

MENNESKE-MASKINE SAMSPILLET I INFORMATIONSSAMFUNDET¹

Jens Rasmussen, Forsøgsanlæg Risø

Udviklingen af fejltolerante systemer er påkrævet, idet menneskelige fejl ikke kan undgås. Sådanne systemer kan imidlertid kun konstrueres på baggrund af viden om hvorledes mennesker opfatter deres arbejdssituation og om hvilke informationer de benytter. En model af forskellige menneskelige funktionsniveauer og kognitive strategier fremlægges. Datamaskinestøtte må tage højde for sådanne niveauer og strategier. Til udviklingsarbejdet kræves samarbejde mellem ingeniørvidenskab og humanistisk forskning.

Indledning

Problemer i forbindelse med samspillet mellem mennesker og maskiner har givet anledning til debatter gennem hele industrialiseringens udvikling. I perioden op til 2. Verdenskrig har disse debatter hovedsagelig vedrørt problemer i forbindelse med maskinernes indpasning i samfundet og deres indflydelse på den enkeltes arbejdssituation i retning af arbejdsindhold og fysisk arbejdsmiljø. Denne indpasning har optaget sociologer og økonomer og – i de senere år – arbejdspsykologer. Selve den funktionelle udformning af maskinerne har været ingeniørers og teknikeres sag, og diskussionerne om deres indflydelse på individer og samfund har fulgt efter. Som følge heraf har der været meget lidt vekselvirkning mellem ingeniørvidenskaberne og humanistiske forskningsområder.

Flere forhold i den teknologiske udvikling efter 2. Verdenskrig har medført, at denne tilstand er uholdbar, ikke alene ud fra en samfunds- og arbejdsmiljømæssig synsvinkel, men også ud fra rent funktionelle og økonomiske betragtninger. Dette gør det måske nu mere realistisk at søge et samarbejde etableret mellem de humanistiske og teknologiske kulturer.

To forhold i den teknologiske udvikling vil blive diskuteret i det følgende. Det ene er udviklingen mod stadig mere centraliserede systemer. Denne centralisering vedrører ikke alene industrielle produktionsanlæg, men også varedistribution og administration, og kan betyde, at i sig selv naturlige og uskyldige menneskelige fejltagelser får drastiske konsekvenser.

Det andet forhold, der vil blive diskuteret, er den eksplosive udvikling af informationsteknologien, der medfører en drastisk ændring i menneskers kon-

takt med deres arbejdsindhold i en lang række arbejdssituationer. En konklusion på den efterfølgende diskussion vil være, at der nu er et alvorligt behov for, at forskere inden for en række traditionelle humanistiske forskningsområder også sætter sig ind i teknologien bag problemerne i menneske-maskine samspillet og aktivt bidrager til at skabe grundlag for en hensigtsmæssig udnyttelse af den nye teknologi.

Det er menneskeligt at fejle – trods centralisering

Der har i de senere år været en kraftig udvikling mod centraliseret stordrift. Industrielle produktionsanlæg som kraftværker og kemiske fabrikker samles i meget store produktionsenheder; distribution af varer sker gennem handelskæder, som forsyner en stor del af befolkningen; de oplysninger, der er nødvendige i administrative beslutninger, samles i altomfattende databaser; osv. Denne centralisering medfører, at fejltagelser, som begås af de enkelte mennesker, som arbejder i systemerne, kan få helt uacceptable konsekvenser. Samspillet mellem mennesker og sådanne centraliserede systemer – hvad enten der er tale om den overordnede kontrol med systemerne eller om arbejde på systemer i forbindelse med konstruktionsændringer eller vedligehold – får derfor stor indflydelse på sikkerheden mod ulykker og økonomiske tab. Dette har medført en stor interesse for at finde forholdsregler mod menneskelige fejl, især efter større uheld som på atomkraftværket på Tre-Mile-Øen i USA og Flixborough i England.

I mange år har man haft den indstilling, at bedre arbejdsforskrifter, motivation og træning var effektive midler, men man er efterhånden blevet klar over, at sammenhængen er mere kompliceret. Menneskers adfærd og arbejdsform varierer fra tid til anden – både bevidst og ubevidst – og sådanne variationer er nødvendige for at udvikle effektive manuelle færdigheder og arbejdsprocedurer baseret på erfaring og know-how. Variationer kan betragtes som eksperimenter i arbejdssituationen, lykkes de – dvs. opfattes de som en forbedring – optages de i arbejdsrutinen, i modsat fald fører de til uhensigtsmæssigt resultat – en ”fejl” – som dog i de fleste tilfælde rettes. Det er sådanne variationer i adfærd, som i sjældne tilfælde fører til ulykker, og som i en efterfølgende analyse identificeres som uacceptable ”menneskelige fejl”. I mange tilfælde viser det uhensigtsmæssige ved en ændret arbejdsgang sig først senere, i samspil med en teknisk fejl. Store ulykker er sjældent resultatet af ”grandiose” fejlslutninger, men af samspil af flere i og for sig trivielle menneskelige handlinger og tekniske fejl.

Dette betyder, at menneskelige fejl kun i begrænset omfang kan fjernes ved at tilpasse mennesker til maskiner ved træning og motivation. Ej heller kan de fjernes alene ved en hensigtsmæssig udformning af systemet. Når mennesker forsøger at optimere deres handlingsmønster, at rationalisere arbejdsprocedurer, er lejlighedsvis ”fejl” nødvendige for at indicere grænsen for acceptabel tilpasning. Trafikforskning har eksempler på, at forbedring i kritiske vejanlæg førte til øget hastighed og ændring i uheldstyper, men ikke i hyppighed. Indførelse af radar nedsatte ikke skibskollisioner i det ventede omfang, men øge-

