

# Darwin i regnemaskinen

- er matematik et produkt af fornuft eller evolution?

*Forsøget på at give evolutionsbiologiske forklaringer på menneskelig adfærd har nu nået matematikken. Men giver det mening at se matematik som et produkt af den blinde, biologiske evolution, mennesket har gennemgået?*

Af Mikkel Willum Johansen

Den evolutionære forklaring på matematikken er primært baseret på en række studier, der viser, at både spædbørn og mange forskellige dyr tilsyneladende besidder basale, matematiske kompetencer. Hvis vi starter med dyr – og holder os til aritmetik (dvs. "tallære") – har det vist sig, at individer af mange forskellige arter faktisk kan en hel del matematik. Med den rette træning kan chimpanser og muligvis også papegøjer lære at tælle (op til 9), og chimpanser kan desuden lære grundlæggende brøkgregning (f.eks. at en halv plus en kvart giver tre kvarte) og brug af simple matematiske symboler. Rotter, egn, vaskebjørne og mange fuglearter kan med træning lære at vurdere både den relative størrelse af to mængder (dvs. afgøre hvilken mængde, der er størst) og den absolutte størrelse af en mængde.

Det mest imponerende er dog, at visse dyr også spontant, dvs. uden forudgående træning, kan klare nogle af opgaverne.



*Børn er i stand til at skelne mængder i forholdet 1:2, allerede når de er ca. fire måneder gamle, og i forholdet 2:3 når de er omkring seks måneder gamle.*

vilde løver kan f.eks. vurdere den relative størrelse af to mængder. Det samme kan

vilde rhesusaber, og aberne har desuden en forventning om resultatet af simple aritmetiske

operationer, som at  $2+2=4$ .

Alle disse forskellige matematiske evner er blevet testet ved

## Test af matematiske evner

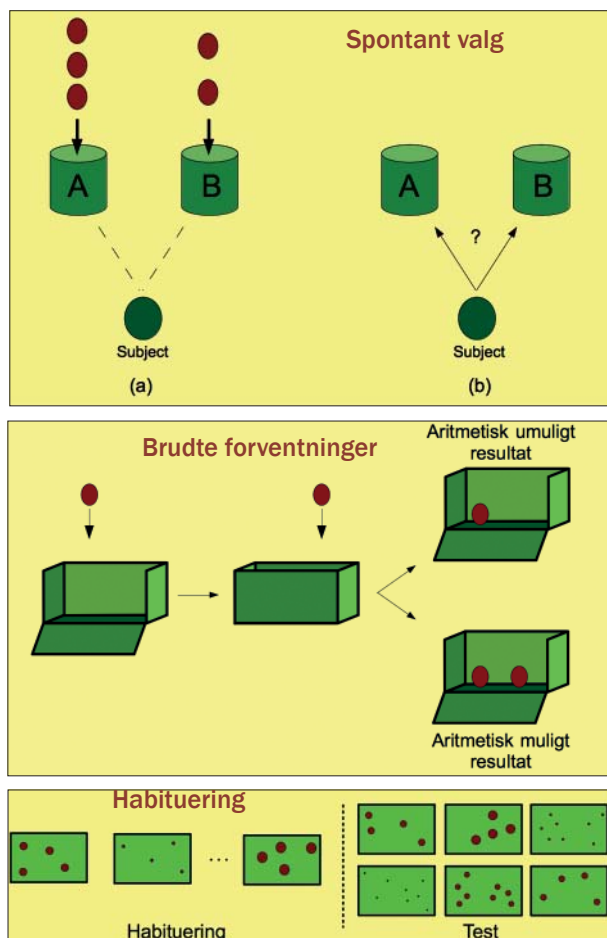
Forsøg, der er blevet brugt til at undersøge små børn og dyrs matematiske kompetencer, kan inddeles i forskellige typer (eller "forsøgsparadigmer"). Her er et udvalg af de hyppigst anvendte af slagsen.

