

KOGNITIONSFORSKNING ANNO 1988

Niels Ole Bernsen

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 med sit forskningsprogram, og et antal europæiske, nationale og globale initiativer indenfor kognitionsforskning beskrives.

Kognitionsforskningens opståen kan vel vise sig at være en af de betydeligste videnskabelige begivenheder i de sidste årtier. Områdets fascination skyldes, at vi har fået en ny måde at stille videnskabelige spørgsmål på, nemlig om »kognition« eller om det mentale, samtidig med at vi indenfor den nye ramme har fået demonstreret vor store uvidenhed om svarene på disse spørgsmål. Somme tider kan en ny teori tilføre et fælles perspektiv til mange forskellige videnskabelige bestræbelser og igangsætte en potentielt drastisk omgruppering mellem dem. Det er tilfældet i kognitionsforskningen, hvor en ny teori af den mest generelle type, som jeg skal kalde et forskningsprogram, for øjeblikket har denne effekt. Derfor har kognitionsforskningen i det mindste ikke endnu alle, men kun nogle af de kendetegn, der karakteriserer en selvstændig videnskab, såsom både et fælles forskningsprogram og et fælles forskningsparadigme, tilstrækkeligt med fælles teoretisk gods, fælles accepterede resultater og en fælles metodologi. I stedet er der tale om et nyt interdisciplinært forskningsområde med den turbulens og de spændinger, og de perspektiver, der hører et sådant til. Titlen ovenfor afspejler derfor ingen prætentioner om at overskue kognitionsforskningen som helhed i 1988, men muligheden for, at kognitionsforskningen anno 2000 kunne tage sig væsentligt anderledes ud end kognitionsforskningen anno 1988.

De videnskabelige discipliner, der udgør 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 tilhører kognitionsforskningen, såsom kognitiv psykologi eller kognitiv neurovidenskab, i stedet for om disciplinen psykologi eller neurovidenskab som helhed. Disciplinen kunstig intelligens er, som navnet siger, »født« kognitiv. Psykolingvistik-

ken og datalingvistikken er kandidater for inklusion i en »kognitiv lingvistik«, medens en »kognitiv logik« endnu kun er undervejs. Også mange andre end kernedisciplinerne bidrager til kognitionsforskningen, eksempelvis datalogien eller computervidenskaben, matematikken, fysikken, biologien, antropologien og sociologien.

Kognitionsforskningen repræsenterer en omfattende reorganisering indenfor en gruppe af traditionelt adskilte videnskaber, som siden anden verdenskrig er begyndt at gå sammen om at studere et fælles sæt af spørgsmål, ledet af et fælles sæt af ideer. En af ideerne er hypotesen, at svarene, om overhovedet, kun kan findes under den kombinerede anvendelse af mange forskellige tilgange. Spørgsmålene 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 på 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 sådanne systemer? Hvordan er informationen repræsenteret? Hvordan foregår informationsprocesserne i systemerne? Hvordan er processerne implementeret? Endemålet er at udvikle, anvende og muligvis implementere generelle teorier om intelligens eller kognition, både biologisk og kunstig.

Begrebet »information« er meget bredt, og forskningsprogrammet siger for så vidt ikke ret meget. Programmet er naturligvis ikke trivielt i den forstand, at det har været let at finde på, og slet ikke i den forstand, at det vil blive let at realisere. På den anden side kan man spørge, nu, hvor nogen altså har fundet på ideen, om ikke det er trivielt, at kognition i en eller anden forstand er informationsbehandling. Hvad skulle kognition ellers være? Den genetiske kode består af information, og dens overførsel kræver informationsbehandling, så selvfølgelig gælder det samme for kognition og med om muligt endnu større konceptuel ret? For at se det ikke-trivielle i kognitionsforskningens program er det nødvendigt at gå et trin nedad i det videnskabs-teoretiske hierarki, fra forskningsprogram til forskningsparadigme(r).