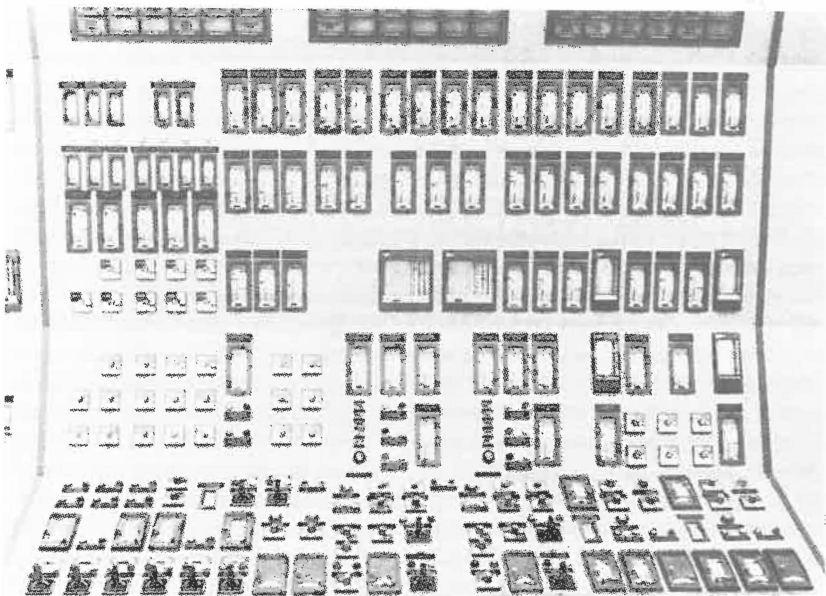
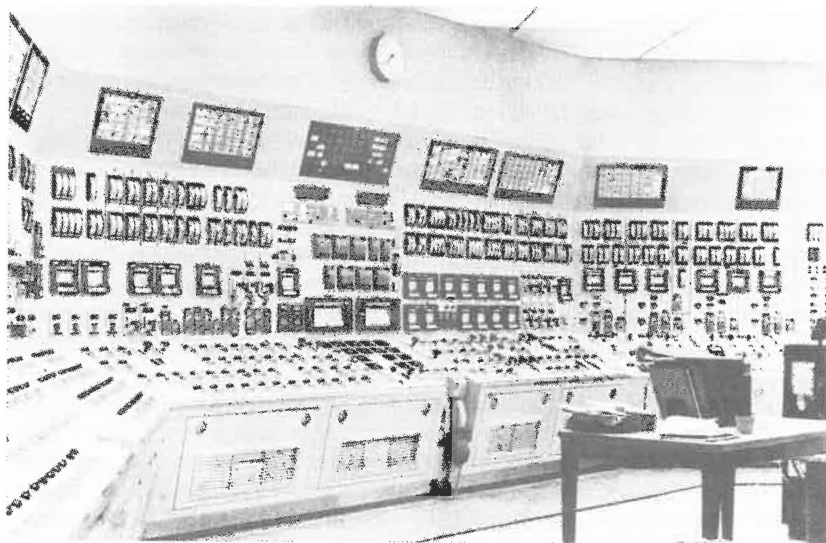
de hastigheden i tåget vejr. Løsningen ser ikke ud til at være at undgå menneskelige fejl, snarere at udforme betingelser for menneske-system samspillet, således at virkningen af fejl kan begrænses ved, at personen selv eller andre mennesker i systemet får lejlighed til at *observere og rette* fejllens virkning i tide. Udvikling af sådanne fejltolerante systemer kræver imidlertid viden om, hvordan mennesker opfatter deres arbejdssituation, og hvilken information de bruger til at planlægge deres handlinger og kontrollere deres virkning.

Denne viden er i dag meget mangelfuld, og der er behov for psykologisk grundforskning om disse forhold og deres afhængighed af arbejdssituationen – specielt når kontakten i stadigt stigende omfang bliver via EDB terminaler. Det er ikke samme information, man bruger til at koordinere sine handlinger og til at kontrollere deres virkning. En effektiv støtte af udførelsen af arbejdet giver derfor ikke nødvendigvis gode muligheder for at opdage fejltagelser.

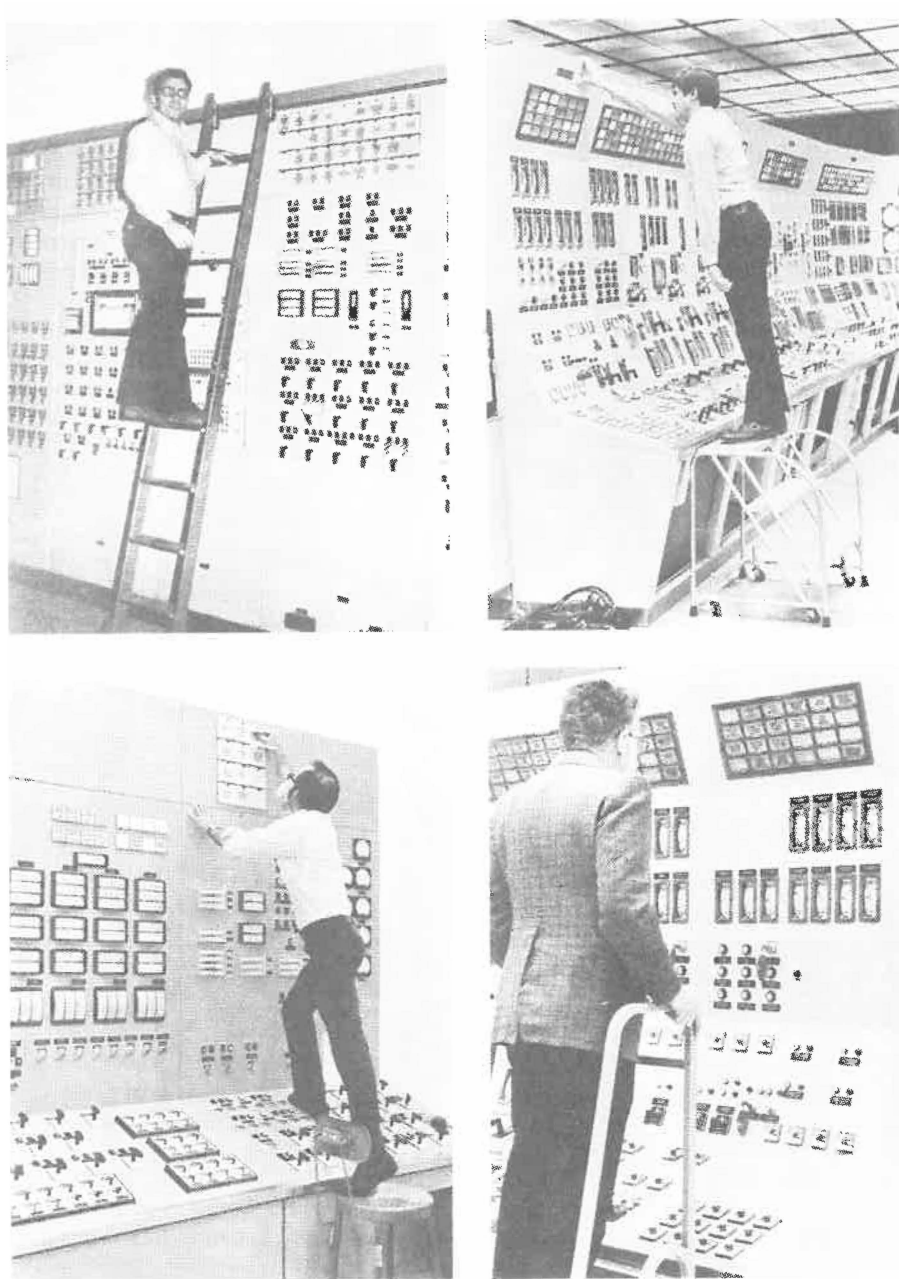
Informationsteknologi og systemdesign

Dette vedrører det andet forhold, der er hentydet til i titlen, nemlig den hastige udvikling i informationsteknologien, der medfører, at mennesker i stadig stigende udstrækning betjener maskiner eller udfører deres arbejde på grundlag af information præsenteret af en datamaskine. Hermed følger dels, at stadigt flere mennesker får en indirekte kontakt til deres arbejdssituation, dels at udformning af arbejdssituationer ved datamaskinen på grund af dennes fleksibilitet og de frihedsgrader, den giver systemkonstruktionen, kræver langt mere viden om menneskelige beslutningsstrategier og personers individuelle præferencer end tidligere. Systemkonstruktion kan således ikke længere ske isoleret med den forudsætning, at menneske-maskine tilpasning kan ske som en afsluttende fase inkluderende træning af brugerne.