**Spontan valg**

I testen bliver et forsøgssubjekt (et barn eller et dyr) givet valget mellem to forskellige mængder, der indeholder et forskelligt antal elementer. Subjektet kan f.eks. blive givet valget mellem to eller tre lige store stykker af et fødeemne, det godt kan lide. For at undgå, at subjektet foretager sit valg på baggrund af den samlede størrelse af madstykkerne, vil man typisk lægge stykkerne ned i en spand ét ad gangen, så subjektet ikke kan se dem alle, når det skal vælge. Hvis subjektet er i stand til at vælge den spand, der indeholder flest fødeemner, ses det som et tegn på, at det er i stand til at skelne mellem størrelsen på de to mængder. At valget er spontant betyder i denne sammenhæng, at subjektet ikke på forhånd er blevet trænet til at vælge på en bestemt måde.

**Brudte forventninger**

Testen går i korte træk ud på at undersøge, om et barn eller et dyr viser overraskelse, hvis der sker noget matematisk set umuligt. Som et eksempel kan man vise et objekt ét objekt, skjule objektet bag en skærm, tilføje nok et objekt synligt for subjektet, og så slå skærmen ned igen. I nogle af forsøgene vil man skjult for subjektet have ændret på antallet af objekter bag skærmen. F.eks. kan man vha. en faldlem have fjernet et objekt, så der



kun står et objekt tilbage, når skærmen lægges ned, mod de to subjektet burde forvente. Hvis subjektet viser overraskelse over et se et objekt, men ikke over at se to, ser man det som et tegn på, at subjektet har en forventning om at  $1+1=2$ .

**Habituering**

I denne type test ser et subjekt en række kort med det samme

antal pletter. Efter denne såkaldte habitueringsfase vil subjektet enten blive præsenteret for flere kort med det samme antal pletter som før, eller med kort med at andet (men fast) antal pletter. Hvis subjektet viser mere interesse for kortene med det nye antal, ses det som et tegn på, at subjektet er i stand til at skelne mellem de to antal pletter.

hjælp af en lang række opfindsomme forsøg (se boks).

**Matematik i vuggestuen**

Studierne af dyr er blevet suppleret med en række tilsvarende studier af spædbørn. Det viser sig, at børn er i stand til at skelne mængder i forholdet 1:2, når de er ca. fire måneder gamle, og i forholdet 2:3 når de er omkring seks måneder gamle. Et forsøg med en følekasse har desuden vist, at ca. et år gamle børn har en præcis forståelse

af størrelsen på mængder med op til tre elementer. I forsøget gemte man et antal stykker legetøj et af gangen i en følekasse, og lod derefter barnet hente legetøjet igen ét stykke ad gangen. Hvis der var 1-3 stykker legetøj i kassen faldt barnets tilbøjelighed til at stikke hånden i kassen, når det havde hentet det sidste stykke legetøj. Og det blev set som et tegn på, at barnet kunne vurdere hvornår det havde hentet samtlige de gemte stykker legetøj.

En række berømte "brudte forventninger"-tests (se boks) foretaget af kognitionspsykologen Karen Wynn viste desuden, at fem måneder gamle børn tilsyneladende har forventninger om resultaterne af basale aritmetiske operationer som  $1+2=3$ . Disse resultater er dog omstridte.

**Naturlig eller kunstig adfærd?**

Så det lader altså til, at vi som art har visse medfødte anlæg for

matematik. Da disse anlæg også findes hos en lang række andre dyr, må de være evolutionært set basale. Med andre ord lader det til, at vores matematik (i det mindste aritmetikken) er et resultat af den biologiske evolution, vi som art har gennemgået.