Forskningsprogrammet siger, at intelligente eller kognitive systemer er informations- eller databehandlingssystemer. Programmets oprindelige effekt skyldtes først og fremmest to rationelle faktorer. For det første, Turing og andres grundlæggelse af den matematiske teori om databehandling i trediverne. For det andet, etableringen af en forbindelse mellem denne teori og intelligensbegrebet. Hvornår det skete første gang er vanskeligt at sige, og ret ligegyldigt, men et eksempel fra halvtredserne, der overbeviste tilstrækkeligt mange, var Newell og Simons computerprogram, der kunne bevise logisk-matematiske teoremer fra Russel og Whiteheads Principia Mathematica. At programmet overbeviste, skyldes, at evnen til at bevise teoremer er

evidens for tænkning og dermed for intelligens. Newell og Simons bedrift blev til en del af det første paradigme for kognitionsforskningen. Vi kan kalde det: Paradigmet fra klassisk kunstig intelligens. Hypotesen var, at når en passende programmeret computer kunne udvise adfærd, der, hvis den udvistes af et menneske, ville blive taget som et tegn på intelligens, så kunne computeren i princippet også udvikles til at opfylde vore øvrige kriterier på intelligens. Ideen om »kunstig intelligens« var skabt, og denne ide har sammen med ideen om den programmerede computer været central for kognitionsforskningen indtil de seneste år.

Som man ser, er et forskningsparadigme i sin kerne anderledes konkret end et forskningsprogram. Kernen består af konkrete modeller, der eksemplarisk viser, hvordan forskningsprogrammet udmøntes indenfor et videnskabeligt delområde. Paradigmets kerne er eksemplarisk, fordi en tilstrækkelig stor del af forskersamfundet er villig til at antage, at principperne fra de konkrete modeller kan generaliseres til en større del af forskningsområdet og muligvis til hele området, in casu til »kognition«. Hvilke principper fra modellerne, det drejer sig om at generalisere, nøjagtigt hvordan de skal generaliseres, og til hvor stor en del af forskningsområdet, de kan generaliseres, er videnskabeligt uafgjort og åbent for hypotese, teori og spekulation. Deri ligger det ubestemte løfte indeholdt i et forskningsparadigme. Løftet accepteres som regel ikke uden videre af alle involverede parter. I så fald opstår der interessante kontroverser med den del af forskersamfundet, der ikke antager paradigmet.

Mod slutningen af halvfjerdserne havde kunstig intelligensforskningen gennemlevet en række stadier af overdreven optimisme. En passende nøgtern konklusion tilsagde noget i retning af følgende. Man havde nået 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 løse realistiske opgaver, var svær. Den kræver 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 og robotforskningen havde vist, at der kunne være meget at hente fra studiet af informationsbehandlingen i biologiske systemer. Væsentlige begreber og teknikker i kunstig intelligens som semantiske net, produktionssystemer, rammer og skripter var udviklet gennem snævre 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 nærmest selvsagt ingen fundamentale vanskeligheder ved at samarbejde med kunstig intelligensforskningen, der ikke blot bredt anvendte deres resultater, men også stillede et stort antal nye opgaver. Nogle filosoffer havde for længst set perspektiverne. Bortset fra den mate-

matiske teori for databehandling var grundlaget for det nye paradigme for studiet af kognition lagt af filosofferne i det 17. og 18. århundrede, Hobbes, Descartes, Leibnitz og Hume. Kant havde hævdet, at studiet af kognition aldrig kan blive videnskabelig, fordi man manglede og ville blive ved med at mangle en matematik eller en formel teori på området. Men nu havde man den måske.