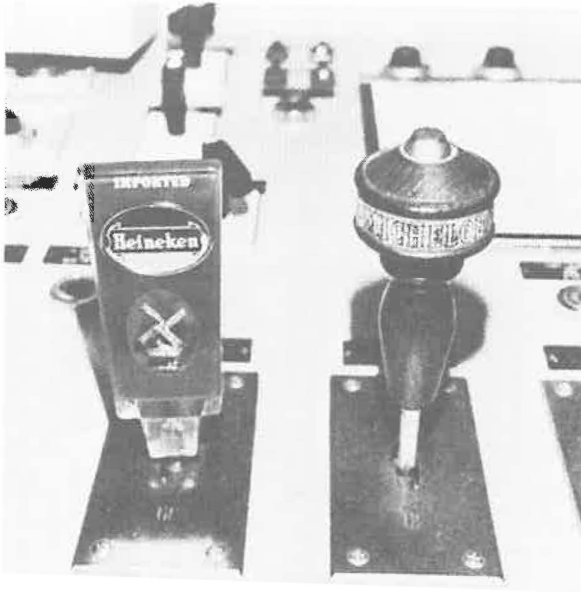
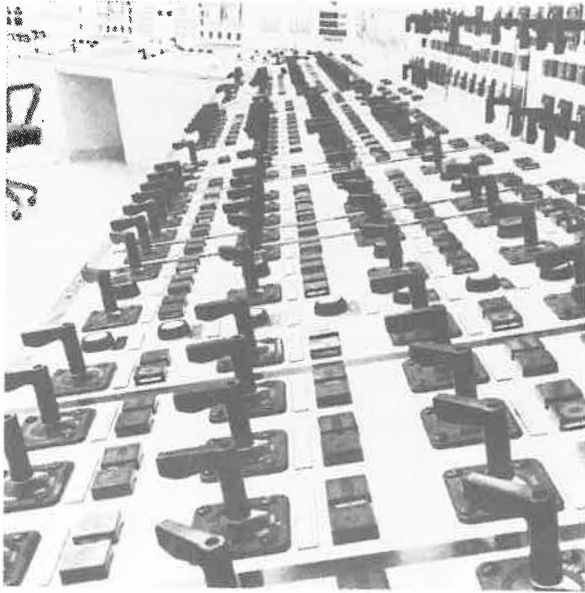
Som eksempel på denne side af udviklingen kan vi betragte den ændring, der for tiden er i gang i industrielle kontrolrum som følge af informationsteknologisk udvikling. Et eksempel på et traditionelt industrielt kontrolrum er vist på figur 1. Det er taget fra et atomkraftværk, men ligner i øvrigt kontrolrum fra andre store anlæg såsom kemiske fabrikker eller almindelige kraftværker. Disse anlæg er karakteristiske ved, at al information fra processen er til rådighed hele tiden, til hver enkelt målesonde svarer et viserinstrument. Information, nødvendig for alle mulige arbejdsopgaver, kan til hver tid findes ved at udvælge de pågældende instrumenter. Dette medfører, at operatørernes måde at udnytte informationen på ikke har nogen indflydelse på udformningen af instrumenterings- og kontrolsystemet, ud over selve instrumenternes fysiske udformning og indbyrdes placering. Anlæggenes konstruktion og driftpersonalets forhold, organisation og træning er derfor to adskilte problemområder, som tilpasses ved en passende udformning af en veldefineret skilleflade – ”mand-maskine interface”. Dennes udformning er ergonomernes problem, og de har traditionelt været mest optaget af, om man kan skelne mellem betjeningsgreb og tydeligt se instrumentvisninger (ofte kaldet ”knapp-skala ergonomi”).



Figur 1. I konventionelle industrielle kontrolrum er al information til rådighed hele tiden. Det fører til mange ret ensartede instrumenter.

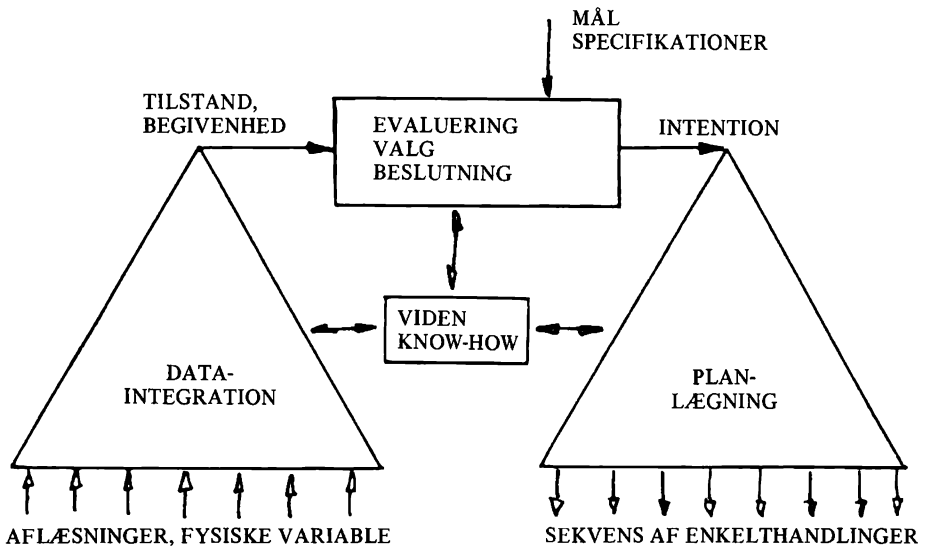


Figur 2. – Som det kan være svært at aflæse.



Figur 3. Og det fører til mange betjeningsgreb – som det kan være svært at skelne imellem.