Der er imidlertid en række problemer med den konklusion, og den kan efter min mening ikke stå for en nærmere videnskabssteoretisk undersøgelse. Det væsentligste problem er, at vi ikke ved, om den matematiske kunnen, der er kommet frem i diverse forsøg, er en del af dyrenes naturlige adfærd eller et kunstprodukt, der er resultatet af de omstændigheder, forsøgene er foretaget under. Og det er et alvorligt problem. For hvis den matematiske kunnen ikke er en del af dyrenes naturlige adfærd, kan den ikke have haft indflydelse på dyrenes evne til at klare sig, og kan dermed ikke være et direkte produkt af den biologiske evolution. Og dermed falder hele den evolutionsbiologiske forklaring til jorden.

En meget stor del af dyreforsøgene er baseret på træning, og den slags forsøg viser kun noget om dyrenes kognitive potentiale, ikke noget om hvorvidt de på egen hånd er i stand til at udvikle og anvende det potentiale.

Interessant nok, er der også problemer med de forsøg, der er baseret på spontan adfærd. Man skal her være klar over, at det er forbavsende svært at opstille forsøg, der med sikkerhed viser noget om dyr (og børns) evne til at træffe valg på baggrund af virkelighedens numeriske egenskaber, dvs. på baggrund af hvor mange, der er af noget. Problemet er, at de numeriske egenskaber under normale omstændigheder er blandet godt og grundigt sammen med andre træk ved virkeligheden: To æbler vejer dobbelt så meget som ét æble og fylder dobbelt så meget i synsfeltet (hvis alle æblerne altså er af samme størrelse). Så hvis et dyr vælger de to frem for det ene æble, ved man ikke, om dyret har valgt på baggrund af *antallet* af æbler eller ud fra en vurdering af det

samlede areal af æble, det kan se. Hvis et forsøg med dyrs aritmetiske evner skal være pålideligt, må man derfor gøre sig meget store anstrengelser med at fjerne al anden information end netop information om antal. Og det betyder som oftest, at man må placere dyret i en ekstremt kunstig situation. Derfor siger den slags forsøg os – med få undtagelser – heller ikke særlig meget om, hvordan dyr træffer beslutninger i deres naturlige miljø.

### Er det nyttigt at kunne matematik?

Når det nu er så svært at skabe situationer, hvor dyrene bliver nødt til at bruge deres matematiske kunnen, kan man også spørge, hvor nødvendig den slags kunnen egentlig er. Hvad skal et dyr med matematik? Oven i købet kan dyret let komme til at træffe de evolutionært set *forkerte* beslutninger, hvis det baserer sit valg på numeriske frem for andre typer af information. En af evolutionshypotesens fremmeste fortalere, Stanislas Dehaene hævder f.eks., at »det egern, der bemærker at en gren har tre nødder, og derfor foretrækker den frem for en gren med to, har en større chance for at klare sig gennem vinteren«. Men den påstand er faktisk forkert. Det egern, der har størst chance for at klare sig gennem vinteren, er det egern, der er i stand til at vælge den gren, der har den største samlede mængde af nød, og ikke den med flest nødder. Når man samler føde, gælder det jo om at maksimere den samlede mængde af mad og ikke det samlede antal fødeemner.

Det er derfor ikke overraskende, at en række forsøg har vist, at både dyr og børn, når de ellers har mulighed for det, baserer deres valg på netop det samlede areal af føde, og ikke på antallet af fødeemner. Noget tilsvarende kan siges om de fleste af de andre foreslåede anvendelser af de matematiske evner: for det meste vil dyrene stå sig bedre ved at se bort fra de numeriske aspekter af virkeligheden, og i stedet træffe beslut-

ninger på baggrund af andre typer af information.

### Matematik som backup-strategi

Så ikke alene er det i langt de fleste naturlige situationer unødvendigt at benytte sig af matematik; man står sig faktisk bedre, hvis man lader helt være!