Kognitionsforskningens interdisciplinære forskningsprogram var dermed en realitet. Neurovidenskabens mulige bidrag var klart fra synssystemforskningen, robottikken og talesystemforskningen. Den kognitive neurovidenskabs potentiale er blevet forstærket i firserne gennem fremkomsten af et nyt paradigme for kognitionsforskningen, nemlig de neurale netværk 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 adfærd hos store populationer af meget simple processorer, muligvis helt uden brug af diskrete symbolske koder. Det konnektionistiske paradigme har været undervejs lige så længe som det klassiske paradigme fra kunstig intelligens, fra fyrerne hvor McCulloch og Pitts så analogien mellem et binært, digitalt system og nervesystemets neuroner, der er i en tilstand af enten at fyre eller ikke. Rosenblatts »Perceptron« fra tresserne viste sig utilstrækkelig, men indførelsen af skjulte lag af enheder i kunstige neurale netværk har vist sig at gøre 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 forståelsen af kognition.

Går vi tilbage til kognitionsforskningens forskningsprogram, kan det nu karakteriseres gennem en række hovedantagelser:

1. Intelligens eller kognition er fysisk implementeret, men et afgørende analyseniveau ud over den fysiske implementering er beskrivelsen af systemet som et system med den funktion at manipulere repræsentationer. Repræsentationerne kan bestå af diskrete symboler eller symboler af andre typer såsom distribuerede repræsentationer.
2. Vidt forskellige typer af fysiske implementeringer er i princippet i stand til at manipulere de samme repræsentationer på samme måde: Chips af silicium eller galliumarsenid, optiske indretninger, mekaniske indretninger, hydrauliske indretninger, organisk-biologiske systemer, men dog næppe indretninger bestående af fri dampskyer eller kviksølv.
3. Kunstig, d.v.s. ikke-biologisk, intelligens og hyperintelligens er derfor mulig i princippet. En vigtig omend temmelig selvfølgelig konsekvens er, at kognitionsforskningen både studerer naturligt intelligente systemer (men-

nesker og dyr) og muligheden for at konstruere kunstigt intelligente systemer. Kognitionsforskningen antager ikke på forhånd, at menneskelig kognition er et naturligt afgrænset område i forhold til dyrisk eller kunstig intelligens, eftersom den naturlige afgrænsning muligvis kun gælder niveauet for fysisk implementering. Når nogle kognitionsforskere stadig vil begrænse kognitionsforskningens område til biologisk eller endog til menneskelig kognition, er der tale om en afgrænsning, 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.

Tværtimod 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

informationbehandlingsfunktioner, 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 osv. Et sådant system vil udvise en adfærd, vi kalder intelligent. Det menneskelige system er et eksempel. Om bevidsthed er nødvendig for kognitive systemer, afhænger af om bevidsthed har en nødvendig 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 foregår, kan studiet af dennes biologiske implementering give øget forståelse af systemets kognitive arkitektur.

7. Kognitionsforskningen er historisk nøje knyttet til, og sagligt utænklig 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 sidstnævnte (de konnektionistiske) stadig for det meste simuleres på klassiske computere. Kognitionsforskning kan ikke, eller ikke endnu, »minimalt« defineres som udforskning af kognitive fænomener under brug af computersimuleringer, for der er områder, 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 multidisciplinær. En, indrømmet stærk, bestemmelse af, hvad der kræves af en disciplinær aktivitet for at den er kognitionsforskning, er, at den angår både viden og proces i kognition, abstrakt program og implementering, perifere og centrale processer, subsystemintegration, og forståelsen 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 grænseflader, robotter, ekspertsystemer og vidensbaserede systemer, beslutningsstøttesystemer, o.s.v.
- (b) Grundforskning og anvendt forskning i menneske-computer interak-

tion. Informationsteknologien har et meget stort potentiale til overtagelse af en lang række 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 tilfælde ikke har været stillet før. De søges løst indenfor menneske-computer interaktionsforskningen. Denne forskning kan ikke reduceres til traditionen for laboratorieforskning i kognitiv psykologi, dels fordi den er nødt til temmelig respektløst at benytte sig af et langt større spektrum af metoder, dels fordi den er nødt til at stille spørgsmål om det menneskelige kognitive system som helhed og dets kompetencer snarere end om detaljerede informationsbehandlingsprocesser i kognitive delsystemer, dels fordi den er nødt til indgående at beskæftige sig med de arbejdsopgaver, brugeren løser ved hjælp af computeren, og med arbejdets organisation, og dels fordi den indgår i nye interdisciplinære alliancer med discipliner som sociologi og management teori. Menneske-computer interaktionsforskningen er knyttet til traditionen for »økologisk« psykologi og beslægtede ikke-behavioristiske traditioner i psykologien. Men området kan måske mere frugtbart ses som orthogonalt til alle kognitionsforskningens kernerdiscipliner.