Denne form for informationspræsentation giver operatørens beslutningsopgaver nogle karakteristiske og ofte komplicerede træk, se figur 4. Informationen præsenteres som en række visninger af enkelt-variable såsom tryk, temperatur, omløbshastighed, elektrisk spænding osv., hvorimod operatørens beslutninger vedrører et højere niveau, er i et andet sprog. Hans problemer er f.eks.: Er kedlen klar til start?; Er smøringen i pumpelejet i orden? osv. Inden han kan tage stilling til sine egentlige problemer, må han derfor sammenfatte og bearbejde information fra en række instrumenter og herfra slutte sig til tilstanden i anlægget. Næste fase i hans beslutningsproces vil være, at han vurderer anlæggets aktuelle tilstand – som kan skyldes en fejl i det tekniske udstyr – i forhold til krav og specifikationer for anlæggets drift og sikkerhed. Først da kan han beslutte sig til, hvilken tilstand anlægget skal bringes i, for eksempel ved start af reserveudstyr eller standsning af hensyn til reparation. For at udføre denne beslutning må en række enkelthandlinger vælges og koordineres i den sidste planlæggende fase.



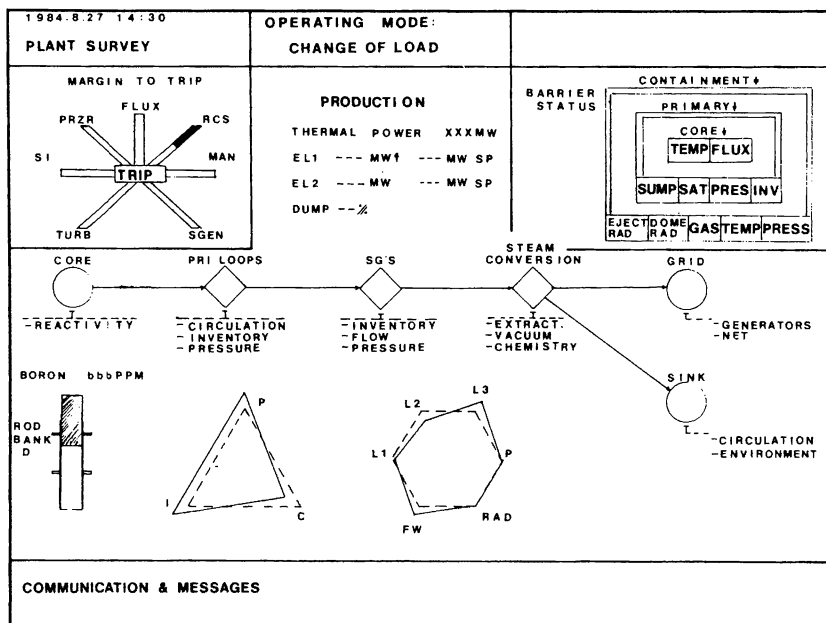
Figur 4. En operatørs beslutningsopgave i et konventionelt kontrolrum består af tre faser: Diagnose, evaluering og planlægning af handlinger.

I denne tredelte opgave er især den indledende diagnostiske fase og planlægningsfasen meget krævende, for så vidt angår den nødvendige mentale kapacitet. Der er mange data og funktionelle relationer at tage i betragtning i "hovedet". Opgaven er derfor kritisk i forbindelse med fejlramte anlæg, hvor operatørerne ydermere kan være under stærkt stress på grund af krav om hurtig beslutning og på grund af mulig risiko ved en fejlagtig beslutning. Det kan i denne situation være vanskeligt at skelne mellem menneskelige "fejl" og helt

naturlige og nødvendige reaktioner. I forbindelse med diagnosen kan man have flere alternative hypoteser, som det vil være naturligt at prøve ved at manipulere med anlægget. Dette kan være risikabelt – er hypotesen fejlagtig, kan handlingen bringe anlægget i en ukontrollabel tilstand.

Et andet forhold leder hyppigt til uheldsmæssige operatorhandlinger, idet de så at sige fanges i fælder af følgende karakter: Det kan ikke forlanges, at operatører i alle hyppigt forekommende situationer gennemfører en krævende, rationel diagnose og planlægning. De vil naturligt udvikle effektiv know-how baseret på, at de genkender situationer ud fra et lille antal karakteristiske indikationer, som ikke behøver at være dem, konstruktøren har planlagt til formålet, men kan være af sekundær natur, såsom relæstøj, særligt karakteristiske følgevisninger osv. Sådant information vil da fungere som stereotype tegn og udløse velkendte rutiner – på samme måde som trafikfyr hos den rutinerede chauffør dirigerer hans kørsel uden omhyggelig vurdering af selve trafikken i krydset. Effektiviteten af denne mentale genvej i de normale situationer betales derfor ved risikoen for at løbe i en fælde, når tilstanden i anlægget ændrer sig på grund af fejl, uden at dette afspejler sig i de udvalgte "trafiktegn".

På denne baggrund er det naturligt, at der i de senere år har været en omfattende aktivitet for at udnytte moderne informationsteknologi til at hjælpe og aflaste operatørerne i komplekse tekniske anlæg. Denne støtte af operatørens beslutningsopgave med datamaskiner og moderne grafisk informations-



Figur 5. Et eksempel på datamaskine-genereret informationspræsentation. Måledata er udvalgt og forbehandlet for at svare til behov i en enkelt arbejdsituation.

præsentation ændrer mand-maskine samspillet på flere væsentlige punkter sammenlignet med de traditionelle kontrolrum. For det første betyder den fleksible datapræsentation, at alle data ikke vil være synlige hele tiden, men at data kan samles i sæt svarende til behovet i forskellige situationer og opgaver. For det andet vil datamaskiner kunne anvendes til at forbehandle og kombinere måledata til oplysninger på det niveau, beslutninger skal tages og planlægning udformes, således at operatøren aflastes for en række sekundære databehandlingsopgaver. For det tredje kan datamaskinen og operatøren samarbejde i selve beslutningsprocessen ved at udvikle programmer til visse af de velstrukturerede processer forbundet med diagnose, formulering og test af hypoteser osv.

Dette betyder, at konstruktion af tekniske anlæg og deres kontrolsystemer ikke kan ske isoleret fra analyse og driftpersonalets opgaver, med en tilpasning ved udformning af en "interface" i en sen fase af projektet. Hele udformningen af kontrolstrategier og af rollefordelingen mellem driftpersonale og automatik må ske meget tidligt i et projekt som en integreret analyse. Denne analyse stiller imidlertid krav om viden om menneskers beslutningstagen i en kompliceret arbejdsituation, som ikke er tilgængelig i dag – og som inviterer til et tættere samarbejde mellem systemdesignere og forskere inden for flere humanistiske discipliner. Vi vil vende tilbage til dette forhold senere.

I det følgende vil vi se på et par af de centrale problemer, man møder, når man søger at tilpasse datapræsentation i et industrielt kontrolrum til operatørernes opgaver.

