.]

Forfatteren fortæller endelig at ovenstående trin alle kan forklares ved akkumuleret mikroevolution, alle trin medfører sandsynligvis en bedre tilpasning til miljøet pga. en bedre funktion. Og han beder os lægge mærke til at om alle mellemstadier véd man at de er brugbare eftersom de alle findes i forskellige populationer. Og så skal vi lige have Isaaks afslutningssalut med:

»Og husk så at den argumentation der her er brugt, gælder for meget andet end lige bombardérbillen. Creationister har argumenteret for et design i alt fra bakteriens flagel til sommerfuglens forvandling (metamorfose). Men disse argumenter lider af den samme fejl: De er alle sammen baseret på uvidenhed kombineret med en opfattelse af begrebet design som ikke lader sig skelne fra evolution. Hvis der i biologien findes en form for design der ikke er i overensstemmelse med evolutionsbegrebet, ville der ikke være nogen der ville være mere

begejstrede end de professionelle biologer. Men indtil dato har vi ikke fundet et sådant design.«

Isaak skriver at der aldrig er ført bevis for at bombardérbillen kunne have udviklet sig, og her har han en pointe. Det vil (som han selv skriver) være forkert på forhånd at afvise at det kan lade sig gøre, for vi er ikke færdige med at undersøge billen, og videnskaben graver hele tiden dybere. Forskningsresultaterne går dog altid i én retning, og det er i kortlægning af mere og mere fantastisk kompleksitet, og i takt med at det sker, så bliver gradvise tilfældige ændringer en mindre oplagt forklaring.

Jo mere simple man gør skridtene i udviklingen, jo mere "selvfølgelig" bliver evolutionen. Og hvis man på den anden side gør sine forvandlingskridt så store at man kan springe en masse besværlige detaljer over, glider det som i smør.

MEN jo mere forskning der udføres, jo flere detaljer kommer der ind i billedet, og hver gang svækker det den evolutionære forklaring.

Kort sagt: Mere og mere viden gør de evolutionære forestillinger mere og mere rationelt umulige. ■

Noter

1. <http://www.youtube.com/watch?v=Pib9qT-pcI>
2. Behesthi, N. and McIntosh, A., C. (2007) The bombardier beetle and its use of a pressure relief valve system to deliver a periodic pulsed spray. *Bioinspiration & Biomimetics* 2: 57-64.
3. Weber CG (Winter 1981). "The Bombardier Beetle Myth Exploded"
4. Isaak, Mark (May 30 2003). "Bombardier Beetles and the Argument of Design". TalkOrigins Archive. <http://www.talkorigins.org/faqs/bombardier.html>.
5. <http://ncse.com/cej/2/1/bombardier-beetle-myth-exploded>
6. <http://www.talkorigins.org/faqs/bombardier.html>
7. <http://www.youtube.com/watch?v=SUvLR2yyWuE>

