



Hjernens og sprogets fælles oprindelse*

Jesper Hoffmeyer

Myten om den ufri natur

Den overleverede visdom på naturens område er, at naturens rige styres af ubøjelige naturlove. Månen kan f. eks. ikke pludselig bestemme sig til, at 4 milliader års drejen rundt om Jorden må være nok, og at nu gider den ikke længere det pjat. For måner bevæger sig efter udbrydelige love, som allerede Newton kunne bestemme. Her er absolut ingen frihed.

Humanvidenskaberne derimod handler om mennesker, og her antages det uden videre, at mennesket er frit til at forandre på tingene. Den ene videnskab har altså friheden som forudsætning, den anden loven. Det har altid undret mig, at den samme verden kunne forstås så forskelligt. For der er jo stort set ingen fornuftige mennesker, der vil benægte, at mennesket nedstammer fra aberne, og at en i bund og grund ufri natur følgelig må have skabt et frit menneske. Men hvordan skulle noget lovbundet kunne skabe noget, der ikke er lovbundet? Rent logisk må naturen have brudt naturloven, eller også må menneskets frihed være et falsum.

Mange filosofisk mindede mennesker vælger den sidste mulighed. Jeg har i mange år gjort mig til talsmand for det synspunkt, at vi snarere burde vælge den første. Hvorpå beror egentlig vores overbevisning om, at alt i naturen foregår lovbundet? Svaret er, at den alene beror på vores benovelse over naturvidenskabens evne til at forudsige og kontrollere alt muligt i kraft af dens evne til at opstille disse såkaldte naturlove. Det ville være tåbeligt at benægte denne succes, som i sandhed har forandret vores verden. Men det ville også være tåbeligt at opfatte dette som et bevis for at alt - ALT - i naturens verden foregår lovbundet. Naturvidenskabens succes forudsætter blot, at vigtige dele af naturens verden opfører sig lovbundet, og ingen tvivl om, at vigtige dele gør det. Men der er jo logisk set den mulighed, at naturens verden også rummer aspekter, som ikke opfører sig lovbundet. Måske er mysteriet altså ikke, at menneskers vilje og bevidsthed synes at unddrage sig naturens

* Denne artikel er delvis en sammenskrivning af den diskussion, der gives i kapitel 8 i min bog *Biosemiotik. En afhandling om livets tegn og tegnenes liv*. København, Ries Forlag, 2005..

lovbundne gang; måske er mysteriet snarere, at der overhovedet er så store domæner i vores univers, der faktisk opfører sig, som om de var styret af love.

Jeg skal ikke trække læseren længere ud ad dette metafysiske spor. Mit anliggende har alene været at rydde en fordom af vejen. Måske er naturen vitterlig helt og aldeles lovbundet, sådan som den overleverede visdom vil have det, men det kan også godt være, den ikke er det. Min pointe er, at vi ikke ved det, og vi har ikke nogen tvingende grunde til at antage hverken det ene eller det andet. Hvis vi imidlertid medgiver, at naturen *ikke* nødvendigvis i et og alt er lovbundet, så får vi derved mulighed for at bevare troen på menneskets frihed uden at måtte forkaste ideen om, at vi er skabt af naturen gennem en evolution. Mennesket kunne være blevet til i en fri natur !

Det følgende er et forsøg på at sige lidt om, hvad denne - underligt oversete - mulighed gør for vores forståelse af sprogets oprindelse. Jeg kalder det *biosemiotik* - men det kunne sikkert også iklædes andre teoretiske gevandter. Min pointe er, at hvis allerede de tidligste former for liv var indspundet i kommunikation og tegnprocesser (semiosis), så er semiotikken (videnskaben om semiosis eller tegnprocesser) ikke kun et anliggende for studiet af menneskers kommunikation, så er semiotikken et anliggende for hele den levende natur, og vi får altså en biosemiotik. Og i så fald er den levende naturs processer ikke aldeles lovbestede, men indeholder spor af den samme frihed, som vi tilskriver mennesker. Derved bliver gåden om talesprogets oprindelse radikalt forandret.