Tilpasning til brugerens arbejdsform

For at kunne udvælge og forbehandle information og udforme skærbilleder, som i indhold og form svarer til en aktuel beslutningsopgave, må man vide, hvilken viden om et system, en bruger vil udnytte som grundlag for sine handlinger. Et særligt problem opstår, når man forsøger at tilpasse en fleksibel datapræsentation til en arbejdsopgave, idet den anvendte videnbaggrund ikke alene vil afhænge af opgavens karakter og indhold, men også af den pågældende persons subjektive opgaveformulering og fortrolighed med situationen, både i retning af almindelig træningstilstand og i retning af den hyppighed, situationen optræder i. Man må tage hensyn til både de meget rutineprægede daglige situationer, som skal kunne udføres uden al for megen omsvøb i form af terminalmanipulation, og til de sjældne kritiske situationer, som er helt unikke og kræver effektiv støtte i et kompliceret analysearbejde.

Når man søger viden om disse forhold hos den psykologiske forskning, opdager man hurtigt et væsentligt forskningsbehov. Dels er der tale om relationer mellem emner, der traditionelt dyrkes inden for forskellige grene og skoler, dels har det under den behaviouristiske forskningstradition ikke været god tone at diskutere de mentale processer bag den ydre adfærd. Inden for områder som "artificial intelligence" og "man-machine research" er der derfor udviklet en tradition for analyse af højtækningsprotokoller optaget med båndoptager med mennesker i forskellige arbejdsituationer, ligesom der har udvik-

let sig en interesse for analyse af ”fejl”-situationer for at identificere handlingsgrundlag. Denne forskning griber tilbage til den akademiske, psykologiske forskning i trediverne med f.eks. Selz, Duncker og Rubin. Det er karakteristisk, at også Selz var meget optaget af fejlsituationer for at identificere kognitive processer i forbindelse med problemløsning.

I vore analyser af båndoptagelser fra industrielle kontrolrum har vi fundet, at man må tage flere forskellige former for indre mental kontrol af adfærden i betragtning for at forstå menneskelig adfærd i samspil med maskiner, og i særdeleshed de menneskelige fejl som indtræder. Sådanne analyser identificerer nogle problemområder, der falder centralt i den humanistiske grundforskning. Et par eksempler kan illustrere dette.

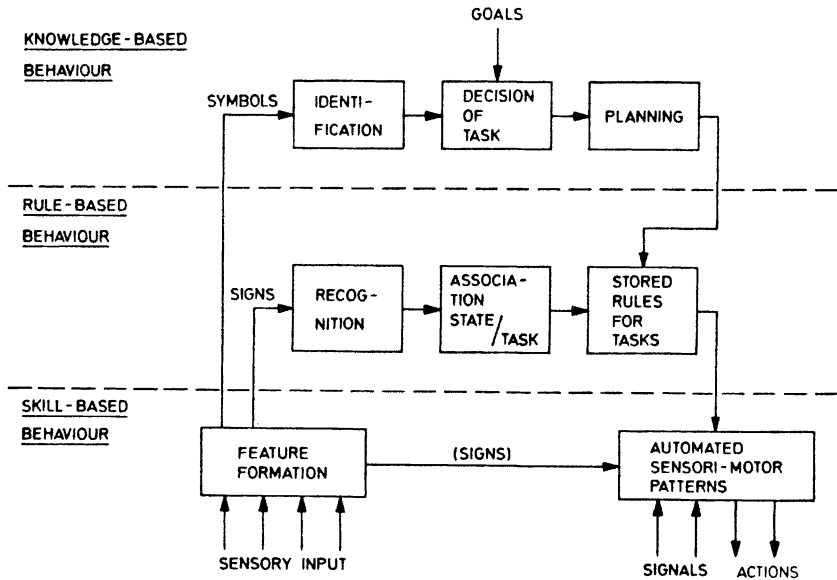
Mennesker er ikke altid rationelle

Ser vi på den informationsbehandling, der er nødvendig for en rationel beslutning ved kontrol af et teknisk anlæg, kan den opdeles i en række delopgaver i retning af dataindsamling, diagnose, prognose og evaluering af målsætning, planlægning og udførelse. Dette afspejler sig også i indholdet af megen undervisning i beslutningstagen, men man er i stigende grad opmærksom på, at det kun gælder for novicer og for personer i en uvant situation. Beslutningstagere i mere velkendte situationer har som tidligere nævnt genveje. De ved mere eller mindre intuitivt, hvad de skal gøre i en given situation – de har erfaring og know-how. En ekspert er netop karakteristisk ved et stort repertoire af ”tom-fingerregler”, der giver hurtige og effektive beslutninger inden for hans ekspertiseområde. Det er denne viden i form af eksperters know-how, snarere end den rationelle analyse, man i dag forsøger at identificere og automatisere i form af ”ekspert-systemer” baseret på ”kunstig intelligens” programmer. Her-til kommer selve udførelsen af den handling, som uden bevidst kontrol følger på en formuleret hensigt, og som i kompleksitet kan variere fra at ”dreje på en kontakt” til at ”køre hjem fra arbejde”.

Man kan altså identificere tre former for adfærd, som alene set ud fra en kontrolteoretisk synsvinkel er baseret på principielt forskellig repræsentation af viden om omverdenen, men kategorierne svarer ret nøje til forskellige faser i et indlæringsforløb, som de er identificeret inden for psykologien.

De tre domæner er antydnet på figur 6 og kan diskuteres i nøjere relation til figur 7.

Den adfærdsform, som er karakteristisk for de helt rutinemæssige arbejds-situationer, er vist nederst på figur 7 og kaldes i det følgende *færdighedsbaseret* adfærd. Denne form omfatter den adfærd eller det handlingsforløb, som udføres uden bevidst planlægning og kontrol. Den er karakteristisk ved en automatisk og meget sammenhængende koordinering af handlinger, som ikke meningsfuldt kan deles op i enkelthandlinger. I mange tilfælde kan en person



Figur 7. Skematisk fremstilling af tre typiske, menneskelige adfærdsformer, som kommer i anvendelse afhængigt af personens fortrolighed med situationen.

hyppigt fordi det først nås efter en lang kæde af handlinger og er forsinket i forhold til disse – f.eks. når man starter et anlæg eller bager en kage. Det væsentlige er her, at der eksisterer en typisk eller normal arbejdsgang, bestående af en række adskilte handlinger.

I ukendte situationer, når man ikke fra tidligere tilfælde kender en arbejdsgang, må man ty til improvisation baseret på den øverste adfærdsform i figur 7, *kundskabsbaseret* adfærd. Denne er baseret på kendskab til den fysiske funktion i anlægget og til de vedtagne mål og normer for anlæggets drift- og sikkerhedsforhold. På grundlag af en teknisk diagnose og en forudsigelse af de mulige konsekvenser af anlægstilstanden og eventuelle indgreb træffer man beslutning om den ønskede tilstand og planlægger sine handlinger. Denne kundskabsbaserede adfærdsform svarer til den rationelle analyse og planlægning i grundsekvensen på figur 6. De andre adfærdsformer svarer til de genveje i arbejdsgangen, som udvikler sig i takt med træningen. Fremstillingen på figur 7 er forenklet og viser kun typiske genveje. Det væsentlige punkt er, at de beslutningsfunktioner, som en opgave kræver, løses med forskellige mentale funktioner i de forskellige adfærdsformer.

