

KOGNITIONSFORSKNING ANNO 1988.

Niels Ole Bernsen

Kognitionsforskningens opstaaen kan vel vise sig at vaere en af de betydeligste videnskabelige begivenheder i de sidste aartier. Omraadets fascination skyldes, at vi har faaet en ny maade at stille videnskabelige spoergsmaal paa, nemlig om "kognition" eller om det mentale, samtidig med at vi indenfor den nye ramme har faaet demonstreret vor store uvidenhed om svarene paa disse spoergsmaal. Somme tider kan en ny teori tilfoere et faelles perspektiv til mange forskellige videnskabelige bestraebelser og igangsaette en potentielt drastisk omgruppering mellem dem. Det er tilfaeldet i kognitionsforskningen, hvor en ny teori af den mest gennerelle type, som jeg skal kalde et forskningsprogram, for oejeblikket har denne effekt. Derfor har kognitionsforskningen i det mindste ikke endnu alle, men kun nogle af de kendetegn, der karakteriserer en selvstaendig videnskab, saasom baade et faelles forskningsprogram og et faelles forskningsparadigme, tilstraekkeligt med faelles teoretisk gods, faelles accepterede resultater og en faelles metodologi. I stedet er der tale om et nyt interdisciplinaert forskningsomraade med den turbulens og de spaendinger, og de perspektiver, der hoerer et saadant til. Titlen ovenfor afspejler derfor ingen praetentioner om at overskue kognitionsforskningen som helhed i 1988, men muligheden for, at kognitionsforskningen anno 2000 kunne tage sig vaesentligt anderledes ud end kognitionsforskningen anno 1988.

De videnskabelige discipliner, der udgoer kernen i kognitionsforskningen, er kognitiv psykologi, kunstig intelligens, lingvistik, logik, kognitiv neurovidenskab og videnskabs-, sprog- og bevidsthedsfilosofi. Ordet "kognitiv" signalerer, at vi kun taler om den del af en disciplin, der tilhoerer kognitionsforskningen, saasom kognitiv psykologi eller kognitiv neurovidenskab, i stedet for om disciplinen psykologi eller neurovidenskab som helhed. Disciplinen kunstig intelligens er, som navnet siger, "foedt" kognitiv. Psykolingvistikken og datalingvistikken er kandidater for inklusion i en "kognitiv lingvistik", medens en "kognitiv logik" endnu kun er undervejs. Ogsaa mange andre end kernerdisciplinerne bidrager til kognitionsforskningen, eksempelvis datalogien eller computervidenskaben, matematikken, fysikken, biologien, antropologien og sociologien.

Kognitionsforskningen repraesenterer en omfattende reorganisering indenfor en gruppe af traditionelt adskilte videnskaber, som siden anden verdenskrig er begyndt at gaa sammen om at studere et faelles saet af spoergsmaal ledet af et faelles saet af ideer. En af ideerne er hypotesen, at svarene, om overhovedet, kun kan findes under den kombinerede anvendelse af mange forskellige tilgange. Spoergsmaalene drejer sig om informations- eller databehandling hos intelligente eller kognitive systemer. Kognitionsforskningen

har derfor et fælles og accepteret forskningsprogram, nemlig det at forklare intelligente eller kognitive systemer som informations- eller databehandlingssystemer. Programmet hviler paa antagelsen, at intelligens kan beskrives og forklares i en teori, der handler om modtagelse, oplagring, genfindelse, transformation, manipulation, overførsel og eksekution af information. Nogle af de generelle spørgsmål, der stilles om intelligente systemer i overensstemmelse med forskningsprogrammet, er: Hvilken information har saadanne systemer? Hvordan er informationen repræsenteret? Hvordan foregaar informationsprocesserne i systemerne? Hvordan er processerne implementeret? Endemaålet er at udvikle, anvende og muligvis implementere generelle teorier om intelligens eller kognition, baade biologisk og kunstig.

Begrebet "information" er meget bredt, og forskningsprogrammet siger for saa vidt ikke ret meget. Programmet er naturligvis ikke trivielt i den forstand, at det har vaeret let at finde paa, og slet ikke i den forstand, at det vil blive let at realisere. Paa den anden side kan man spoerge, nu, hvor nogen altsaa har fundet paa ideen, om ikke det er trivielt, at kognition i en eller anden forstand er informationsbehandling. Hvad skulle kognition ellers vaere? Den genetiske kode bestaar af information, og dens overførsel kraever informationsbehandling, saa selvfoelgelig gaelder det samme for kognition og med om muligt endnu stoerre konceptuel ret? For at se det ikke-trivielle i kognitionsforskningens program er det noedvendigt at gaa et trin nedad i det videnskabsteoretiske hierarki, fra forskningsprogram til forskningsparadigme(r).

Forskningsprogrammet siger, at intelligente eller kognitive systemer er informations- eller databehandlingssystemer. Programmets oprindelige effekt skyldtes foerst og fremmest to rationelle faktorer. For det foerste, Turing og andres grundlaeggelse af den matematiske teori om databehandling i trediveerne. For det andet, etableringen af en forbindelse mellem denne teori og intelligensbegrebet. Hvornaar det skete foerste gang, er vanskeligt at sige, og ret ligegyldigt, men et eksempel fra halvtredserne, der overbeviste tilstraekkeligt mange, var Newell og Simons computerprogram, der kunne bevise logisk-matematiske teoremer fra Russell og Whiteheads Principia Mathematica. At programmet overbeviste, skyldes, at evnen til at bevise teoremer er evidens for taenkning og dermed for intelligens. Newell og Simons bedrift blev til en del af det foerste paradigme for kognitionsforskningen. Vi kan kalde det: Paradigmet fra klassisk kunstig intelligens. Hypotesen var, at naar en passende programmeret computer kunne udvise adfaerd, der, hvis den udvistes af et menneske, ville blive taget som et tegn paa intelligens, saa kunne computeren i princippet ogsaa udvikles til at opfylde vore oevrige kriterier paa intelligens. Ideen om "kunstig intelligens" var skabt, og denne ide har sammen med ideen om den programmerede computer vaeret central for kognitionsforskningen indtil de seneste aar.