Diskontinuitetsgåden

Mens biologisk evolution efter gængse teorier indebærer kontinuitet, så synes sprogets opståen at udgøre en mærkværdig diskontinuitet. Der findes ingen kandidater blandt dyrene til rollen som en primitiv sprogbruger, og derfor har vi ikke anledning til at stille det klassiske biologiske spørgsmål om, hvordan forbedringer af sprogevnene er korreleret med miljømæssige faktorer.

De meget omtalte alarmskrig, der er blevet iagttaget hos vervet monkeys (grønne aber), og som ofte er blevet udlagt som en slags primitive sproglige ytringer, er illustrative. Robert Seyfarth og Dorothy Cheney fra Pennsylvanias universitet rapporterede i 1980'erne, at vervet aber havde tre distinkte alarmskrig, der tjente til at advare deres artsfæller mod trusler fra henholdsvis ørne, leoparder og slanger.

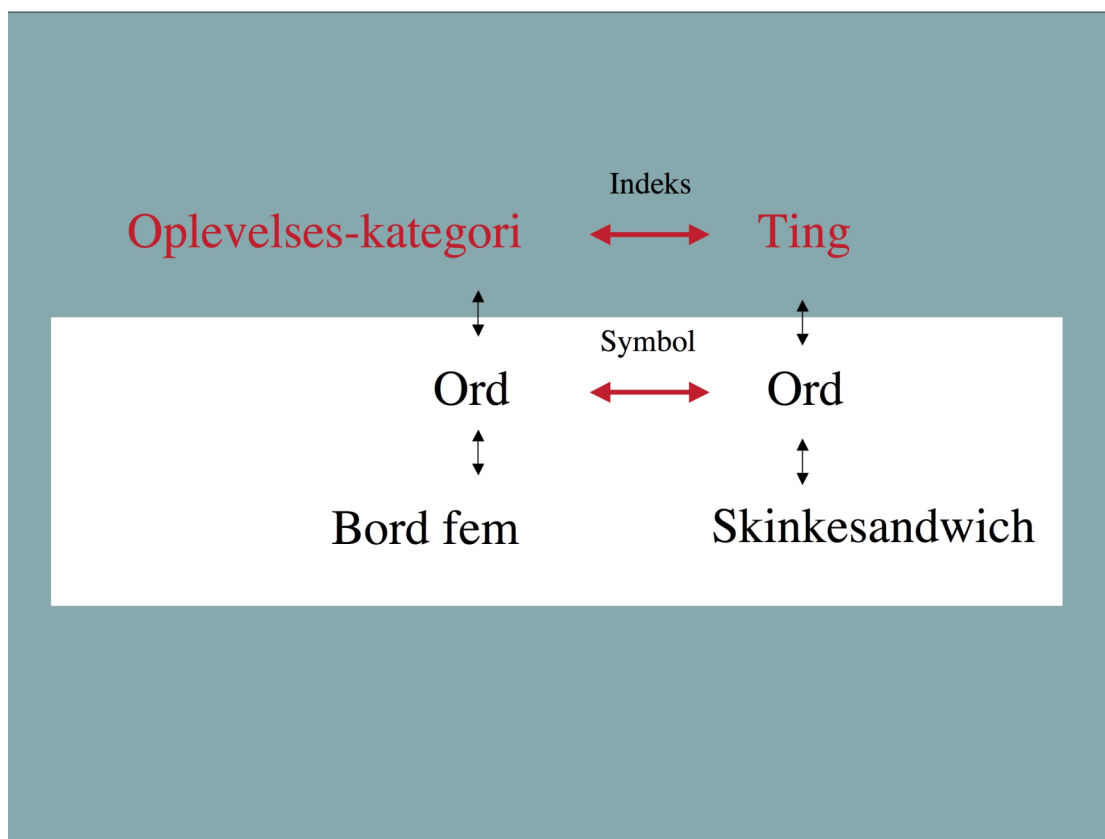
'Ørneskriget' fik aberne til at springe ned fra træerne, 'leopardskriget' fik dem tværtimod til at klatre op i træerne, og "slangeskriget" fik dem til at rejse sig og kigge sig omkring i buskadset. Alt sammen såre rationelt set fra et overlevelsessynspunkt, og Seyfarth og Cheney fandt det nærliggende at foreslå, at disse alarmskrig var analoge til navne for de implicerede rovdyr, lidt på samme måde som når mennesker råber "ildebrand" (Seyfarth and Cheney 1992).