Dette har stor betydning for udformning af datapræsentationen, såvel hvad angår form som indhold. Optimerer man datapræsentationen for færdighedsbaseret adfærd, må man sigte på direkte manipulation som ved de meget dynamiske computerspil. For regelbaseret adfærd må man satse på, at systemets indre tilstand svarende til forskellige opgaver let kan identificeres, genkendes, og at de til de aktuelle tilstande knyttede regler og procedurer huskes. Endelig

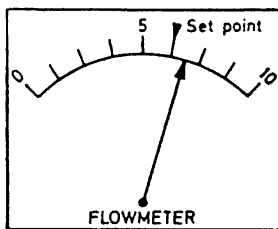
må præsentationen i de situationer, som kræver kundskabsbaseret adfærd støtte forståelsen af systemets indre funktionelle egenskaber. Dette er vel ikke det store problem, såfremt en opgave, der kræver stadig anvendelse af et enkelt handlingsdomæne, betragtes isoleret. Problemet kommer ved mand-maskine samspillet ved store tekniske anlæg, hvor netop krav om skift mellem færdighedsbaseret rutine og problemløsning i de sjældne situationer giver problemer. Problemet kendes fra den psykologiske forskning som "fiksering" og er relateret til de situationer, hvor de bekvemme "tegn", som man har valgt til at styre ens handlinger, ikke længere er pålidelige. Med mindre man kender de mekanismer, der fører til fiksering i et enkelt aktivitetsniveau, løber man den risiko, at jo mere man optimerer kommunikationsformen til en given opgave, des sværere bliver det for brugeren at skifte handlingsform, når betingelserne skifter.

Fortolkning af information afhænger af forventningen

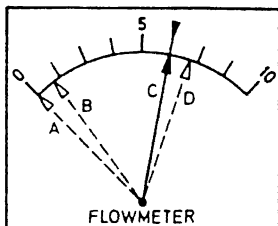
Vanskeligheden i at skifte bevidsthedsniveau i en aktivitet er forbundet med det forhold, at mennesker ikke passivt modtager information og handler derefter, men aktivt vælger og fortolker information ud fra deres aktuelle forventninger; stiller spørgsmål til omgivelserne. Ser man nøjere på den rolle, informationen spiller på de tre niveauer, vil man se, at den er fundamentalt forskellig. På laveste niveau er der tale om kvantitative *signaler*, der direkte koordinerer bevægelser. På det regelbaserede niveau er mønstre i informationen *tegn*, som af erfaring eller forskrift er forbundet med handlinger, og på det kundskabsbaserede opfattes de som *symboler* i relation til forståelsen af den indre funktion i det system, man analyserer.

Disse fortolkningsforskelle er ikke nogen ny opdagelse. At rutinemæssig opførsel – eller konditionerede reflekser – kan styres af tegn har været diskuteret meget af dyrepsykologer, og semiotikere og linguister har i mange år skelnet mellem preskriptiv, informativ og pragmatisk fortolkning af tegn og tekster. Men ejendommeligt nok har denne fortolkning ikke været studeret i forbindelse med mand-maskine samspil. For at forstå visse typer af menneskelige fejl og anvende moderne informationsteknologi hensigtsmæssigt er der imidlertid meget, der tyder på, at den semiotiske eller linguistiske forskning må tages med på råd, og menneske-maskine samspillet analyseres som reelle "sproghandlinger".

Det blev ovenfor nævnt, at den regelbaserede adfærd var karakteristisk for en ekspert inden for sit domæne, og at det er denne viden, man forsøger at bringe de for tiden meget omtalte "ekspert-systemer". Et af de væsentligste problemer i denne udvikling er netop, at sådanne ekspert-systemer mangler menneskers evne til at skifte til at handle på grundlag af en forståelse af problemet. En virkelig ekspert er en person, der kender grænsen for sin ekspertise og kan skifte til en mere fundamental analyse, når grænsen nås. Der er derfor inden for kunstig intelligensforskningen stor interesse for samspillet mellem regel- og kundskabsbaseret adfærd og for spørgsmålet om, hvornår en datamaskine kan siges at "forstå" den information, den modtager.

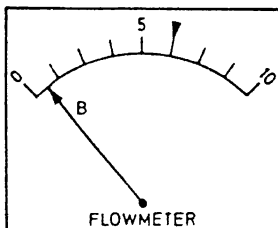
*SIGNAL*

- Keep at set point
- Use deviation as error signal
- Track continuously

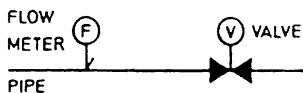
*SIGN*

Stereotype acts

If	Valve	Open	If C, ok
			If D, adjust flow
If	Valve	Closed	If A, ok
			If B, recalibrate meter

*SYMBOL*

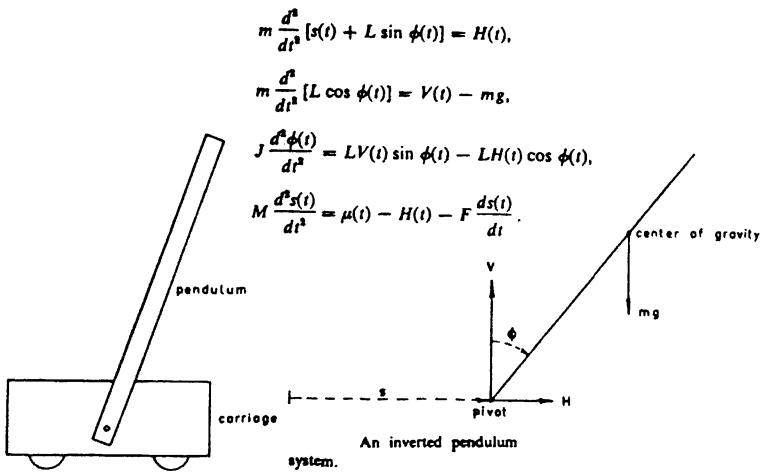
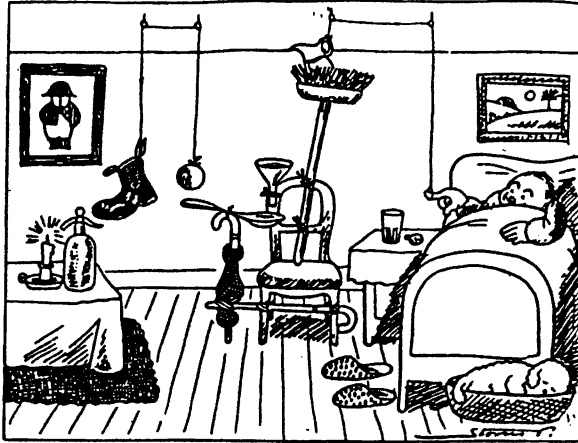
If, after calibration, is still B, begin to read meter and speculate functionally (could be a leak)



Figur 8. Illustrerer at visningen på det samme instrument kan fortolkes på tre forskellige måder, svarende til de tre adfærdsformer på figur 7. (Placeringen er omvendt, symboler svarer til kundskabsbaseret adfærd. I tilfælde af læk vil fortolkningen af visning B som behov for kalibrering være risikabel – og har i praksis ført til eksplosionsulykke i raffineri.