Som man ser, er et forskningsparadigme i sin kerne anderledes konkret end et forskningsprogram. Kernen bestaar

af konkrete modeller, der eksemplarisk viser, hvordan forskningsprogrammet udmoentes indenfor et videnskabeligt delomraade. Paradigmets kerne er eksemplarisk, fordi en tilstraekkeligt stor del af forskersamfundet er villig til at antage, at principperne fra de konkrete modeller kan generaliseres til en stoerre del af forskningsomraadet og muligvis til hele omraadet, in casu til "kognition". Hvilke principper fra modellerne, det drejer sig om at generalisere, noejagtigt hvordan de skal generaliseres, og til hvor stor en del af forskningsomraadet, de kan generaliseres, er videnskabeligt uafgjort og aabent for hypotese, teori og spekulation. Deri ligger det ubestemte loefte indeholdt i et forskningsparadigme. Loeftet akcepteres som regel ikke uden videre af alle involverede parter. I saa fald opstaar der kontroverser med den del af forskersamfundet, der ikke antager paradigmet.

Mod slutningen af halvfjerdserne havde kunstig intelligens forskningen gennemlevet en raeke stadier af overdreven optimisme. En passende noegtern konklusion tilsagde noget i retning af foelgende. Man havde naaet noget, nemlig blandt andet ekspertsystemer og vidensbaserede systemer med et anvendelsespotentiale, som kunne udnyttes i et muligvis meget betydeligt omfang. Og, for det andet, generalisationen af "mikroverdens" systemer til systemer, der kunne loese realistiske opgaver, var svaer. Den kraever uhyre ressourcer til behandling og lagring af information, muligvis helt nye systemarkitekturer, og ikke mindst, meget mere viden om, hvordan ressourcerne skal organiseres og kontrolleres. Ikke mindst synssystemforskningen, men ogsaa talegenkendelsesforskningen og robotforskningen havde vist, at der kunne vaere meget at hente fra studiet af informationsbehandlingen i biologiske systemer. Vaesentlige begreber og teknikker i kunstig intelligens som semantiske net, produktionssystemer, rammer og skripter var udviklet gennem snaevre forbindelser til kognitiv psykologi og var af en gruppe kognitive psykologer blevet accepteret som nyttige teoretiske konstruktioner. Computersimuleringer af teorier om kognition var blevet udbredte indenfor kognitiv psykologi. De klassiske formelle discipliner logik og lingvistik havde naermest selvsagt ingen fundamentale vanskeligheder ved at samarbejde med kunstig intelligens forskningen, der ikke blot bredt anvendte deres resultater, men ogsaa stillede et stort antal nye opgaver. Nogle filosoffer havde for laengst set perspektiverne. Bortset fra den matematiske teori for databehandling var grundlaget for det nye paradigme for studiet af kognition lagt af filosofferne i det 17. og 18. aarhundrede, Hobbes, Descartes, Leibnitz og Hume. Kant havde haevdet, at studiet af kognition aldrig kan blive videnskabelig, fordi man manglede og ville blive ved med at mangle en matematik eller en formel teori paa omraadet. Men nu havde man den maaske.

Kognitionsforskningens interdisciplinaere forskningsprogram var dermed en realitet. Neurovidenskabens mulige bidrag var klart fra synssystemforskningen, robotikken og talesystemforskningen. Den kognitive neurovidenskabs potentiale er blevet forstaerket i firserne

gennem fremkomsten af et nyt paradigme for kognitionsforskningen, nemlig de neurale netvaerk eller konnektionismen. Det klassiske paradigme fra kunstig intelligens opfatter kognition som produceret af et automatisk formelt system, der kombinerer og rekombinerer fysisk realiserede, diskrete symbolske koder og som har input-output relationer til omgivelserne. Det konnektionistiske paradigme opfatter kognition som produceret af den kollektive adfaerd hos store populationer af meget simple processorer, muligvis helt uden brug af diskrete symbolske koder. Det konnektionistiske paradigme har vaeret undervejs lige saa laenge som det klassiske paradigme fra kunstig intelligens, fra fyrrerne, hvor McCulloch og Pitts saa analogien mellem et binaert, digitalt system og nervesystemets neuroner, der er i en tilstand af enten at fyre eller ikke. Rosenblatts "Perceptron" fra tresserne viste sig utilstraekkelig, men indfoerelsen af skjulte lag af enheder i kunstige neurale netvaerk har vist sig at goere dem til, i princippet, universelle Turing maskiner. Konnektionismen har i dag gjort fysik og anvendt matematik i form af teorier om dynamiske systemer til vigtige redskaber for forstaaelsen af kognition.

Gaar vi tilbage til kognitionsforskningens forskningsprogram, kan det nu karakteriseres gennem en raeke hovedantagelser:

1. Intelligens eller kognition er fysisk implementeret, men et afgoerende analyseniveau ud over den fysiske implementering er beskrivelsen af systemet som et system med den funktion at manipulere repraesentationer. Repraesentationerne kan bestaa af diskrete symboler eller symboler af andre typer saasom distribuerede repraesentationer.
2. Vidt forskellige typer af fysiske implementeringer er i princippet i stand til at manipulere de samme repraesentationer paa samme maade: Chips af silicium eller galliumarsenid, optiske indretninger, mekaniske indretninger, hydrauliske indretninger, organisk-biologiske systemer, men dog naeppe indretninger bestaaende af frie dampkyer eller kviksoelv.
3. Kunstig, d.v.s. ikke-biologisk intelligens og hyperintelligens er derfor mulig i princippet. En vigtig, omend temmelig selvfoelgelig konsekvens er, at kognitionsforskningen baade studerer naturligt intelligente systemer (mennesker og dyr) og muligheden for at konstruere kunstigt intelligente systemer. Kognitionsforskningen antager ikke paa forhaand, at menneskelig kognition er et naturligt afgraenset omraade i forhold til dyrisk eller kunstig intelligens, eftersom den naturlige afgraensning muligvis kun gaelder niveauet for fysisk implementering. Naar nogle kognitionsforskere stadig vil begraeense kognitionsforskningens omraade til biologisk eller endog til menneskelig kognition, er der tale om en afgraensning, der

hverken retfærdiggøres af områdets historie som kort fortalt ovenfor, eller af dets nuværende videnskabelige situation. Denne form for afgrænsning foreslås som regel af kognitive psykologer og kognitive neuroforskere, der traditionelt kun har haft at gøre med biologiske systemer.