- (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.

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 repræsenterer en international konvergens i dag.

En så omfattende videnskabelig reorganiseringsproces som den beskrevne er ingen idyl, og de vanskeligheder, man møder undervejs, er langt fra blot konsekvenserne af faglig konservatisme, selv om den naturligvis også er på spil. Der er substantielle spørgsmål som kan skille overalt, både disciplinerne imellem og inden for den enkelte disciplin, og det følgende er kun nogle af de mere prominente eksempler vedrørende forskningsprogrammet, paradigmerne og interdisciplinariteten.

1. Forskningsprogrammet. Man kan være 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 forhåndenværende paradigmer eller via konjunktionen af dem. I princippet kan programmet overleve den mulige situation, hvor paradigmerne stagnerer og bliver uproduktive. Men opstår der ikke nye para-

digmer, dør 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 været tvingende. Men mindst lige så interessant er det måske, at disse argumenter for øjeblikket 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 brødrene Dreyfus, bliver tydeligvis forsigtigere, når talen falder på konnektionismen. Medgives må det under alle omstændigheder, at de eksisterende kunstige systemer er langt fra at udvise intelligens i nogen mere omfattende forstand. Hvad vi har, er sådan noget som skakspillende computere med høj, men ikke suveræn, rating, begrænsede ekspertsystemer og vidensbaserede systemer indenfor mange områder, begrænsede synssystemer og ditto robotter, gode taleproduktionssystemer og hurtigt avancerende talegenkendelsessystemer, begrænsede dialogsystemer, begrænsede indlæringsystemer og systemer med evner til kompliceret og støjfyldt mønstergenkendelse af sådan noget som ansigter eller håndskrift. Men systemerne er i dag meget langt fra at udvise dagligdags træk ved menneskelig intelligens såsom at lære og at tale et naturligt sprog, identificere og beskrive genstande i en visuel scene, løse problemer ved hjælp af analogier til andre situationer, eller handle hurtigt og fleksibelt her og nu.

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

Konnektionismeparadigmet har vist sig lovende på områder som mønstergenkendelse, afbildning mellem input og output, indholdsaddressabel hukommelse, samtidig opfyldelse af et stort antal constraints, og indlæring. Konnektionistiske systemer har en vis, omend i meget høj grad idealiseret, lighed med nervesystemer, og nogle konnektionistiske resultater har en vis, skønt omstridt, psykologisk plausibilitet. Et eksempel er indlæringsmønstret for regelmæssige og uregelmæssige datidsformer af verber på 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 overflødig approximation til den korrekte (konnektionistiske) beskrivelse af kognitive processer (Rumelhart og McClelland, 1986). De fleste kognitionsforskere synes at ind-

tage det mindre ekstreme og mere forsigtige standpunkt, at begge paradigmer meget vel kan vise sig nødvendige for en adækvat teori om kognition. Konnektionismen kunne vise sig adækvat for beskrivelsen af automatiske, non-voluntære, ikke-attentive kognitive processer, medens det klassiske paradigme kunne være adækvat for beskrivelsen af voluntære, attentive, kontrollerede processer. Sikkert synes det at være, at denne sidste opfattelse, selv om den i en eller anden forstand er »rigtig«, er en uhyre simplifikation. Et af de virkelige grundlagsproblemer i kognitionsforskningen i de kommende år er, bedre at forstå forholdet mellem de to paradigmer.