Vervet abernes skrigen er imidlertid i en meget vigtig, ja altafgørende, henseende helt forskellig fra ord, for selv om skrigene hver især refererer til konkret forekommende trusler, så er deres måde at referere til disse trusler på grundlæggende anderledes end ords måde at referere på. I sig selv er det at referere så præcist til en ydre verden selvfølgelig en interessant og vigtig side af et dyrs liv, men hvis vi tænker på sådanne ytringer som smil, gråd, stønnen eller latter kan vi straks se, at en aktivitet ikke bliver et ord, blot fordi den refererer til noget. Når man hører eller ser et grin, er man øjeblikkelig klar over, at der 'stikker noget bag', at grinet henviser til en begivenhed, evt. en mental begivenhed i hovedet på den grinende, men dog en begivenhed. Hvis mange mennesker er forsamlet og griner af det samme, er det tilmed svært ikke selv at deltage i munterheden også i de tilfælde, hvor man ikke ved, hvad der konkret grines af. Latter smitter, siger vi. Netop denne smitteagtige udbredelse gælder også for vervet abernes alarmkald, der breder sig som en løbeild gennem gruppen, så at alle aberne en tid lang skræpper op med det samme alarmkald. Aber aber efter!

Til sammenligning er det alt andet end fornøjeligt hvis folk gentager det, man lige har sagt. Hvis man f. eks. siger "skynd dig lidt" til barnet, og barnet - eller skoleklassen - så derefter i længere tid gentager "skynd dig lidt, skynd dig lidt ...". Sådant fungerer sprog bare ikke. Forskellen mellem et alarmkald (eller grin) og ord er semiotisk set, at de første er såkaldt indeksikale tegn, mens ord for det meste er symbolske tegn. Og den forskel er afgørende, fordi indekser er langt tættere forbundet med det, de indikerer end symboler er.

Et indeks er et tegn, der henviser til sin genstand i kraft af en fysisk forbindelse. Når vi f. eks. ser en røgfane, søger blikket straks efter den brand, som vi forventer at finde som årsag til røgen. Røgfanen er et indeks for ildebrand. Indekser har den egenskab, at de bestandig må forbindes med det, de indikerer. En rotte kan f. eks. have lært, at den får mad, hvis den trykker på en bestemt knap, når en lampe lyser. Lys i

lampen er blevet et indeks for mad. Ophører man imidlertid med at give rotten mad, når den trykker på knappen, vil den indeksikale betydning hurtigt forsvinde.



Figur 1: Fra indeksikal til symbolsk reference. Netværket af ord-til-ord forbindelser påtrykker indeksikaliteten en betydning, der er afledt af relationerne mellem ordene snarere end af relationerne mellem ord og virkelighed. At forstå sproglighedens gåde er at forstå dannelsen i det lille barns hjerne af denne oplevelsesmæssige rekonstruktion.

Ord kan også være indekser. Det klassiske eksempel er historien om Peter og ulven, hvor Peter udnytter den indeksikale betydning af udråbet "ulven kommer" til at få landsbyboerne i alarmberedskab. Da ulven imidlertid hver gang udebliver, ophører landsbyens folk snart med at reagere på udråbet. Det betyder dog ikke, at den symbolske betydning af udråbet er gået tabt. Folkene ved jo udmærket, hvad meningen er med råbet, men den rent indeksikale betydning er forsvundet.

Når mennesker taler er den indeksikale betydning af ordene overlejret af en langt mere raffineret symbolsk betydning. Essensen af denne overlejring er, at ordenes mening kommer til at afhænge af de andre ord i sætningen. Mit favorit eksempel er sætningen: "Skinke sandwichen ved bord fem sidder og bliver utålmodig". Her vil læseren lynhurtigt regne ud, at vi nok befinder os på en restaurant,

for ellers ville udtrykket "bord fem" være ret usædvanligt. Så skinkesandwichen er sikkert bare serveringsdamens lidt hurtige betegnelse for en kunde, der har bestilt det pågældende fødeemne og ikke kan forstå, hvor det bliver af.