4. Det beskrivelsesniveau, hvorpå et kognitivt system beskrives som manipulator af repræsentationer, er irreducibelt til:

- (a) Systemets fysiske implementering;
- (b) systemets adfærd;
- (c) eventuelle bevidste oplevelser hos systemet.

Tvært imod er repræsentationsniveauet en forudsætning for at forstå systemets fysiske implementering som implementering af kognitive funktioner, såvel som for at forstå systemets adfærd og bevidste oplevelser. Punkt (a), irreducibiliteten til fysisk implementering, gør forskningsprogrammet uforeneligt med den hovedform for den eliminative materialisme, der hævder, at det eneste sprog, vi i sidste ende behøver til at beskrive kognition, er et fysisk implementeringssprog, specielt neurofysiologiens sprog. Opponenten af denne observans er i reglen neurofysiologer eller filosoffer. Materialismen er som bekendt et af filosofiens klassiske svar på sjæl-legeme problemet. Punkt (b), irreducibiliteten til adfærd, gør programmet uforeneligt med behaviorismen, hvis nedtur siden halvtredserne har været direkte koblet til informationsbehandlingsparadigmets fremgang. Punkt (c), irreducibiliteten til bevidste oplevelser, er centralt i kognitionsforskningen og tilsyneladende særdeles veldokumenteret. Det betyder, at kognition eller intelligens forstået som informations- eller databehandling omfatter langt mere end bevidste informationsbehandlingsprocesser. Netop fordi det centrale informationsbehandlingsniveau omfatter både bevidste og ubevidste processer, er bevidstfænomenet snarere et af kognitionsforskningens iøjnefaldende problemer.

5. Kognitionsforskningen er mekanicistisk. Intelligens eller kognition, indbefattet bevidsthed og semantik eller mening antages at være et produkt af, i videste forstand, mekaniske operationer. Omend, altså, som sagt, irreducibelt til mekaniske operationer.

6. Funktionalisme. Funktionalismen siger, at kognition er et produkt af de informationsbehandlingsfunktioner, et system fysisk implementerer. Kognition kan ikke reduceres til fysisk implementering, adfærd eller bevidste processer (jfr.pkt.4). Den nødvendige og tilstrækkelige betingelse for eksistensen af et kognitivt system er forekomsten af et sæt af fysisk implementerede informationsbehandlingsfunktioner såsom hukommelse, tænkning, perception, handling, o.s.v. Et sådant system vil udvise en adfærd, vi kalder intelligent. Det menneskelige system er et eksempel. Om bevidsthed er

noedvendig for kognitive systemer afhaenger af, om bevidsthed har en noedvendig funktion i intelligent informationsbehandling. Funktionalismen (jfr.pkt.2) har fristet nogle til den fejlslutning, der er en slags modpol til den eliminative materialisme, at studiet af implementeringen af informationsbehandlingsprocesser i biologiske systemer er uden betydning for kognitionsforskningen. Den kognitive neurovidenskab hævder netop, at givet en hypotese eller en teori om den informationsbehandling, der foregaar, kan studiet af dennes biologiske implementering give oegtet forstaaelse af systemets kognitive arkitektur.

7. Kognitionsforskningen er historisk noeje knyttet til, og sagligt utaenkkelig uden, computeren og udforskningen af computerens muligheder indenfor datalogi og kunstig intelligens. Kognitionsforskningens paradigmer hentes stadig fra nutidens computersystemer, serielle eller parallelle, klassiske eller konnektionistiske, hvoraf de sidstnaevnte (de konnektionistiske) stadig for det meste simuleres paa klassiske computere. Kognitionsforskning kan ikke, eller ikke endnu, "minimalt" defineres som udforskning af kognitive faenomener under brug af computersimuleringer, for der er omraader, hvor specifik computer modellering endnu ikke er mulig. Et eksempel er forskellige aspekter af sociale og organisationelle faktorer. Men ellers forekommer minimaldefinitionen rimelig.

8. Kognitionsforskning er multidisplinaer. En, indroemmet staerk, bestemmelse af, hvad der kraeves af en disiplinaer aktivitet for at den er kognitionsforskning, er, at den angaar baade viden og proces i kognition, abstrakt program og implementering, perifere og centrale processer, subsystem-integration, og forstaaelsen af intelligent performans i komplekse, realistiske situationer.

9. Kognitionsforskning er ikke kun grundvidenskabelig forskning, men har tillige klare anvendelsesaspekter. Anvendelsesaspekterne er af tre typer:

(a) Udvikling af komponenter til intelligente systemer for anvendelige teknologier i form af synssystemer, talesystemer, naturligt sprog graenseflader, robotter, ekspertsystemer og vidensbaserede systemer, beslutningsstoettesystemer, o.s.v.

