

## KOGNITIONSFORSKNING

En kort praesentation.

Niels Ole Bernsen, dr.phil.

Denne artikel handler om, hvor uforudsigelig videnskabelig forskning kan vaere. At videnskab er uforudsigelig, er ingen nyhed. Mange har i tidens loeb peget paa, at konkrete videnskabelige opdagelser er uforudsigelige, fordi de kun kan "forudsiges" ved at goere dem. Men vi skal se et eksempel paa, at uforudsigeligheden omfatter andet og mere end konkrete opdagelser.

Historien begynder med den matematiske naturvidenskabs gennembrud i 15-1600 tallet, sat i vaerk af naturforskere som Galilei og Newton. Det drejede sig om den stoerste videnskabelige nyskabelse nogen sinde, maaske med undtagelse af geometriens grundlaeggelse i oldtiden og astronomiens udvikling samtidig med og som del af den matematiske naturvidenskab. Gennembruddet gav matematiske redskaber i haende til at beskrive og forudsige observerede mekaniske naturfaenomener og rejste straks spoergsmaalet: Hvad i naturen er IKKE mekaniske naturfaenomener ? Som man ser, drejer dette spoergsmaal, som straks blev taget op af tidens filosoffer, sig om graenserne for den mekaniske naturbeskrivelse: Havde man i den matematiske naturvidenskab metoder og et teoretisk apparat, som potentielt kunne beskrive og forklare samtlige naturfaenomener, eller rummede naturen stadig omraader som kraevede en vaesentlig anden metodisk og teoretisk tilgang ? En mulig graense, som ikke overbeviste alle og som senere har vist sig ikke at vaere absolut, kunne gaa ved det levende, ved biologiske organismer. En anden mulig graense, som viste sig vanskeligere at overskride, gaar ved det mentale og det bevidste. Hjernen og nervesystemet, som man snart fandt det mentale og bevidste knyttet til, er ganske vist biologiske faenomener, men de kunne muligvis beskrives mekanisk. Men de fleste fandt det svaert begrebsligt at reducere mentale faenomener og bevidste oplevelser til kausale processer i hjernen og centralnervesystemet. For hvordan kan en tanke vaere det samme som en foelge af mekaniske stoed mellem massedele i hjernen ? Og hvis reduktionen ikke er mulig, hvordan skulle det da kunne lade sig goere at anvende den matematiske naturvidenskabs metoder paa mentale faenomener og bevidsthed ?

Tidens filosoffer, altsaa Thomas Hobbes, John Locke, Rene Descartes, G.W.F. Leibniz, David Hume, og andre, udviklede gennem en imponerende ideudveksling en serie af teorier om forholdet mellem det mentale og det materielle, som til sammen laegger det meste af grunden til kognitionsforskningen. Problemet var, at de ikke var enige, at kognitionsforskningens grundlag findes spredt mellem dem, og at noget afgoerende manglede. Flere af dem udviklede

mekaniske regnemaskiner, men taenkning er klart andet og mere end addition eller multiplikation. Taenkning benytter sig paa en eller anden maade af logik, og den opererer med symboler, der staar for andet og mere end numeriske stoerrelser. Desuden kan regnemaskiner hverken se eller hoere, d.v.s. aktivt indsamle oplysninger om omgivelserne. Man manglede med andre ord baade passende formelle teorier og maskiner, der dynamisk kunne behandle symbolsk information. Disse er maaske de vigtigste grunde til, at den franske filosof Descartes (1596-1650) i det store og hele vandt ideudvekslingen. Ifoelge Descartes er det mentale eller sjaelelige grundforskelligt fra det materielle og er derfor ikke tilgaengeligt for matematisk naturvidenskabelig behandling og teori.