En berømt forsøgsrække med en flok vilde rhesusaber på øen Cayo Santiago (boks) viste, at abernes evne til at vælge ”rigtigt”, hvis de får valget mellem to spande med forskellige antal fødeemner i, er forholdsvist begrænsede; aberne er således ikke er i stand til at vælge spanden med mest mad, hvis der er mere end fire fødeemner i en af spandene. Det resultat skal sættes i kontrast til andre forsøg, der viser, at aber af samme art kan trænes til at ordne alle par af mængder med mellem 1 og 9 elementer efter størrelse. Aberne på Cayo Santiago har med andre ord det kognitive potentiale til f.eks. at afgøre, at tre er mindre end otte, men de har ikke udnyttet dette potentiale som en del af deres naturlige adfærd. Det tyder på, at aberne næppe benytter sig af numerisk information, når de normalt søger føde. Det lader nærmere til, at det, at udnytte numeriske information, er en backup-strategi, aberne benytter specielt ved denne lejlighed, fordi de ikke har andre muligheder.

### Mennesker uden tal

Den konklusion støttes af studierne af en række isolerede indianerstammer fra Amazonområdet (navnlig det såkaldte Pirahã-folk). Flere af disse stammer er ikke i stand til at tælle af den simple grund, at de ikke har egentlige ord for tal i deres sprog. De har kun mere generelle betegnelser for antal, så som ”få”, ”nogen” og ”mange”. Desuden har tests vist, at de ikke er i stand til at løse opgaver, der kræver, at man tæller. De er altså ikke i stand til at tælle, hverken vha. talord eller andre teknikker (som f.eks. at tælle på fingrene). Og det er tankevæk-



Foto: colourbox

## Aberne på Cayo Santiago

Et godt eksempel på en såkaldt spontan valg-test af abers evne til at afgøre den relative størrelse af to mængder er et forsøg, udført med en gruppe rhesus-aber, der lever vildt på den lille ø Cayo Santiago ud for Puerto Ricos kyst. I forsøget blev aberne testet en ad gangen og uden forudgående træning. Selve testen foregik ved, at en udvalgt abe fik lov til at se forskerne lægge et antal æblestykker ned i to spande. Æblestykkerne var lige store, men der blev ikke lagt lige mange stykker ned i de to spande. Efterfølgende kunne aben frit vælge at gå hen til én af de to spande, og det interessante var, hvilken spand den valgte; valgte den spanden med flest æblestykker, blev det set som et bevis på, at aben var i stand til at vurdere de relative størrelse af de to mængder æblestykker. Resultatet var, at aberne var i stand til at klare testen med 1 vs. 2, 2 vs. 3, 3 vs. 4 og 3 vs. 5 fødeemner, men det gik galt for dem, når de skulle vælge mellem 4 og 5, 4 og 6 samt 4 og 8 fødeemner. Pudsigt nok kunne de ikke engang klare testen, hvis de skulle vælge mellem 3 og 8 fødeemner. Det er et resultat, der er værd at bide mærke i.

kende.

Det er ikke nogen nem opgave at overleve i Amazonas regnskove uden adgang til moderne teknologi og bekvemmeligheder. Det kræver specialiseret viden om dyrs adfærd, planters egenskaber, jagtmetoder mv. Alt det kan stammefolkene, men det interessante er, at der i dette arsenal af specialiseret viden og højtudviklede kompetencer *ikke* indgår det, at kunne tælle. Det viser os, at det, at kunne tælle, næppe har den store værdi i det evolutionære kapløb – i det mindste så længe opgaven er at overleve i den rå natur.

Af den grund, er vores mate-

matriske evner næppe et direkte resultat af den biologiske evolution. Når spædbørn og dyr er i stand til at løse matematikkrævende opgaver, skyldes det snarere, at evolutionen har givet dem en række generelle kompetencer, der så kan bringes i anvendelse, når de under ekstremt særlige omstændigheder bliver nødt til det. F.eks. mener man, at dyr, når de løser opgaver baseret på ”brudte forventninger”-testen, benytter et sæt sansemæssige mekanismer, der formentligt er udviklet til alt muligt andet end at løse netop den type opgaver. Det er derfor en tilsnigelse at sige, at den form for adfærd afspejler