(b) Grundforskning og anvendt forskning i menneske-computer interaktion. Informationsteknologien har et meget stort potentiale til overtagelse af en lang raeke funktioner ("intelligente" eller ikke) 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, om menneskeligt arbejde og samarbejde som i mange tilfaelde ikke har vaeret stillet foer. De soeges loest indenfor menneske-computer interaktionsforskningen. Denne forskning kan ikke reduceres til traditionen for

laboratorieforskning i kognitiv psykologi, dels fordi den er noedt til temmelig respektloest at benytte sig af et langt stoerre spektrum af metoder, dels fordi den er noedt til at stille spoergsmaal om det menneskelige kognitive system som helhed og dets kompetencer snarere end om detaljerede informationsbehandlingsprocesser i kognitive delsystemer, dels fordi den er noedt til indgaaende at beskaeftige sig med de arbejdsopgaver, brugeren loeser ved hjaelp af computeren, og med arbejdets organisation, og dels fordi den indgaar i nye interdisciplinaere alliancer med discipliner som sociologi og management teori. Menneske-computer interaktionsforskningen er knyttet til traditionen for "oekologisk" psykologi og beslaegtede ikke-behavioristiske traditioner i psykologien. Men omraadet kan maaske mere frugtbart ses som orthogonalt til alle kognitionsforskningens kernediscipliner.

(c) Kognitionsforskningen har et traditionelt anerkendt anvendelsesaspekt i behandlingen og udviklingen af proteser for defekter i det menneskelige kognitive system opstaaet som foelge af skader eller medfoedte anomalier.

Punkterne 1-9 giver en indholdsfyldt og potentielt kontroversiel bestemmelse af kognitionsforskningens program. Det interessante ved bestemmelsen er, at programmet ikke er indlysende forkert og at det repraesenterer en international konvergens i dag.

En saa omfattende videnskabelig reorganiseringsproces som den beskrevne er ingen idyl, og de vanskeligheder, man moeder undervejs, er langt fra blot konsekvenserne af faglig konservatisme, selv om den naturligvis ogsaa er paa spil. Der er substantielle spoergsmaal som kan skille overalt, baade disciplinerne imellem og indenfor den enkelte disciplin, og det foelgende er kun nogle af de mere prominente eksempler vedroerende forskningsprogrammet, paradigmerne og interdisciplinariteten.

1. Forskningsprogrammet. Man kan vaere enig i, at intelligens eller kognition i en eller anden forstand er informationsbehandling, men uenig i, at vi har nogen chance for i princippet at realisere kognitionsforskningens program via et af de to forhaandenvaerende paradigmer eller via konjunktionen af dem. I princippet kan programmet overleve den mulige situation, hvor paradigmerne stagnerer og bliver uproductive. Men opstaar der ikke nye paradigmer, doer programmet ud. Traditionelt har a priori argumenter mod forskningsprogrammet rettet sig mod det klassiske kunstig intelligens paradigmes muligheder for at syntetisere eller "blot" simulere intelligente systemer eller delsystemer. Det forekommer dog fair at sige, at intet hidtil set a priori argument har vaeret tvingende. Men mindst lige saa interessant er det maaske, at disse argumenter for oejeblikket synes i det mindste midlertidigt suspenderede som (indirekte) argumenter imod forskningsprogrammet, medens alle har travlt med at undersøge de konceptuelle og empiriske muligheder i konnektionisme-paradigmet. Selv

stærke kritikere af den klassiske kunstige intelligens' muligheder som Searle og broedrene Dreyfus bliver tydeligvis forsigtigere, naar talen falder paa konnektionismen. Medgives maa det under alle omstaendigheder, at de eksisterende kunstige systemer er langt fra at udvise intelligens i nogen mere omfattende forstand. Hvad vi har, er saadan noget som skakspillende computere med hoej, men ikke suveraen, rating, begraensede ekspertsystemer og vidensbaserede systemer indenfor mange omraader, begraensede synssystemer og ditto robotter, gode taleproduktionssystemer og hurtigt avancerende talegenkendelsessystemer, begraensede dialogsystemer, begraensede indlaeringssystemer og systemer med evner til kompliceret og stoejfyldt moenstergenkendelse af saadan noget som ansigter eller haandskrift. Men systemerne er i dag meget langt fra at udvise dagligdags traek ved menneskelig intelligens saasom at laere og at tale et naturligt sprog, identificere og beskrive genstande i en visuel scene, loese problemer ved hjaelp af analogier til andre situationer, eller handle hurtigt og fleksibelt her og nu.

2. Paradigmerne. Den igangvaerende diskussion af forskningsparadigmer er reel, eftersom de to paradigmer genererer forskellige systemer med forskellige funktionelle primitiver (forskellige elementaere kapaciteter til informationsbehandling), og muligvis med forskellig adfaerd, forskellige forskningsretninger, og forskellige teknologier.

Konnektionismeparadigmet har vist sig lovende paa omraader som moenstergenkendelse, afbildning mellem input og output, indholdsaddressabel hukommelse, samtidig opfyldelse af et stort antal constraints, og indlaering. Konnektionistiske systemer har en vis, omend i meget hoej grad idealiseret lighed med nervesystemer. Og nogle konnektionistiske resultater har en vis, skoent omstridt, psykologisk plausibilitet. Et eksempel er indlaeringsmoenstret for regelmaessige og uregelmaessige datidsformer af verber paa engelsk (Rumelhart og McClelland 1986, Pinker og Prince 1988). Kognitionsforskere er i dag splittede med hensyn til paradigmets betydning og potentiale. Splittelsen viser sig over spektret af opfattelser fra, at konnektionismen slet ikke er et nyt paradigme for kognitionsforskningen, men alene er en teori om implementeringen af kognitive systemer (Fodor og Pylyshyn 1988), og til, at det klassiske paradigme kun er en i sidste ende overfloedig approximation til den korrekte (konnektionistiske) beskrivelse af kognitive processer (Rumelhart og McClelland 1986). De fleste kognitionsforskere synes at indtage det mindre ekstreme og mere forsigtige standpunkt, at begge paradigmer meget vel kan vise sig noedvendige for en adaekvat teori om kognition. Konnektionismen kunne vise sig adaekvat for beskrivelsen af automatiske, non-voluntaere, ikke-attentive kognitive processer, medens det klassiske paradigme kunne vaere adaekvat for beskrivelsen af volontaere, attentive, kontrollerede processer. Sikkert synes det at vaere, at denne

sidste opfattelse, selv om den i en eller anden forstand er "rigtig", er en uhyre simplificering. Et af de virkelige grundlagsproblemer i kognitionsforskningen i de kommende aar er bedre at forstaa forholdet mellem de to paradigmer.