De to paradigmer øver tiltrækning på forskellige af kognitionsforskningens kerediscipliner. 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 særligt hensyn til informationsbehandlingsprocesser i biologiske systemer. En god del kognitive psykologer og så godt som alle kognitive neuroforskere har derimod aldrig haft nogen større tiltro til det klassiske paradigme. Ideen om en symbolsk kombinatorik svarer simpelthen ikke tilstrækkeligt til de intuitioner, disse forskere har udviklet gennem eksperimentelt arbejde. For dem fremtræder konnektionismen i mange tilfælde som den første seriøse 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 værktøj til at orientere den empiriske forskning mod at besvare nye spørgsmål eksperimentelt.

De to paradigmer tiltrækker også i forskellig grad forskere, som studerer perifere dele af det kognitive system involverende signalprocesser såsom tale, lavniveau synsprocesser eller bevægelse, og forskere, som studerer centrale processer som problemløsning, andre former for organiseret tænkning, eller højniveau sprogprocesser.

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

3. Interdisciplinariteten. Nye konstellationer af videnskabeligt samarbejde kræver tid, tid til forståelse af andre discipliners metoder, resultater, potentialer, styrker og svagheder. Noget af det væsentligste kognitionsforskningens hidtidige historie i almindelighed, og kunstig intelligens forskningens historie i særdeleshed, har belært alle involverede om, er, at kognition er et uhyre kompliceret fænomen, også givet de to nye forskningsparadigmer. Det nytter ikke ret meget blot at spørge folk om deres kognitive arkitektur eller at introspicere sin egen, vi kan ikke deducere os frem til den, og selv om neuroanatomien er håndgribelig, besvarer den kun få af de spørgsmål, vi øn-

sker svar på. Mere avancerede metoder er nødvendige i kombination med de teoretiske ansatser, paradigmerne foreslår. Selv om forskningsprogrammet måtte være realisabelt i princippet, er det måske ikke realisabelt i praksis i form af en opnåelig, adækvat og fuldstændig teori om kognition. Men skal det realiseres i sit mulige omfang, er der formodentlig ingen vej uden om at gøre brug af den fulde pluralitet af forhåndenværende metoder hos alle involverede discipliner: formelle og praktisk konstruerende som i kunstig intelligens, formelt rekonstruerende som i form 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 partikulære metoder med henblik på at tilføre constraints («adækvathedsbetingelser») til fælles modeller og teorier om kognitive funktioner og deres indbyrdes relationer. Modellerne og teorierne udtrykkes i kognitionsforskningens fælles sprog, d.v.s. i forskningsprogrammets og forskningsparadigmernes sprog. Nu kan man aldrig uden videre forvente, at forskningen faktisk følger den slags ideelle retningslinier, men indtil videre ser det ud til at være tilfældet i det omfang, eksistensen af to paradigmer gør realistisk (se nedenfor).

Man hører ofte den betænkelighed, at det teknologiske anvendelsesaspekt i kognitionsforskningen skal blive koblet fra, således at symbolingeniører og konnektionistiske ingeniører bygger de teknologiske systemer, der anvendes, medens resten af kognitionsforskningen fortsætter med teorien. Det er der ikke spor i vejen med, så længe teorisporet ikke er udsigtsløst, og så længe det ikke er udsigtsløst, har det også nye potentielle anvendelsesaspekter. For øvrigt kan det være svært at forestille sig en sådan frakobling med det første, hvor ingeniørerne bygger moduler med en eller anden intelligent funktion ud fra principper, såsom logikprogrammeringens, der efter stort set alles mening intet har at gøre med den måde, biologisk intelligente systemer opererer på. Men synspunktet findes. Jeg har også hørt dataloger sige, at kunstig intelligens og kognitionsforskning »er noget underligt noget«. Det samme sagde matematikerne for tredive år siden om datalogien. Men det siger de ikke mere. Og antallet af de, der i dag vil sige noget tilsvarende om synsforskningen, taleforskningen, robotikken, neurale netværksforskningen eller den anvendte logik, er svindende.