I menneskers tale er ordenes betydninger kort sagt syltet ind i hinanden og en rent indeksikal fortolkning vil normalt gå glip af hele pointen. Hvis ordet skinkesandwich var et indeksikalt tegn, ville det referere til et bestemt fødeemne, og sætningen ville være uforståelig. Netop fordi ordene er symbolske tegn, hvis betydning ikke er bundet af referenten men beror på hele den sproglige kontekst, kan ordene lukke op for det univers, vi kalder fantasi. Mennesker er ikke bundet til virkeligheden på samme måde som dyr, for med sprogets hjælp kan vi udmale alle mulige og umulige verdener for os. Ja, at dømme efter populariteten af fjernsynets programmer om hokus pokus og sesam sesam, er vi nærmest helt vilde med at lege med umulige verdener, som kun sproget sætter os i stand til at udtænke.

Fantasi forudsætter, at man kan komme fri af tegnenes binding til virkeligheden - altså fri af den indeksikale reference. Det er her kropssprogets register, som vi deler med dyrene, kommer til kort. Der er altså en meget fundamental diskontinuitet mellem dyrenes kommunikationsformer og menneskenes tale, og det er denne kløft der er blevet kaldt diskontinuitetsgåden. Hvordan kunne vore forfædre ene af alle dyr slippe af sted med at overskride kløften mellem det rent ideksikale og det symbolske?

Terrence Deacons teori

Den amerikanske neurobiolog og antropolog Terrence Deacon har i bogen "The symbolic species" udkastet en brilliant teori, der giver en helt ny forklaring på, hvordan dette kunne vær gået til (Deacon 1997). Hidtil har Noam Chomsky's ideer om sprogevnens forankring i en medfødt universel grammatik på mange måder ført vores tænkning om sprogets oprindelse bort fra det biologiske problem (den slimede krops problem) og over i computervidenskabens algoritmiske logik. Chomskys berømmelse beror nok ikke mindst på at sproget via denne operation syntes at blive tilgængeligt for videnskabens foretrukne rationalistiske metodik. Deacons teori tilbyder imidlertid et elegant løsning på de problemer, som oprindeligt begrundede

Chomskys teorier om en universel grammatik, her først og fremmest sprogindlæringens påståede logiske umulighed.

Deacons teori er baseret på et originalt dobbeltgreb, hvor en neurobiologisk begrundet afvisning eller snarere overskridelse af hypotesen om sproginstinktets cerebrale lokaliserbarhed kombineres med en semiotisk forståelse af referencens kategoriale udspaltning i henholdsvis ikoniske, indeksikale og symbolske relationer. Mens den cerebrale lokaliserbarhed ofte kan påvises i forbindelse med indeksikale relationer (iagttagelsen af en rød postkasse kan genfindes i synscenteret) så viser Deacon, at en sådan binding i princippet ville være en stopklods for etableringen af evnen til symbolsk reference. Det neurobiologiske grundlag for menneskets talent for symbolsk reference består ikke - som det alt for ofte antages - i en generel evne til informationsprocessering, der så antages at korrelere med hjernerumfangets karakteristiske størrelse hos vor art, men er knyttet specielt til den prefrontale cortex, der hos mennesket har opnået en størrelse, som levner den et overskud af synaptiske pladser, som kan investeres i koordinative eller associative opgaver i stedet for som hos vore abeforfædre at have nok op at gøre med kontrol og styring af det sensomotoriske apparat.

De klassiske neuroanatomiske teorier antog, at udviklingen af hver hjernestruktur udgjorde en selvstændig enhed, og at forskellige dele af hjernen altså kunne påvirkes af evolutionen uafhængigt af de andre. Men dette ser ikke længere ud til at være tilfældet. Det har nemlig vist sig, at hjernens vækst foregår via en overproduktion af celler efterfulgt af en eliminering af ikke-funktionelle celler. Det er, som Deacon skriver, enklere at bygge en dør ved først at bygge væggen og så fjerne en del af den igen, der hvor døren skal være. Selvom en sådan strategi kan synes at udgøre et spild af materialer, så er det en meget effektiv måde at udnytte information på: "Den omgår vanskelighederne ved at planlægge ud i fremtiden og tillader udviklingen at forløbe med et minimum af design og regulation" (Deacon 1997, 196). Hjernens udvikling guides altså af tegnprocesser mellem de neurale væv og kroppens øvrige dele, og den traditionelle ide om en præformationistisk kausal kontrol fra det genetiske underlag må forlades.