Saadan stod tingene i de foelgende aarhundreder, hvor de fleste i dag kendte videnskabelige discipliner blev skabt. Kemien fik mere fast grund under foedderne, de biologiske faenomener begyndte saa smaat at udvise baade kausal og matematisk orden, neurovidenskaben blev grundlagt, og en raekke af de discipliner, vi regner for humanistiske, blev grundlagt i moderne videnskabelig forstand i forrige aarhundrede og i begyndelsen af vort eget: Psykologien, lingvistikken, og den moderne logik. Det interessante er, at de fire sidstnaevnte discipliner med baggrund i Descartes' sejr grundlagdes i en hoej grad af indbyrdes isolation. Neurovidenskaben havde hoejst en uafklaret forbindelse til psykologien; den formelle logik knyttede sig til matematikken; lingvistikken var sin egen; og psykologien havde meget betydelige problemer med at definere sig selv teoretisk og metodologisk.

Fra 1930'erne og frem til 1950'erne fik man imidlertid det, der havde manglet, dengang de klassiske empiristiske og rationalistiske filosoffer diskuterede forholdet mellem den matematiske naturvidenskab og det mentale. I trediveerne grundlagde den engelske matematiker Alan Turing og andre den matematiske teori for databehandling; i fyrrerne grundlagde Claude Shannon informationsteorien; og i halvtredserne viste Allen Newell og Herbert Simon, at en mekanisk indretning, en computer, kunne bevise logisk-matematiske teoremer. Mange fik samtidig den ide, at hjernen og centralnervesystemet kunne opfattes som en slags elektroniske kredsløb til informations- eller databehandling; og Noam Chomsky viste, hvordan sprogets syntaks kunne udledes af en begrænset mængde antagelser om de syntaktiske konstituenten i sætninger og forholdet mellem dem. Psykologer som George Miller i USA og Donald Broadbent i England begyndte at formulere modeller af mental informationsbehandling.

Fremkomsten af matematiske teorier om informationsbehandling og af maskiner til data- og informationsbehandling viste sig at have en uforudset og drastisk effekt paa en raekke hidtil adskilte videnskabelige omraader. Begreber som "information", "data", og "proces" viste sig at have en potentielt afgoerende betydning indenfor baade psykologi, lingvistik,

formel logik og neurovidenskab, nemlig som hidtil uopdagede forbindelsesled mellem dem. I aarhundreder har det vaeret klart, at disse discipliner alle i en eller anden forstand angaar forstaaelsen af "det mentale" og derfor kunne have en indre forbindelse. Men forbindelsens natur var forblevet ukendt. Nu viste forbindelsen sig at kunne bestaa i, at man indenfor alle disciplinerne stiller spoergsmaal om informations- eller databehandling i intelligente eller kognitive systemer. Alle disciplinerne spoerger, givet en bestemt type af kognitivt system, om systemets modtagelse, transformation, manipulation, lagring, genfindelse og overfoersel af information: Hvilken information har systemet ? Hvordan er informationen repraesenteret i systemet ? Hvordan behandles informationen i systemet ? Hvordan er processerne til behandling af information implementeret ? O.s.v. I de foelgende aartier blev kognitionsforskningen etableret med et forskningsprogram, der mere praecist artikulerer de ideer, som forbinder disciplinerne.

Vi kan sammenfatte kognitionsforskningens program i foelgende 9 antagelser:

(1) Intelligens eller kognition er fysisk implementeret eller realiseret. Men et afgoerende analyseniveau ud over den fysiske implementering er beskrivelsen af et kognitivt system som et system med den funktion at manipulere information eller repraesentationer af virkeligheden.

(2) Vidt forskellige typer af fysiske implementeringer er i princippet i stand til at manipulere de samme repraesentationer paa samme maade. En slutning fra, at dommen A er sand, og at dommen B er sand, til, at dommen "A og B" er sand, kan implementeres i chips af silicium eller galliumarsenid, i optiske indretninger, mekaniske indretninger, hydrauliske indretninger, ved brug af komplekse organiske molekyler, eller i biologiske systemer.