De to paradigmer oever tiltraekning paa forskellige af kognitionsforskningens kernediscipliner. Det klassiske paradigme er i princippet uden videre foreneligt med det normative, formelle indhold i discipliner som logik og lingvistik, statistisk teori og beslutningsteori. Dette (kompetence-) indhold er oftest udviklet videnskabeligt uden noget saerligt hensyn til informationsbehandlingprocesser i biologiske systemer. En god del kognitive psykologer og saa godt som alle kognitive neuroforskere har derimod aldrig haft nogen stoerre tiltro til det klassiske paradigme. Ideen om en symbolsk kombinatorik svarer simpelt hen ikke tilstraekkeligt til de intuitioner, disse forskere har udviklet gennem eksperimentelt arbejde. For dem fremtraeder konnektionismen i mange tilfaelde som den foerste serioese mulighed for konstruktionen af mere generelle teorier om kognition. Konnektionismen har givet dem en serie af nye principper for hypotese-, model- og teorikonstruktion eller med andre ord et kraftigt vaerktoej til at orientere den empiriske forskning mod at besvare nye spoergsmaal eksperimentelt.

De to paradigmer tiltraekker ogsaa i forskellig grad forskere, som studerer periferer dele af det kognitive system involverende signalprocesser saasom tale, lavniveau synsprocesser eller bevaegelse, og forskere, som studerer centrale processer som problemloesning, andre former for organiseret taenkning, eller hoejniveau sprogprocesser.

Denne fra forskellige perspektiver omtalte, om man vil, splittelse knyttet til kognitionsforskningens to paradigmer har dybe roedder i vestlig taenkning, for den er en nutidsversion af rationalisme-empirisme konflikten i det 17. og 18. aarhundredes filosofi. Har man en filosofisk baggrund, ved man, at ingen af parterne havde helt ret, dengang.

3. Interdisciplinariteten. Nye konstellationer af videnskabeligt samarbejde kraever tid, tid til forstaaelse af andre discipliners metoder, resultater, potentialer, styrker og svagheder. Noget af det vaesentligste, kognitionsforskningens hidtidige historie i almindelighed og kunstig intelligens forskningens historie i saerdeleshed har belaaert alle involverede om, er, at kognition er et uhyre kompliceret faenomen, ogsaa givet de to nye forskningsparadigmer. Det nytter ikke ret meget blot at spoerge folk om deres kognitive arkitektur eller at introspicere i sin egen, vi kan ikke deducere os frem til den, og selv om neuroanatomien er haandgribelig, besvarer den kun faa af de spoergsmaal, vi oensker svar paa. Mere avancerede metoder er noedvendige i kombination med de teoretiske ansatser, paradigmerne foreslaar. Selv om forskningsprogrammet maatte vaere realisabelt i princippet, er det maaske ikke realisabelt i praksis i form af en opnaaelig, adaekvat og fuldstaendig teori om kognition. Men skal det realiseres i sit mulige omfang, er der formodentlig ingen vej uden om at goere brug af den fulde pluralitet af

forhaandenvaerende metoder hos alle involverede discipliner: formelle og praktisk konstruerende som i kunstig intelligens, formelt rekonstruerende som i formel logik og lingvistik, empiriske som i kognitiv psykologi, menneske-computer interaktionsforskning og kognitiv neurovidenskab, anvendt matematiske som i konnektionismen, konceptuelle som i filosofien. Princippet er, at hver disciplin anvender sine partikulaere metoder med henblik paa at tilfoere constraints ("adaekvathedsbetingelser") til faelles modeller og teorier om kognitive funktioner og deres indbyrdes relationer. Modellerne og teorierne udtrykkes i kognitionsforskningens faelles sprog, d.v.s. i forskningsprogrammets og forskningsparadigmernes sprog. Nu kan man aldrig uden videre forvente, at forskningen faktisk foelger den slags ideelle retningslinier, men indtil videre ser det ud til at vaere tilfaeldet i det omfang, eksistensen af to paradigmer goer realistisk (se nedenfor).

Man hoerer ofte den betaenkelighed, at det teknologiske anvendelsesaspekt i kognitionsforskningen skal blive koblet fra, saaledes at symbolingenioerer og konnektionistiske ingeniører bygger de teknologiske systemer, der anvendes, medens resten af kognitionsforskningen fortsaetter med teorien. Det er der ikke spor i vejen med, saa laenge teorisporet ikke er udsigtsloest, og saa laenge det ikke er udsigtsloest, har det ogsaa nye potentielle anvendelsesaspekter. For oevrigt kan det vaere svaert at forestille sig en saadan frakobling med det foerste, hvor ingeniørerne bygger moduler med en eller anden intelligent funktion ud fra principper, saasom logikprogrammeringens, der efter stort set alles mening intet har at goere med den maade, biologisk intelligente systemer opererer paa. Men synspunktet findes. Jeg har ogsaa hoert dataloger sige, at kunstig intelligens og kognitionsforskning "er noget underligt noget". Det samme sagde matematikerne for tredive aar siden om datalogien. Men det siger de ikke mere. Og antallet af de, der i dag vil sige noget tilsvarende om synsforskningen, taleforskningen, robottikken, neurale netvaerksforskningen eller den anvendte logik, er svindende.