Men selvfølgelig ligger der genetiske forandringer til grund for den menneskelige hjernes afvigelse fra den almindelige abe-hjerneplan. Blot vedrører disse ændringer næppe udformningerne af specifikke hjernestrukturer, men har

snarere at gøre med ændringer i meget basale mønstre. Hvis man sammenligner menneskefosterets hjerneudvikling med den tilsvarende udvikling hos aber viser den relative hjerneforøgelse hos mennesket sig at stamme fra nogle bestemte (dorsale) regioner af neuralrøret (dvs. den lange røragtige struktur der løber ned langs ryggen fra hoved til hale i den udifferentierede embryonale krop), der strækker sig i et hovedsageligt kontinuert lag fra den senere cerebellum (lillehjernen) til den senere telencephalon (storhjernen).

En forklaring på den menneskelige hjernes højst usædvanlige formåen må altså tage udgangspunkt i den forøgede celledelingsaktivitet i de embryonale områder, der sidenhen skal blive til bl.a. cerebellum og præfrontal cortex. Men for at forstå de dramatiske virkninger af disse ændringer må man ifølge Deacon tillige tage et fænomen i betragtning, han har kaldt *displacement*, altså forskydning. Bag dette fænomen skjuler der sig en mekanisme, der kaldes *synaptisk konkurrence*. Den synaptiske konkurrence indebærer, at de axoner, der søger frem mod en synapseplads i form af en forbindelse til en af hjernens celler, ligger i indbyrdes konkurrence, som indebærer at de neuroner, der først når at danne funktionelle synapser i hjernen, kommer til at besætte de ledige pladser, mens resten lige så stille elimineres.

En vigtig forskel mellem nervevæv og kroppens øvrige væv er nervecellernes specialisering for langdistance kommunikation. Hvor f.eks. dannelsen af håndens anatomi styres af lokale celle til celle kommunikationsprocesser, så er anlæggelsen af hjernen og nervesystemet i høj grad influeret af signaler, der kommer langvejs fra, herunder bl. a. fra andre dele af den embryonale - og til dels også post-natale - hjerne. Netop fordi celler, der befinder sig langt fra hinanden i hjernen, dog kan indvirke på hinanden, bliver den lokale differentiationsproces overlejet af en ikke-lokal udviklingslogik. Den komplekse vekselvirkning mellem de lokale og de globale indflydelser er årsagen til, at der i hjernen kan produceres langt mere forskelligartethed, og at der derfor etableres et langt større potentiale for funktionel differentiering, end man ser det i noget andet organsystem: En konsekvens af disse mekanismer er også, at hjernen i egentligste forstand "samlers sig selv". Og denne genetiske ubestemthed er processens styrke.

Synaptisk konkurrence betyder, at et embryonalt vævs andel af neuronale forbindelser til hjernen alene af geometriske grunde vil komme til at afspejle vævets størrelse, og dette gælder såvel de perifere væv som hjernens egne væv. "Blandt

konkurrerende strukturer, vil de strukturer, der sender det største antal axoner til et bestemt målområde, tendere imod at styre aktivitetsmønstrene i det målområde mere effektivt" skriver Deacon (s. 207).

Man kan således opfatte de enkelte vævs anstrengelser for at finde neuralt fodfæste i hjernen som en slags rekrutteringsaktivitet, og det, Deacon kalder *displacement*, består nu netop i, at de relative forøgelse af visse neuron-populationer tendentielt vil resultere i en mere effektiv rekruttering af både de afferente (udadgående) og efferente (indadgående) forbindelser i konkurrencen om de synaptiske pladser. Når denne relativt simple mekanisme kan forårsage så dramatiske forandringer, som dem vi finder i menneskets cerebrale udvikling, skyldes det imidlertid også et andet overraskende forhold, som vi kort må se på, nemlig *menneskets i en vis forstand alt for lille krop*.