(3) Kunstig, d.v.s. ikke-biologisk, intelligens og hyperintelligens er derfor mulig i princippet. Det betyder, at kognitionsforskningen baade studerer naturligt intelligente systemer (mennesker og dyr) og muligheden for at konstruere kunstigt intelligente systemer.

(4) Det beskrivelsesniveau, hvorpaa et kognitivt system beskrives som manipulator af repraesentationer, kan ikke reduceres til:

- (a) Systemets fysiske implementering, jfr. pkt. (1) og filosofernes argument ovenfor;
- (b) systemets adfaerd;
- (c) eventuelle bevidste oplevelser hos systemet.

Punkt (b) betyder, at den form for psykologisk teori, der dominerede meget af psykologien i foerste halvdel af vort aarhundrede, nemlig behaviorismen, er utilstraekkelig. Punkt (c) udtrykker den indsigt, at en stor del af den

informationsbehandling, som kognition involverer, ikke er bevidst tilgængelig. De, som det har vist sig, meget komplicerede synsprocesser, der muliggoer, at læseren kan se bogstaverne paa denne side, er i vidt omfang utilgængelige for bevidst inspektion, og det samme gælder de tilsvarende komplicerede sprogbehandlingsprocesser, der sætter læseren i stand til (fra bevidsthedens synsvinkel) "umiddelbart" at forstaa nærværende sætning.

(5) Kognitionsforskningen er altsaa mekanicistisk. Intelligens eller kognition, indbefattet bevidsthed og semantik eller mening, antages at være et produkt af, i en vid forstand, mekaniske operationer.

(6) Ovenstaaende lægger op til det synspunkt, der kaldes funktionalisme. Funktionalismen siger, at kognition er et produkt af de informationsbehandlingsfunktioner, et fysisk system implementerer. Et kognitivt system bestaar af et sæt fysisk implementerede funktioner til informationsbehandling saasom perception, hukommelse, taenkning, sprogforstaaelse, handling, o.s.v. Et saadant system vil udvise en adfaerd, som vi kalder intelligent, og det menneskelige system er et eksempel.

(7) Kognitionsforskningen er, som det er fremgaaet, historisk noeje knyttet til, og sagligt utaenklig uden, computeren og udforskningen af computerens muligheder indenfor datalogi og kunstig intelligens forskningen. Et andet aspekt af denne tilknytning er, at computersimuleringer af kognitive processer er et centralt metodologisk redskab i kognitionsforskningen.

(8) Kognitionsforskning er multidisciplinaer, omfattende kernediscipliner som kognitiv psykologi, logik, lingvistik, kognitiv neurovidenskab, og sprog- og bevidsthedsfilosofi, og tilknyttede discipliner som datalogi, matematik, fysik, antropologi, dele af samfundsvidenskaberne, med flere. Maalet er, at de alle, i det omfang, deres arbejde har relevans til kognitionsforskningens program, udnytter deres specifikke metoder til at bidrage til faelles modeller og teorier for kognition indenfor forskningsprogrammet.

(9) Kognitionsforskning er et eksempel paa en ny kombination af grundvidenskab og anvendt forskning. Det nye bestaar i, at informationsteknologien definerer en lang raeke nye, mulige anvendelser, hvis realisering imidlertid kraever grundvidenskabelig forskning. Anvendelsesaspekterne er tre:

(a) Udvikling af komponenter til intelligente systemer for anvendelige teknologier i form af synssystemer, talesystemer, naturligt sprog graenseflader, robotter, vidensbaserede systemer, beslutningsstoettesystemer, undervisningssystemer, m.m.

(b) Forskning i menneske-computer interaktion. Informationsteknologien har et stort potentiale til overtagelse af en lang raeke funktioner indenfor de fleste

former for menneskelig virksomhed. Udnyttelsen af dette potentiale, uden at afstedkomme fejlkonstruktioner eller katastrofer, rejser problemer om indretningen af det menneskelige kognitive system og om menneskeligt arbejde og samarbejde, som i mange tilfælde ikke har været stillet for. De søges løst indenfor menneske-computer interaktionsforskningen under brug af snart sagt alle tilgange og teoriformer indenfor kognitionsforskningens øvrige discipliner.