Mange har haevdet, at kognitionsforskningens program rummer forskellige former for splittelse eller inkonsekvens. Kognitionsforskningen vil forstaa intelligens, og intelligens er forklaret ved henvisning til begreber som perception, taenkning og handling. Kognitionsforskningen vil derfor, kunne man sige, forstaa aktoerer eller handlende vaesener som helhed, hvad enten de er naturlige eller kunstige, som informations- eller databehandlingsystemer. Men aktoerer er ikke blot intelligente i intellektuel forstand, de repraesenterer den fulde udfoldelse af mental virksomhed. Ifoelge en teori, som gaar tilbage til oplysningstiden, og som stadig synes dominerende, skoent den sjældent diskuteres, bestaar menneskelig mental virksomhed af tre typer af funktioner: Kognitive, der har med erkendelse, taenkning og intellektualitet at goere, konative, der har at goere med straeben, interesse, formaal, begaer og vilje, og emotive eller affektive, der har med foelelser og

sindsstemninger at goere. I kognitionsforskningens hidtidige praksis, saadan lyder indvendingen, har man forstaaet "intelligens" som kognition, og "kognition" som den ene af de tre delfunktioner indenfor den klassiske tredeling. Men saadan kan man ikke forstaa aktoerer.

Svaret paa indvendingen lyder, at den er mindre korrekt i dag end tidligere ! Repraesentation af maal er standard indenfor kunstig intelligens og i simuleringen af kognitive modeller og teorier, selv om det stadig er et interessant spoergsmaal, om vi vil tilskrive konativitet til et kunstigt intelligent system med maalrepraesentationer til f.eks. planlaegning, og, hvis ikke, hvorfor ikke. Og der findes gode argumenter for, at forstaaelsen af affektivitet er en betingelse for en mere fuldstaendig forstaaelse af kognition (f.eks. Oatley 1987). Og menneske-computer interaktionsforskningen kan givetvis ikke tillade sig at ignorere noget enkelt element i helheden af kognitivitet, konativitet og affektivitet.

En anden indvending lyder, at kognitionsforskningen ser bort fra historiske og kulturelle faktorer i forstaaelsen af intelligens, og fra den rolle, baggrundssammenhaenge spiller for handling og taenkning. Dette er naeppe heller rigtigt i dag. Baggrundsproblemet, som disse faenomener udgoer en del af, er blevet en central og vel anerkendt udfordring for kognitionsforskningen. Problemet har at goere med en del af de ting, naturligt intelligente systemer er gode til, men som kunstigt intelligente systemer ikke er gode til i dag. Saa udfordringen er anerkendt. Om og i givet fald hvordan problemet kan loeses, er et andet spoergsmaal, men spoergsmaalet er stillet. Ikke overraskende indgaar henvisningen til dette problem i nogle af de gaengse forsoeg paa a priori argumenter mod det klassiske paradigme (f.eks. Dreyfus 1979).

En slags test paa, hvorhen kognitionsforskningen bevaeger sig anno 1988, kan man faa ved at laese en serie paa 35 artikler om forskningsproblemer indenfor kognitionsforskningen over de naeste 5-10 aar. Artiklerne er blevet til gennem et europaeisk netvaerkssamarbejde paa initiativ af EF-Kommissionens enhed FAST (Forecast and Assessment in Science and Technology). De udkommer 1988-89 i fem bind omhandlende henholdsvis kognitiv psykologi, logik og lingvistik, human-computer interaktionsforskning, kognitiv neurovidenskab og kunstig intelligens under titlen: Research Directions in Cognitive Science. A European Perspective. Det meste af materialet fra kunstig intelligens bindet mangler dog endnu. De foelgende korte eksempler er klart idiosynkratiske, men tendenserne synes tydelige. Tendenserne er positive baade set ud fra formaalet at realisere en faelles metodologi i kognitionsforskningen og ud fra et teknologisk anvendelsesperspektiv. Siden tendenserne kan ses indenfor de fleste omraader af kognitionsforskningen, synes de at udgoere et stabilt moenster, som boer stoettes af en passende forskningspolitik. (Naervaerende betragtninger kan findes uddybet to steder: I Bernsens generelle introduktion til ovennaevnte bind om Research Directions og i sammes

rapport til FAST programmet: Cognitive Science: A European Perspective).

To temaer dominerer den prospektive analyse i artiklerne paa tværs af skellet mellem videnskabelig substans og metodologi. De kan derfor betragtes som centrale tendenser i kognitionsforskningens kernediscipliner. Temaerne er: Integration i teori, computer modeller og systemimplementering, og gyldighed i realistiske situationer af teorier, modeller og anvendelser.

Integrationstemaet dækker foelgende aspekter:

- Integration af forskellige kognitive funktioner;
- integration af kognitive sub-funktioner hos kognitive funktioner;
- integration af modeller til mere generelle teorier;
- integration af del-modeller til fulde modeller;
- integration og konvergens af tilgange, metoder og resultater fra forskellige discipliner;
- en mere teori-drevet tilgang indenfor traditionelt eksperimentelle discipliner som kognitiv psykologi og kognitiv neurovidenskab.

Integration indebaerer en tydelig tendens mod konstruktion og afproevning af generelle teorier og mod oegtet interdisciplinaritet. Som naevnt er ogsaa muligheden for at integrere kognitionsforskningens to paradigmer genstand for livlig diskussion.

Tendensen mod gyldighed i realistiske situationer dækker tendensen mod at forklare, simulere og konstruere systemer i stoerre skala, egnede til at tjene mere generelle formaal, aktive indenfor en realistisk tidsramme, og taettere paa realistiske situationer. Det drejer sig om tale- og grammatiksystemer, systemer til behandling af naturligt sprog og kommunikation, synssystemer og perceptionssystemer generelt, systemer til bevaegelse og handling, og systemer til problemloesning. Forskning i realistiske systemer staar i kontrast til, f.eks., kognitiv psykologisk forskning i abstrakte og oekologisk meningsloese opgaver i laboratoriesituationer eller kunstig intelligens forskning i systemperformans i "mikroverdener". Tendensen mod realistisk gyldighed markerer et vigtigt skridt ud over klassiske tilgange i kognitionsforskningen og medfoerer, at det skarpe, traditionelle skel paa omraadet mellem grundforskning og anvendt forskning forsvinder.