Man kan nemlig argumentere for, at mennesket - næsten som visse dværge - har et ganske normalt, men derfor relativt set alt for stort hoved, som kroppens udvikling så at sige ikke har kunnet følge op. Mennesket har altså ikke udviklet nogen ekstraordinær stor hjerne, snarere er det kroppens vækstrate, der er blevet formindsket. Dette betyder, at et voksent menneske egentlig, dvs. hvis det skulle ligne andre primater, burde veje små 500 kg. Og konsekvenserne af dette forhold er bemærkelsesværdige. For det betyder, at en lang række væv har været for svagt repræsenteret i den synaptiske konkurrence, og derfor ikke har formået at rekruttere tilstrækkeligt med forbindelser til de respektive hjernecentre, så at de dele af hjernen, som ellers normalt betjener disse kropsdele, har mistet andele i hjernens samlede pulje af synapsepladser.

Dette indebærer ikke nødvendigvis noget tab i effektiviteten af den cerebrale kontrol med de perifere organer, muskler og andet væv eller med sansapparatets organer. Hvis f.eks. retina havde haft en overflade, der svarer til en kropsvægt på 500 kg, så ville dette ganske vist have krævet, at den visuelle cortex for at bevare sin kontrolfunktion intakt, måtte have bevaret en væsentlig større andel af de til rådighed stående hjerneceller, men som det er, levner den relative formindskelse af den visuelle cortex rigeligt plads til den tilsvarende formindskede retina.

Hjernens overdimensionering har imidlertid en anden meget afgørende konsekvens. For på grund af 'displacement effekten' betyder overdimensioneringen, at nerveenderne fra den præfrontale cortex, der hos mennesket er forøget 300%, alene

qua deres antal får en kompetitiv fordel, som sætter dem i stand til at vinde indpas alle vegne i hjernen. Af denne grund etableres der via den præfrontale cortex et netværk af relationer, der rækker ud til alle dele af hjernen og kroppen. Og det er dette netværk af relationer, som giver mennesket et enestående associativt talent, der kan trænge indeksikaliteten i baggrunden, og som derved udgør den neurobiologiske basis for menneskebarnets overraskende evne til at foretage springet fra indeksikal til symbolsk referenc - en evne chimpanseunger kun kan nå gennem uhyre mængder af træning.

Sproget besætter hjernen

De klassiske teorier har stillet vognen foran hesten, siger Deacon, de har prøvet at forklare sprogets fremkomst ud fra den tilvækst i hjernerumfanget, der er foregået i hominidernes udviklingslinie, idet de har forbundet denne tilvækst med en antagelse om stigende generel evne til informationsbehandling.

Deacon foreslår nu den modsatte bevægelse. Han ser den begyndende evne til symbolsk reference som den enkeltfaktor, der mere end noget andet har moduleret det selektionspres, som har karakteriseret den humane evolution, og som må have præmieret individer med en hjernearkitektur, der nærmede sig den nuværende menneskehjernes karakteristiske struktur. Det er altså ifølge Deacon sprogligheden der forklarer hjernevækstens egenart snarere end det er hjernevæksten, der forklarer sproget.

Det er afgørende for en vurdering af Deacons forslag, at man gør sig klart, at heller ikke nutidsmennesker fødes med evnen til symbolsk tegnbehandling. Det lille barn er nok - i modsætning til de 'præ-maladapterede' aber - mentalt set gearret til at tilegne sig kunsten, men det forbliver dog en hård opgave, som barnet er mindst to år om at beherske i noget større omfang. Sammenlignet med den situation vore fjerne forfædre, der første gang forsøgte sig i kunsten, må have befundet sig i, er nutidens børn ovenikøbet privilegerede i kraft af, at de fødes ind i et miljø, hvor sproget allerede fra begyndelsen spiller en central rolle. Datidens børn, havde ikke alene det handikap, at deres hjerner var mere abeagtige end menneskeagtige, men de måtte også selv, altså uden hjælp fra voksne - opfinde det symbolske kunststykke. Hvordan har de dog kunnet det ?