(c) Kognitionsforskningen har et traditionelt anerkendt anvendelsesaspekt i behandlingen og udviklingen af proteser for defekter i det menneskelige kognitive system, opstået som følge af skader eller medfødte anomalier.

Det interessante ved denne oversigt over kognitionsforskningens program er, at programmet ikke er indlysende forkert, og at det repræsenterer en international konvergens i dag. Konvergens omfatter alle kognitionsforskningens discipliner i stadig nye kombinationer. Synsprocessen studeres f.eks. i fællesskab af ingeniører, matematikere, dataloger og kunstig intelligensforskere, neurofysiologer, og psykologer. Tale- og sprogprocessen studeres af lingvister, filosoffer, dataloger, kunstig intelligens forskere, matematikere, fysikere, og ingeniører. Det kraftige begreb om informationsprocesser har revolutioneret teoridannelsen og det tilhørende empiriske arbejde i psykologien, lingvistikken, logikken, og neurovidenskaben.

Motoren i hele denne videnskabelige omorganisering er ikke kognitionsforskningens program, for et forskningsprogram er ikke det papir værd, det er skrevet på, hvis det ikke er i stand til at producere resultater. Eller anderledes udtrykt, et forskningsprogram vinder kun indflydelse i forskersamfundet, hvis det etablerer forskningsparadigmer. Et forskningsparadigme er i sin kerne anderledes konkret end et program, for paradigmets kerne demonstrerer programmets indtil videre ubestemte potentiale i praksis, i form af en konkret model af et bestemt kognitivt fænomen, uanset hvor begrænset, eller i form af en konkret mekanisme, hvis opførelse kan fortolkes kognitivt. Newell og Simons teorem beviser var et bidrag til det første paradigme i kognitionsforskningen, og vi har siden set mange andre bidrag: Begrænsede synssystemer, talegenkendelsessystemer, og robotsystemer, begrænsede dialogsystemer for spørgsmål og svar til databaser, ekspertsystemer til medicinsk diagnose og mange andre formål, o.s.v. Det er paradigmet eller paradigmerne, der bærer forskningsprogrammet, ikke omvendt, og så længe paradigmerne producerer nye modeller og mekanismer for kognitive delfunktioner, beholder forskningsprogrammet sin livskraft. Og livskraften har meget lidt at gøre med de spekulative diskussioner om, hvorvidt man i morgen eller om 50 år vil blive i stand til at konstruere kunstige systemer med menneskelignende intelligens. Kognitionsforskningen er i dag på vej ind i en ny fase, hvor det drejer sig om teoretisk og konstruktiv

integration af kognitive delfunktioner til mere omfattende kognitive funktioner, og om haandtering, teoretisk, eksperimentelt, og med sigte paa teknologisk anvendelse, af kognitive systemer i realistiske, ikke-simplificerede situationer. Denne fase kan ikke undgaa at involvere endnu flere discipliner end de, der omtaltes ovenfor, og den kan heller ikke undgaa at foere til stoerre integration af de allerede involverede discipliner.

Ser man naermere til, har kognitionsforskningen i dag tilsyneladende to vaesentligt forskellige paradigmer. Paradigmet fra klassisk kunstig intelligens tager symbolsk databehandling i den programmerede computer som model for kognitive processer. Paradigmets formelle sprog til praecis formulering af modeller, mekanismer, og simuleringer stammer fra algebra og symbolsk logik. Det andet paradigme, som netop nu er genstand for stor international interesse fra forskning og industri, er det neurale netvaerks paradigme, det konnektionistiske paradigme, eller det subsymbolske paradigme, for blot at naevne nogle af dets navne. Her implementeres kognitive funktioner i netvaerk af simple og massivt forbundne processorer, d.v.s. i en slags idealiserede nervesystemer, og de beskrives formelt i et sprog afledt af fysikkens teorier om komplekse dynamiske systemer (f.eks. termodynamiske). Et af de mange spaendende traek ved disse systemer er deres evne til at laere, noget som klassisk kunstigt intelligente systemer har haft svaert ved. Forholdet mellem de to paradigmer er genstand for heftig diskussion for oejeblikket.