Mange har hævdet, at kognitionsforskningens program rummer forskellige former for splittelse eller inkonsekvens. Kognitionsforskningen vil forstå intelligens, og intelligens er forklaret ved henvisning til begreber som perception, tænkning og handling. Kognitionsforskningen vil derfor, kunne man sige, forstå aktører eller handlende væsener som helhed, hvad enten de er naturlige eller kunstige, som informations- eller databehandlingssystemer. Men aktører er ikke blot intelligente i intellektuel forstand, de repræsenterer den fulde udfoldelse af mental virksomhed. Ifølge en teori, som går tilbage til oplysningstiden, og som stadig synes dominerende, skønt den sjæl-

dent diskuteres, består menneskelig mental virksomhed af tre typer af funktioner: Kognitive, der har med erkendelse, tænkning og intellektualitet at gøre, konative, der har at gøre med stræben, interesse, formål, begær og vilje, og emotive eller affektive, der har med følelser og sindsstemninger at gøre. I kognitionsforskningens hidtidige praksis, sådan lyder indvendingen, har man forstået »intelligens« som kognition, og »kognition« som den ene af de tre delfunktioner indenfor den klassiske tredeling. Men sådan kan man ikke forstå aktører.

Svaret på indvendingen lyder, at den er mindre korrekt i dag end tidligere! Repræsentation af mål er standard indenfor kunstig intelligens og i simuleringen af kognitive modeller og teorier, selv om det stadig er et interessant spørgsmål, om vi vil tilskrive konativitet til et kunstigt intelligent system med målrepræsentationer til f.eks. planlægning, og, hvis ikke, hvorfor ikke. Og der findes gode argumenter for, at forståelsen af affektivitet er en betingelse for en mere fuldstændig forståelse 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 forståelsen af intelligens, og fra den rolle, baggrundssammenhænge spiller for handling og tænkning. Dette er næppe heller rigtigt i dag. Baggrundsproblemet, som disse fænomener udgør en del af, er blevet en central og vel anerkendt udfordring for kognitionsforskningen. Problemet har at gøre med en del af de ting, naturligt intelligente systemer er gode til, men som kunstigt intelligente systemer ikke er gode til i dag. Så udfordringen er anerkendt. Om og i givet fald hvordan, problemet kan løses, er et andet spørgsmål, men spørgsmålet er stillet. Ikke overraskende indgår henvisningen til dette problem i nogle af de gængse forsøg på a priori argumenter mod det klassiske paradigme (f.eks. Dreyfus, 1979).

En slags test på, hvorhen kognitionsforskningen bevæger sig anno 1988, kan man få ved at læse en serie på 35 artikler om forskningsproblemer indenfor kognitionsforskningen over de næste 5-10 år. Artiklerne er blevet til gennem et europæisk netværkssamarbejde på 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 følgende korte eksempler er klart idiosynkratiske, men tendenserne synes tydelige. Tendenserne er positive både set ud fra formålet at realisere en fælles metodologi i kognitionsforskningen og ud fra et teknologisk anvendelsesperspektiv. Siden tendenserne kan ses indenfor de fleste områder af kognitionsforskningen, synes de at udgøre et stabilt mønster, som bør støttes af en passende forskningspolitik.

(Nærværende betragtninger kan findes uddybet to steder: I Bernsens generelle introduktion til ovennævnte bind om Research Directions og i sammes rapport til FAST programmet: Cognitive Science: A European Perspective).