De to temaer, integration og gyldighed i realistiske situationer, er naert forbundne og boer ses i sammenhaeng. I et stort antal tilfaelde kraever forklaring og syntese af performans i komplekse, realistiske situationer en integration af forskellige kognitive funktioner og systemer, og af forskellige tilgange. Temaerne er ogsaa naert knyttet til den teknologiske anvendelighed af modeller, systemer og teorier, fordi integration og realistisk gyldighed er, hvad der kraeves baade for at udvide et systems anvendelsesomraade og for at tilpasse systemet til brugeren.

De to temaer kan kort illustreres med foelgende. Synsforskningen er maaske det aeldste eksempel paa

disciplinintegration, hvor en lang række discipliner arbejder paa at besvare den samme række af funktionelle og kausale spoergsmaal under anvendelse af begge kognitionsforskningens paradigmer. Synssystemforskningen er selv en komponent i forskningen i integrerede systemer, der desuden inkluderer interdisciplinaere emner som multisensorisk fusion, perception-motor koordination, rumlig repraesentation, og planlaegning. Et tredie eksempel er den igangvaerende integration af forskning i tale og naturligt sprog involverende lingvistik, logik og formel semantik, kunstig intelligens, og efterhaanden ogsaa under almen aksept, kognitiv psykologi. Et vigtigt emne i forskningen i naturlige sprog i dag er studiet af saetningers mening i forbindelse med ytringskonteksten og med sprogets diskursfunktion. Et andet er opskaleringen til bygning af store, principbaserede grammatikker. Forbindelsen til taleforskningen kunne komme til at bestaa i brugen af unifikation som grundoperation paa komplekse fonologiske, leksikalske, syntaktiske, og semantiske traekstrukturer. Forsoeg paa at integrere synsforskning og forskningen i naturlige sprog er ligeledes undervejs. Integrationsprocessen paa sprogomraadet er begyndt at udvise traek, som for faa aar siden var uhoerte, og som gaar paa tvaers af det traditionelle skel mellem rationalisme og empirisme, der beroertes ovenfor. Lingvistik, formel semantik og kognitiv psykologi udvikler sammen teorier om diskurs. "Haarde" formelle grammatikere spoerger efter psykologiske constraints paa grammatiske teorier i konsekvens af proliferationen af mere eller mindre formelt aekvivalente teoretiske rammer indenfor syntaktisk teori. Lingvister begynder at udvikle konnektionistiske modeller. Semantikere spoerger efter et kognitivt (processuelt) grundlag for semantisk teori.

Et sidste eksempel kunne hentes fra udviklingen af medicinske ekspertsystemer. Naar kun to medicinske ekspertsystemer i dag er i rutinemaessig brug i realistiske omgivelser, skyldes det langt fra kun problemer i forbindelse med vidensrepraesentation og inferens. Fremskridt paa omraadet kraever foruden fremskridt i generelle systemarkitekturer ogsaa fremskridt i videnstilegnelse hos systemet og i videnselicitation fra eksperter, i modelbaseret raesonneren, i menneske-computer graensefladen og i integrationen af systemerne i kliniske omgivelser. Selv naar det drejer sig om systemarkitektur og modelbaseret raesonneren, er det stadig et aabent spoergsmaal, om disse ikke mest hensigtsmaessigt udvikles som emuleringer af menneskelig taenkning og dens organisation. Hvis det er rigtigt, kraever stort set alle noegleproblemer i udviklingen af medicinske ekspertsystemer et bredt interdisciplinaert samarbejde.

De omtalte tendenser grunder sig paa produktiviteten, baade hver for sig og i kombination, hos kognitionsforskningens to paradigmer. Og de er grundlaget for hypotesen, at der i det mindste anno 1988 ikke synes at vaere nogen vej tilbage, hverken til fornyet disciplinaer isolation eller til en fornyet adskillelse mellem grundforskning og anvendt forskning.

Selv om termen "cognitive science" er en amerikansk opfindelse, er det klart, at samtlige de spoergsmaal, der i dag forbinder kognitionsforskningens discipliner, har solide europaeiske roedder. Omraadets generelle konceptuelle grundlag blev lagt fast af filosoffer som Hobbes, Descartes, Leibnitz og Hume. Forskningsprogrammet grundlagdes af europaeiske forskere og ingenioerer som Babbage og Turing. Under behaviorismens dominans i USA i trediverne og fyrrerne blev ikke-behavioristiske tilgange til kognition holdt ved lige i Europa indenfor faenomenologien og Gestaltpsychologien, og i mere individuelle tilgange som hos Craik, Bartlett, Duncker eller Piaget. Europaeiske forskere som Broadbent var med til at grundlaegge den kognitive psykologi i halvtredserne. Prolog udvikledes i Europa af Colmerauer og Kowalski. Alle kognitionsforskningens kerediscipliner har staerke europaeiske roedder.