Det bliver let til en strid om ord, om kognitionsforskningen er en "ny videnskab" eller ikke. For at forstaa, hvad det drejer sig om, maa man taenke i helt andre baner end paa et tvaervidenskabeligt samarbejde oprettet til loesningen af et konkret problem med mange aspekter (en mand paa Maanen, Storebaeltsbroen, havforureningen). For de nu involverede dele af mere og mindre traditionelle videnskabelige discipliner har baade et faelles forskningsprogram, faelles paradigmer, og faelles kognitive teorier, modeller, og resultater. Naar, som det nu er ved at ske, de forskellige discipliners metodiske tilgange samles til et faelles arsenal af metoder, kan man med rimelighed tale om en ny videnskab. Den vil i foerste instans have forskellige hovedomraader, saasom studiet af tale- og sprogprocessen, eller af synsprocessen, men allerede nu er der mange konkrete forbindelser mellem omraaderne, ikke mindst spoergsmaal om vidensrepraesentation og inferens. Taenker man dette igennem, kan man se, hvor drastisk en aendring af det videnskabelige landskab, vi synes at have at goere med.

Paa det institutionelle og videnskabspolitiske plan udvikler kognitionsforskningen sig i dag gennem nye forskningscentre og -institutter med utraditionelle kombinationer af discipliner (75-100 alene i USA er et rimeligt skoen); nye forskningsprogrammer: Nationale, internationale (f.eks. EFs ESPRIT Basic Research Actions), og "interkontinentale" (som

det paa japansk initiativ netop oprettede "Human Frontier Science Program", der bl.a. stoetter forskning i hoejere hjernefunktioner); og nye samarbejdsprogrammer mellem forskellige nationale forskningsraad. Et eksempel paa det sidste er et netop vedtaget britisk initiativ, hvor tre forskningsraad (SERC, MRC og ESRC) nu samarbejder om stoette til kognitionsforskningen. Flere danske forskningsraad har kognitionsforskning paa programmet, og det samme gaelder Forskerakademiet. Det ville vaere en stor fordel, om omraadets fremtidige udvikling i Danmark tidligt kunne blive varetaget gennem et forskningsraadssamarbejde til sikring af bredde og kvalitet.

Jeg finder den historie, der alt for kort er fortalt ovenfor, fascinerende. Den viser, hvordan traditionelt adskilte videnskabelige omraader uventet kan bringes sammen af opdagelser gjort et helt andet videnskabeligt "sted". Den viser, hvordan vitale relationer i kraft af et nyt forskningsprogram kan opstaa mellem snart sagt alle dele af videnskabssamfundet: Fra fysikkens studium af den "doede" natur over neurovidenskabens studium af hjerneprocesser til traditionelle humanistiske studier af sprog, logik og mentale faenomener. Og den viser ikke mindst, hvordan traditionelle fordomme om en afgrund mellem "grundforskning" og "anvendt forskning", eller om en afgrund mellem "humaniora" og teknik og industri, kan vise sig illusoriske og skadelige for forstaaelsen af forskningens dynamik.

#### Litteratur:

Det konnektionistiske paradigme introduceres paa dansk af Soeren Brunak og Benny Lautrup i bogen: Neurale Netvaerk, Munksgaard 1988.

En serie artikler om kognitionsforskningsemner findes i tidsskriftet Psyke og Logos' temanummer: Udforskning af det Kognitive, Aarg. 9 nr. 2, 1988, udgivet af B. Karpatschhof, B. Katzenelson, N. Praetorius, O.A. Olsen, S.E. Olsen og A. Poulsen.