Hvilken viden er grundlag for beslutninger?

Et andet vigtigt problem i forbindelse med brug af informationsteknologi til støtte af menneskelig beslutningstagen er at identificere den viden, mennesker faktisk anvender som grundlag for det, vi i det foregående har kaldt kundskabsbaseret adfærd. Der er her to grundlæggende spørgsmål: Hvad er *indholdet* i de forestillinger, mennesker gør sig om de komplekse systemer, de kontrollerer? Og hvilken *form* har disse forestillinger? Disse spørgsmål er klart centrale for at afgøre, hvilket indhold og form, der skal sigtes mod ved tilrettelæggelse af menneske-maskine kommunikationen.



Figur 9. Illustrerer forskellen mellem baggrunden for "sund fornuft" og formel matematisk analyse. Man vil bemærke, at virkningen af en "fejl", f. eks. ændring af skeens længde i øverste figur, umiddelbart fattes. Derimod er en justering af modellen nederst, såfremt længden af pendulet ændres, en ret kompliceret sag.

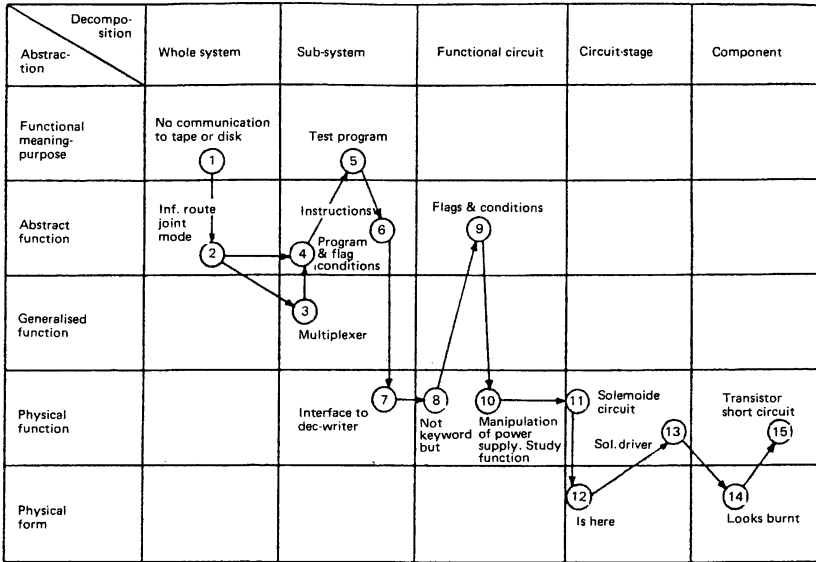
Formen af brugernes forestillinger om den maskine, de betjener – "deres mentale model" – afviger normalt meget fra maskinkonstruktørens. Ingeniører vil normalt ved deres formelle analyser af en maskines funktion anvende en matematisk beskrivelse, der udgør et netværk af relationer mellem fysiske variable – f.eks. som de, der vises i et traditionelt kontrolrum. En bruger vil derimod normalt anvende "sund fornuft" og tænke i form af objekter, fysiske komponenter, der virker på hinanden ved hændelser. Se figur 9. Denne form

er i og for sig meget effektiv, fordi den umiddelbart kan tage hensyn til fejl i systemet. Forskellen i brugerens og konstruktørens "mentale modeller" vil imidlertid let kunne give anledning til uhensigtsmæssig informationspræsentation.

Vor analyse af båndoptagelser af højt-tænkning ved arbejde på komplekse systemer viser at *indholdet* i de forestillinger om systemet, der er aktive, varierer meget i to forskellige retninger. Den ene vedrører, hvor stor en del af systemet der betragtes, og kan beskrives som en del-helhed relation. Kontrolle-rem man et kraftværk, kan opmærksomheden være rettet mod hele værkets produktion, mod turbinens drifttilstand eller mod smøresystemet for et pumpeleje. Dette er forholdsvis ligetil. Mere kompliceret er variationen i de funktionelle egenskaber ved systemet, opmærksomheden rettes imod. Synsvinklen på et system kan variere meget i retning af, hvor konkret eller abstrakt opfattelsen er. Man kan have opmærksomheden rettet mod meget fysiske, materielle sider såsom forskellige objekters og komponenters størrelse, form og placering, eller man kan beskæftige sig med den fysiske funktion udtrykt ved de mekaniske, elektriske eller kemiske egenskaber. På højere abstraktionsniveau kan man formulere funktioner, uafhængigt af deres fysiske realisering, og endelig kan man tale om systemernes formål, deres funktion i relation til omverdenen uden hensyn til deres indre struktur. Et par eksempler på forskellige systemer er vist på figur 10. Det viser sig ved analyse af arbejde på komplekse systemer, at forestillingen om systemet varierer meget, f.eks. når man skal finde fejl i et datamaskinesystem, se figur 11, der viser en ingeniørs spor i det landskab, der udspændes af "helhed-del" og "abstrakt-konkret" dimensionerne. Det siger sig selv, at et effektivt menneske-maskine samspil fordrer, at kommunikationsformen kan følge sådanne skift i opmærksomhed.

<i>DATAMASKINE</i>	<i>KRAFTVÆRK</i>
Opgave-flowdiagrammer i omverdenstermer.	Kraftforsyning til industri og belysning. Foreningsforhold.
Logiske funktioner, sandhedstabeller, systemprogrammer.	Energiflow fra brændsel til elektrisk net og fjernvarmesystem.
Funktion af hukommelser, registre, printere, feedback sløjfer osv.	Varmetransmissionsforhold, dampproduktion, regulering, feedback energikonvertering.
Elektriske og mekaniske funktion af transistor kredsløb, disk drives osv.	Elektriske, kemiske og mekaniske funktion af pumper, turbiner, kedler osv.
Placering, størrelse, form og farve af udstyr og komponenter.	Bygningsarkitektur, placering, form og størrelse af maskiner og komponenter.