Foto: colourbox

En række isolerede indianerstammer fra Amazonområdet som f.eks. Pirahã-folket her, er ikke i stand til at tælle af den simple grund, at de ikke har egentlige ord for tal i deres sprog.

en matematisk kunnen. Sandheden er nok nærmere, at vi fortolker dyrets adfærd som udtryk for matematisk kunnen, fordi vi selv ville bruge matematik til at løse det problem, vi har stillet dyret overfor. Men det betyder ikke, at dyrene løser problemet på den måde. Faktisk tyder forskningen på, at de lige præcis *ikke* gør det sådan.

### Hvor kommer matematik så fra?

Studierne af børn og dyr viser trods alt, at vi har et vist medfødt potentiale for matematik. Man skal dog være klar over, at det potentiale ikke rækker særligt langt; med god vilje dækker det tallene fra 1-4 og simpel aritmetik. Men aritmetik – og matematik helt generelt – er jo meget mere end det, og det er et

godt spørgsmål, hvordan vi har udvidet matematikken fra den basale til den fuldvoksne teori, vi kender i dag. Det står ikke helt klart, hvordan vi egentlig har gjort det, men det står klart, at vi skal have fat i vores mere avancerede kognitive funktioner: Matematik er primært et produkt af fornuften, og ikke (direkte) af den blinde, biologiske evolution. ■

### Om forfatteren



Mikkel Willum Johansen er adjunkt i de matematiske fags videnskabsteori på Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet. Han forsvarede i 2011 ph.d.-afhandlingen "Naturalism in the Philosophy of Mathematics", om blandt andet vores medfødte matematiske evner. [muj@ind.ku.dk](mailto:muj@ind.ku.dk)

### Videre læsning

Helen DeCruz (2007): *Innate Ideas as a Naturalistic Source of Mathematical Knowledge*; Vrije Universiteit Brussel.

Mikkel Willum Johansen (2010): *Naturalism in the Philosophy of Mathematics*; Københavns Universitet. Kan hentes som pdf:



Stanislas Dehaene (2007): *The Number Sense: How the Mind Creates Mathematics*. (NY: Oxford University Press)

## Bladlus på solenergi

At bruge sollys som katalysator for at lave energi er muligvis ikke længere forbeholdt planter, bakterier og svampe, viser ny forskning publiceret i *Nature*. Alain Robichon fra Sophia Agrobiotech Institutet i Frankrig foreslår sammen med hans kolleger, at pigmentfarvestoffer i bladlus, såkaldte karotenoider, kan opfange sollys og producerer energi via en proces kaldet fototropi. I planter bidrager karotenoider ligesom klorofyl til at opfange lys til brug for fotosyntesen. Karotenoid-pigmenterne ligger mellem 0–40 mikrometer under bladlusenes skal, hvilket er en perfekt position til at opfange sollys.

Både planter og dyr bruger karotenoider som pigmentfarvestoffer, eksempelvis er det karotenoiden beta-karoten, der giver gulerødder deres orange farve. Modsat stort set alle andre dyr, der må optage karotenoider gennem føden, ser det ud til, at bladlusene selv kan danne dem.

Men hvorfor bladlus bruger energi på at lave karotenoider er en gåde. For bladlusens diæt er fyldt med sukker, så de har ikke brug for at opfange sollys for at producere energi. Forskerne foreslår, at karotenoiderne måske fungerer som backup batteri, der producerer energi til bladlusene i stressede situationer, såsom når de migrerer til en ny



Foto: colourbox

Ny forskning antyder, at bladlus også kan "køre" på solenergi

værtsplante. Flere undersøgelser skal dog sættes i værk før man kan være helt sikker på at karotenoider i bladlus faktisk optager sollys, men muligheden er klart tilstede mener forskerne.

Katrine Bilberg, Kilde: *Nature* 2012, <http://dx.doi.org/10.1038/srep00579>