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

Integrationstemaet dækker følgende aspekter:

- Integration af forskellige kognitive funktioner;
- integration af kognitive sub-funktioner hos kognitive funktioner;
- integration af modeller til mere generelle modeller;
- 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 indebærer en tydelig tendens mod konstruktion og afprøvning af generelle teorier og mod øget interdisciplinaritet. Som nævnt er også 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 større skala, egnede til at tjene mere generelle formål, aktive indenfor en realistisk tidsramme og tættere på realistiske situationer. Det drejer sig om tale- og grammatiksystemer, systemer til behandling af naturligt sprog og kommunikation, synssystemer og perceptionssystemer generelt, systemer til bevægelse og handling, og systemer til problemløsning. Forskning i realistiske systemer står i kontrast til f.eks. kognitiv psykologisk forskning i abstrakte og økologisk meningsløse 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 medfører, at det skarpe, traditionelle skel på området mellem grundforskning og anvendt forskning forsvinder.

De to temaer, integration og gyldighed i realistiske situationer, er nært forbundne og bør ses i sammenhæng. I et stort antal tilfælde kræver forklaring og syntese af performans i komplekse, realistiske situationer en integration af forskellige kognitive funktioner og systemer og af forskellige tilgange. Temaerne er også nært knyttet til den teknologiske anvendelighed af modeller, systemer og teorier, fordi integration og realistisk gyldighed er, hvad der kræves både for at udvide et systems anvendelsesområde og for at tilpasse systemet til brugeren.

De to temaer kan kort illustreres med følgende. Synsforskningen er måske det ældste eksempel på disciplinintegration, hvor en lang række discipliner arbejder på at besvare den samme række af funktionelle og kausale spørgsmål under anvendelse af begge kognitionsforskningens paradigmer. Synssystemforskningen er selv en komponent i forskningen i integrerede systemer, der desuden inkluderer interdisciplinære emner som multisensorisk fusion, perception-motor koordination, rumlig repræsentation og planlægning. Et tredje eksempel er den igangværende integration af forskning i tale og naturligt sprog involverende lingvistik, logik og formel semantik, kunstig intelligens og efterhånden også under almen accept, kognitiv psykologi. Et vigtigt emne i forskningen i naturlige sprog i dag er studiet af sætningers 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 bestå i brugen af unifikation som grundoperation på komplekse fonologiske, leksikalske, syntaktiske og semantiske trækstrukturer. Forsøg på at integrere synsforskning og forskningen i naturlige sprog er ligeledes undervejs. Integrationsprocessen på sprogområdet er begyndt at udvise træk, som for få år siden var uhørte, og som går på tværs af det traditionelle skel mellem rationalisme og empirisme, der berørtes ovenfor. Lingvistik, formel semantik og kognitiv psykologi udvikler sammen teorier om diskurs. »Hårde« formelle grammatikere spørger efter psykologiske constraints på grammatiske teorier i konsekvens af proliferationen af mere eller mindre formelt ækvivalente teoretiske rammer indenfor syntaktisk teori. Lingvister begynder at udvikle konnektionistiske modeller. Semantikere spørger efter et kognitivt (procesuelt) grundlag for semantisk teori.

Et sidste eksempel kunne hentes fra udviklingen af medicinske ekspertsystemer. Når kun to medicinske ekspertsystemer i dag er i rutinemæssig brug i realistiske omgivelser, skyldes det langt fra kun problemer i forbindelse med vidensrepræsentation og inferens. Fremskridt på området kræver foruden fremskridt i generelle systemarkitekturer også fremskridt i videnstilgængelse hos systemet og i videnselicitation fra eksperter, i modelbaseret ræsonneren, i menneske-computer grænsefladen og i integrationen af systemerne i kliniske omgivelser. Selv når det drejer sig om systemarkitektur og modelbaseret ræsonneren, er det stadig et åbent spørgsmål, om disse ikke mest hensigtsmæssigt udvikles som emuleringer af menneskelig tænkning og dens organisation. Hvis det er rigtigt, kræver stort set alle nøgleproblemer i udviklingen af medicinske ekspertsystemer et bredt interdisciplinært samarbejde.