Figur 10. Overfor et teknisk anlæg kan der anlægges mange forskellige synsvinkler på dets funktionelle egenskaber. Disse kan ordnes som en række abstraktionsniveauer imellem den rene fysiske fremtræden og det overordnede formål.



Figur 11. Illustrerer hvordan en teknikers synsvinkel på et datamaskinesystem ændrer sig i løbet af en reparationsopgave.

Sporenes retning i dette landskab afhænger meget af den opgave, man har sat sig. Ved konstruktion af et nyt anlæg til et givet formål vil hovedretningen være fra oven, fra formålet, nedad mod den fysiske udformning. Vil man forklare eller forudsige virkningen af en fejl i en fysisk komponent på funktionen og formålet, vil retningen være nede fra og op mod formålet. De traditionelle ingeniørvidenskaber beskæftiger sig mest med værktøjer til analyse af funktionen af givne fysiske systemer og bevæger sig derfor fra nedden opad mod forskellige funktionelle beskrivelser. Selve designforløbet, fra oven ned fra et formål, har stort set været betraget som *ingeniørkunst*, og først de senere års interesse for brug af datamaskiner i designopgaver (CAD, CAM) har givet større aktivitet for at formalisere beskrivelser i form af forskellige abstraktionsniveauer og deres indbyrdes relation.

I vore analyser har vi fundet mest støtte i de diskussioner om forholdet mellem form og funktion, der i mange år har løbet inden for den biologiske forskning og videnskabsteorien.

Skift imellem forskellige abstraktionsniveauer er i almindelighed meget effektive for ræsonnementer i forbindelse med problemløsning, et forhold der har optaget filosoffer og logikere i mange år i forsøg på at formalisere forskellen mellem formelle logiske argumenter, der i vores landskab nærmest følger den vandrette dimension, og praktiske ræsonnementer, der følger den lodrette. Der er for mig ingen tvivl om, at den formaliserede beskrivelse af menneskers opfattelse af komplicerede tekniske anlæg, som må ske for at få en acceptabel udnyttelse af informationsteknologien, kræver aktiv medvirken af

forskningen inden for disse humanistiske områder. Det vil forudsætte, at analyse af menneskers opfattelse af komplicerede systemer dyrkes lige så seriøst som videnskabsteori, selv om den ikke, som videnskabsteorien, kan baseres på velformulerede, skriftlige vidnesbyrd.

Et andet forhold, som må forventes at få betydning i mand-maskine samspillet i forbindelse med de kommende avancerede systemer, kan illustreres med abstraktionsniveauerne i figur 10.

Det er en almindelig ingeniørmæssig antagelse, at mennesker, der overvåger tekniske anlæg som f.eks. kraftværker, baserer deres afgørelser på kausale betragtninger i relation til de fysiske komponenters funktion, altså som nævnt nedefra-op i beskrivelsesniveauerne i figur 10. Dette er ikke altid muligt eller hensigtsmæssigt. Som klart eksempel kan vi tage en tilsvarende beskrivelse af et menneske som vist på figur 12. Det er umiddelbart klart, at man ikke vil prøve at forstå eller forudsige et menneskes reaktion i en situation ud fra kendskab til vedkommendes fysiologiske tilstand. Man vil i stedet gøre sig forestillinger om, hvilke motiver eller formål personen har; altså argumenter nedad i abstraktionsniveauerne. Det samme gør sig gældende over for komplicerede tekniske anlæg, f.eks. datamaskiner. Stillet over for en datamaskine vil man kun undtagelsesvis benytte viden om den elektroniske funktion til at forudsige eller forstå dens reaktion på de ordrer, man giver den. Hvis ikke man er fortrolig med systemet, vil man snarere slutte ud fra programmets formål ved at prøve at sætte sig i programmørens sted og forestille sig hans hensigter og programmeringsstil. Dette vil reelt sige, at situationen ikke får karakter af mand-maskine samspil, men snarere af et samspil mellem bruger og konstruktor/programmør med maskinen som mellemlid og kommunikationsmiddel.

MENNESKE

Værdinormer.

Motiver.

Målsætninger.

Informations-

behandling.

Beslutningsstrategier.

Psykologi.

Fysiologi.

Anatomi.

Figur 12. Også et menneske og dets funktion kan betragtes fra en række synsvinkler.

Dette forhold ser ud til at spille en stor rolle i forbindelse med brugeres accept af datamaskiner som partnere i komplicerede beslutningssituationer. Medmindre systemet er gennemskueligt, således at brugeren kan se og forstå konstruktørens/maskinens beslutningsstil og hensigter og accepterer dem i den foreliggende opgave, kan samspillet få karakter af aggressiv konkurrence snarere end det tiltænkte samarbejde. Menneske-maskine samspillet udvikler sig til en "social" situation, med alle dennes emotionelle overtoner.

Konklusion – humanistens rolle

Konklusionen på denne diskussion bliver, at den teknologiske udvikling kræver, at systemdesign og tilrettelægning af den menneskelige arbejdssituation ikke længere kan ske som to uafhængige aktiviteter på hver sin side af en "mand-maskine interface". Systemudformningen må ske ved en integreret betragtning af den menneskelige og den maskinelle rolle i den beslutnings- og kontrolopgave, der vil være central i de fleste arbejdssituationer. Dette kræver et tæt samarbejde mellem ingeniørvidenskab og humanistisk forskning. Et samarbejde, der vel at mærke ikke kan baseres på de traditionelle forskningsparadigmer. Det vil være afgørende, at linguister, psykologer og sociologer er fortrolige med de tekniske systemers funktion og studerer menneskers omgang med sådanne komplekse systemer. En sociolog (Winch) har sagt, at religions-sociologer ikke kan studere deres emne uden at være fortrolig med de religiøse dogmer. På samme måde kan man ikke studere menneskers reaktioner over for et teknisk anlæg uden at forstå teknologien. Det er derfor et meget positivt træk, at der ved vore universiteter er initiativer til at få oprettet nye humanistisk-teknologiske uddannelsesretninger, der kan give humanister baggrund for gå aktivt ind i systemudformningen.

NOTER

1. Manus til foredrag i Videnskabernes Selskab 12. marts 1984.

REFERENCER

Mere detaljeret diskussion findes i nedenstående publikationer, der også har referencer til kilder inden for humanistisk forskning. Materialet kan fås gennem Risø bibliotek.

- RASMUSSEN, J. and LIND, M. (1981): "Coping with Complexity". European Annual Conference on Human Decision Making and Manual Control, Delft. (Also in: Roskilde, Denmark: *Risø National Laboratory*, Report No. M-2293).
- RASMUSSEN, J. (1983): "Skills, Rules, Knowledge, Signals, Signs, and Symbols; and Other Distinctions in Human Performance Models". *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-13, No. 3.
- RASMUSSEN, J. (1984): "The Role of Hierarchical Knowledge Representation in Decision Making and System Management". To be published.