Institutionelt set er forskellen mellem Europa og USA betydelig. I Europa findes der i dag maaske en haandfuld universitetsafdelinger, der kan karakteriseres som kognitionsforskningscentre, hvorimod der i USA findes op imod hundrede. Centre i konnektionisme er ogsaa foerst nu ved at opstaa i Europa, med begyndelser i Bochum, Sterling og Zurich. Saadanne centre er naturligtvis vigtige for at tilvejebringe kritisk masse i forskningen, men de er mindst lige saa vigtige for traeningen af nye forskere i interdisciplinaert arbejde. Situationen er under forandring, men der er ingen grund til, at det ikke skulle gaa staerkere. Der er brug for en national indsats i mange europaeiske lande. Storbritannien staar klart staerkest og er i faerd med yderligere at oege stoetten til kognitionsforskning med betydelig vaegt paa traening. Man har underskud paa interdisciplinaert kvalificeret arbejdskraft. Det er en slags gennembrud, at tre store forskningsraad (SERC, MRC og ESRC) er gaaet sammen om omraadet. Maalet er, som det hedder i den britiske arbejdsrapport, at "oege vor forstaaelse af de generelle informationsbehandlingsprincipper, der ligger under naturlige og kunstige former for intelligens, og af disse princippers anvendelse i design af systemer involverende menneske-computer interaktion". Belgien har siden 1987 haft et 200 mio. kr. grundforskningsprogram i kognitionsforskning. Frankrig har en betydelig, men stadig spredt aktivitet. Tyskland synes at ville satse staerkt paa konnektionistisk forskning i de kommende aar.

Tvaernationalt har COST 13 aktionen stoettet europaeisk kunstig intelligens forskning, og kognitionsforskning er netop begyndt at faa stoette fra EFs ESPRIT Basic Research Actions. Konnektionistisk forskning stoettes nu baade af EFs forskningsprogram ESPRIT, af ESPRIT Basic Research, og af BRAIN aktiviteten indenfor det brede grundforskningsprogram SCIENCE. En foerste kortlaegning af kognitionsforskningen i Europa fandt sted i bogen; Cognitive Science in Europe (ed. Michel Imbert et al.), der ogsaa stoettedes af EFs FAST enhed. Globalt set er japanernes "Human Frontier Science Programme" netop ved at komme i gang. Et foerste opslag om grants er netop sendt ud. Programmet inkluderer neurobiologisk forskning og forskning i neurale netvaerk

foruden molekylærbiologisk forskning. Her vil forskere fra EF-landene kunne deltage. I Skandinavien har Sverige netop fået sit første professorat i kognitionsforskning. Der findes kognitionsforskning sted rundt omkring i Danmark, og en del af denne forskning har internationalt niveau. Forskerakademiet støtter allerede et forskeruddannelseskursus på området, og RUC og Risø er i fællesskab ved at starte et 2-årigt uddannelsesprogram med projekter indenfor kognitionsforskning. Vi imødeser med spænding et udspil fra forskningsrådene. Det ville måske være gavnligt, hvis man ellers her kan tillade sig at komme med et forslag, om forskningsrådene saa på det britiske initiativ, der er undervejs i samarbejde mellem flere forskningsråd.

A propos initiativer fra flere forskningsråd. Det turde være indlysende, at kognitionsforskning går på tværs af snart sagt alle traditionelle grænser indenfor forskningsadministrationen. Det gælder i Danmark, men det gælder også i lande, hvor den administrative inddeling bygger på sondringen mellem "life sciences" og "science and engineering". Der er ikke noget at gøre ved det. Kognitionsforskning er selvsagt heller ikke et humanistisk område, selv om den omfatter dele af nogle af de discipliner, der i Danmark for tiden rubriceres under den administrative inddeling: Humanistisk forskning. Nogen dybere grund til netop denne inddeling vil man for øvrigt antagelig lede forgæves efter. Men for den forskning, der nu engang er rubriceret saaledes, er kognitionsforskningen formentlig den videnskabeligt set solideste bro til teknologi, anvendelse og industri, der endnu er set.

- - - - -

Referencer:

Baddeley, Bernsen, Imbert, Rasmussen, Schnelle, Sleeman (eds.): Research Directions in Cognitive Science. A European Perspective, Lawrence Erlbaum 1988-89 (under udgivelse).

Bernsen, N.O.: Cognitive Science: A European Perspective. Report to the FAST Programme of the European Communities, (under udgivelse).

Dreyfus, H.L.: What Computer's Can't Do, New York: Harper & Row 1972, rev. ed. 1979).

Fodor, J.A. og Z.W. Pylyshyn: "Connectionism and Cognitive Architecture: A Critical Analysis", Cognition 28, 1988, 3-71.

Imbert, Bertelson, Kempson, Osherson, Schnelle, Streitz, Thomassen, Viviani (eds.): Cognitive Science in Europe, Springer-Verlag 1987. Oprindelig som FAST-rapport 1986.

Oatley, K.: "Cognitive Science and the Understanding of Emotions", *Cognition and Emotion* 1, 1987, 209-16.

Pinker, S. og A. Prince: "On Language and Connectionism: Analysis of a Parallel Distributed Processing Model of Language Acquisition", *Cognition* 28, 1988, 73-193.

Rumelhart, D.E., J.L. McClelland and the PDP Research Group: *Parallel Distributed Processing Vols 1-2*, MIT Press, Cambridge MA 1986.

ENGLISH SUMMARY

The paper presents characteristic features of the research programme of cognitive science and a distinction is made between research programme and research paradigms. Cognitive science is currently producing a reorganisation among several traditional scientific disciplines. This process has led to controversies about, among other things, the research programme, the paradigms, and interdisciplinary collaboration. Comments are made on some of these controversies. Evidence is presented for the conclusion that, at least for the time being, cognitive science is developing in accordance with its research programme and a number of European, national, and global cognitive science initiatives are described.

DANSK RESUME

Artiklen præsenterer en række karakteristiske træk ved kognitionsforskningens program, og der skelnes mellem forskningsprogram og forskningsparadigmer. Kognitionsforskningen afstedkommer for tiden en reorganisering indenfor traditionelle videnskabelige discipliner. Denne proces har blandt andet ført til kontroverser om forskningsprogrammet, forskningsparadigmerne, og interdisciplinært samarbejde. Nogle af disse kontroverser kommenteres. Noget af grundlaget præsenteres for konklusionen, at kognitionsforskningen i det mindste for øjeblikket udvikler sig i overensstemmelse med sit forskningsprogram, og et antal europæiske, nationale og globale initiativer indenfor kognitionsforskning beskrives.