De omtalte tendenser grunder sig på produktiviteten, både 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 være nogen vej tilbage, hverken til fornyet disciplinær 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 spørgsmål, der i dag forbinder kognitionsforskningens discipliner, har solide europæiske rødder. Områdets generelle konceptuelle grundlag blev lagt fast af filosoffer som Hobbes, Descartes, Leibnitz og Hume. Forskningsprogrammet grundlagdes af europæiske forskere og ingeniører 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 fænomenologien og Gestaltpsykologien, og i mere individuelle tilgange som hos Craik, Bartlett, Duncker eller Piaget. Europæiske forskere som Broadbent var med til at grundlægge den kognitive psykologi i halvtredserne. Prolog udvikledes i Europa af Colmerauer og Kowalski. Alle kognitionsforskningens kernediscipliner har stærke europæiske rødder.

Institutionelt set er forskellen mellem Europa og USA betydelig. I Europa findes der i dag måske en håndfuld universitetsafdelinger, der kan karakteriseres som kognitionsforskningscentre, hvorimod der i USA findes op imod hundrede. Centre i konnektionisme er også først nu ved at opstå i Europa, med begyndelser i Bochum, Sterling og Zürich. Sådanne centre er naturligvis vigtige for at tilvejebringe kritisk masse i forskningen, men de er mindst lige så vigtige for træningen af nye forskere i interdisciplinært arbejde. Situationen er under forandring, men der er ingen grund til, at det ikke skulle gå stærkere. Der er brug for en national indsats i mange europæiske lande. Storbritanien står klart stærkest og er i færd med yderligere at øge støtten til kognitionsforskning med betydelig vægt på træning. Man har underskud på interdisciplinært kvalificeret arbejdskraft. Det er en slags gennembrud, at tre store forskningsråd (SERC, MRC og ESRC) er gået sammen om området. Målet er, som det hedder i den britiske arbejdsrapport, at »øge vor forståelse af de generelle informationsbehandlingsprincipper, der ligger under naturlige og kunstige former for intelligens, og af disse principers 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 stærkt på konnektionistisk forskning i de kommende år.

Tværnationalt har COST 13 aktionen støttet europæisk kunstig intelligens forskning, og kognitionsforskning er netop begyndt at få støtte fra EF's ESPRIT Basic Research Actions. Konnektionistisk forskning støttes nu både af EF's forskningsprogram ESPRIT, af ESPRIT Basic Research, og af BRAIN aktiviteten indenfor det brede grundforskningsprogram SCIENCE. En første kortlægning af kognitionsforskningen i Europa fandt sted i bogen: *Cognitive Science in Europe* (ed. Michel Imbert et al.), der også støttedes af EF's FAST enhed. Globalt set er japanernes »Human Frontier Science Programme« netop ved at komme i gang. Et første oplag om grants er netop sendt ud. Programmet inkluderer neurobiologisk forskning og forskning i neurale netværk foruden molekylærbiologisk forskning. Her vil

forskere fra EF-landene kunne deltage. I Skandinavien har Sverige netop fået sit første professorat i kognitionsforskning. Der finder 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 imøde-seer 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 så 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. No-gen dybere grund til netop denne inddeling vil man for øvrigt antagelig lede forgæves efter. Men for den forskning, der nu engang er rubriceret således, er kognitionsforskningen formentlig den videnskabeligt set solideste bro til teknologi, anvendelse og industri, der endnu er set.

REFERENCER

- BADDELEY, BERNSSEN, 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 Computers Can't Do*. New York: Harper & Row, 1972, (rev. ed. 1979).
- FODOR, J.A. og PYLYSHYN, Z.W.: »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. Oprindeligt som FAST-rapport, 1986.
- OATLEY, K.: »Cognitive Science and the Understanding of Emotions«, *Cognition and Emotion* 1, 1987, 209-16.
- PINKER, S. og PRINCE, A.: »On Language and Connectionism: Analysis of a Parallel Distributed Processing Model of Language Acquisition«, *Cognition* 28, 1988, 73-193.
- RUMELHART, D.E., McCLELLAND, J.L. and the PDP Research Group: *Parallel Distributed Processing Vols 1-2*, MIT Press, Cambridge MA, 1986.