Deacon foreslår selv, at evnen til symbolsk kommunikation oprindeligt opstod som en løsning på de tidlige hominidsamfunds behov for at etablere et forpligtende

socialt samarbejde, der i den sidste ende ville indebære indstiftelsen af ægteskabsagtige institutioner. Behovet for sådanne institutioner stammer ifølge gængse teorier fra den kønslige uligevægt, som skyldes et tæt gruppeliv, hvor hannernes engagement i yngelplejen står i modsætning til deres principielle uvidenhed om eget faderskab til afkommet. Hvis hunnerne skal føde storhovedede børn er yngelplejen nødvendigvis så krævende, at begge køns deltagelse er nødvendig. De socialt instituerede ægteskabsrelationer tænkes at kunne have løst dette problem ved at etablere en rituel befæstelse af afkommets faderskab. Den nøgne indeksikale tænkning ville imidlertid aldrig kunne understøtte sådanne institutioner, hævder Deacon, mens selv en begrænset evne for symbolsk forståelse ville være tilstrækkelig

I mine øjne er dette forslag nok det mindst overbevisende element i Deacons elegante teori. En smule amerikansk vil jeg sige. Personligt har jeg en forkærlighed for at tænke udviklingen ind i barnehøjde. Det er immervæk hos børnene, sprogevnens først må være opstået, og børns leg er roden til det meste af, hvad der foregår i voksne menneskers sociale liv. Måske er den symbolske reference oprindeligt opstået som børnelege, og lidt efter lidt er bemestringen af disse leg gået hen og blevet alvor i spillet om succes på andre af livets område herunder forplantningen.

Om det nu har været for sjov, eller fordi det faktisk har tjent populationen til fordel, så er tricket med symbolsk reference i alt fald i alt fald endt med at blive bygget ind i det sociale netværk på en måde, der har stabiliseret den. Hovedideen kan nu sammenfattes meget simpelt: Menneskehjernens arkitektur kom lidt efter lidt til at afspejle sproget på samme måde som fuglevingen afspejler flyvningens aerodynamik.

Ved på denne måde at sætte opfindelsen af evnen til at jonglere med symboler som en forudsætning for den videre hjerneudvikling, snarere end omvendt, erhverver Deacon et stærkt argument mod den Chomskyske begrundelse for en medfødt dybdegrammatik. Grammatikkens store problem ifølge Chomsky-skolen, dens manglende lærbarhed, kunne nemlig tænkes at være overvundet på en helt anden måde. For ligesom hjernen må have gennemløbet en langsom evolutionær forandring, så må også sproget have gennemgået en evolution. I begyndelsen må sproget have været primitivt, men lidt efter lidt har den sociale brug af det resulteret i enklere og effektivere mønstre, af en art som alle kunne lære. Pointen er nu, at mens biologisk udvikling af selv de simpleste forandringer kræver talrige generationer og derfor er umådelig langsom, så kan sproget udvikle sig anderledes hurtigt. Sprogforskere kan

bekræfte, at sprog på få tusind år kan blive forandret til uigenkendelighed. På den baggrund kan Chomsky's problem løses på følgende elegante måde: "Børns hjerner behøver ikke at rumme medfødte sprogstrukturer, hvis sproget i sig rummer børns foretrukne måder at tænke på." (s. 109). Deacons scenarie udpeger den oplagte mulighed, at sproget gradvist ændrede sig, på en sådan måde, at dets grammatik kom til at korrespondere optimalt med, hvad børn umiddelbart ville gætte sig til. Da de menneskelige hjerner er så uhyre langsomme i deres forandringsproces, skete der i stedet det, at sproget tilpassede sig barnets hjerne, og først i anden omgang var det så hjernen, der tilpassede sig sproget.

Det er da en teori, der vil noget.

Referencer:

- Deacon, Terrence (1997). *The Symbolic Species*. New York, Norton.
- Hoffmeyer, Jesper (2005). *Biosemiotik. En afhandling om livets tegn og tegnenes liv*. København, Ries Forlag.
- Seyfarth, R.M. and D.L. Cheney (1992). "Meaning and mind in monkeys." *Scientific American* 267: 122-129.