

VIDEN OG KOMPETENCE I AKADEMISK ARBEJDE: En undersøgelse af ingeniørers brug af faglig basal viden ved løsning af industrielle problemer¹

Torkil Clemmensen

I artiklen diskuteres mulighederne for kognitionspsykologiske undersøgelser af akademisk kompetence og brugen af faglig basal viden i praktisk problemløsning. Der drages en analogi mellem medicinsk og ingeniørmæssig problemløsning. Et case-gengivelses paradigme udviklet i studier af medicinsk ekspertise (Patel og Groen, 1986; Boshuizen og Schmidt, 1992) præsenteres som en metode til at studere fem ingeniørers første bestemmelse af problemer i et industrielt anlæg. Udsagnsanalyse viser ekspertise-effekter ved genkaldelse af case-materialet og ved brug af basal reguleringsteoretisk og –teknisk viden. Disse resultater peger på, at den anvendte metode er robust og giver resultater, der er sammenlignelige med undersøgelser af medicinsk problemløsning.

Indledning

Når en læge i almindelig praksis med baggrund i samtale og diverse prøver beslutter hvad der skal stå på recepten, når en psykolog skriver en vurdering til arbejdsgiveren på baggrund af testdata og samtale med deltagerne i et træningsforløb, når en ingeniør efter at have hørt operatørers synspunkter og set konstruktionstegninger og produktionsudskrifter foreslår metoder til optimering af produktionen, så løser de *praktiske* problemer. Praktiske problemer kan karakteriseres som åbne problemer eller som problemer uden en klar struktur (Simon, 1973). En almindelig antagelse er at sådanne problemer løses som *tekniske* problemer, dvs. involverer formålsrettede, standardiserede handlemåder der tjener til opnåelsen af et bestemt resultat. I denne artikel diskuterer jeg teknisk problemløsning på et bestemt felt – ingeniørarbejde ved industriel produktion – og forsøger at skelne de forskellige former for viden der indgår i problemløsningen.

Torkil Clemmensen er psykolog ved Familie- og Arbejdsmarkedsforvaltningen, 8. Kontor, Københavns Kommune. Tidligere ansat som forskningsadjunkt ved Enheden for didaktik og uddannelsesforskning, Institut for Teknologi og Samfund, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby.

Af særlig interesse er hvorfra inspiration til sådanne undersøgelser kan hentes. Formentlig er kompetence i praktisk problemløsning baseret på omfattende viden og specialiserede strategier uanset hvilket arbejdsområde der er tale om, men det er muligt at nogle former for kompetence intet har at gøre med akademisk kompetence og endda kan hæmme denne (Ceci og Liker, 1986). Ved ingeniørarbejde i forbindelse med industriel produktion er det derfor væsentlig at overveje om ingeniørers kompetence bedst forstås som en avanceret udgave af operatørernes eller om det måske er mere relevant at tage udgangspunkt i at ingeniører må udvise fællestræk med andre universitetsuddannede i deres arbejde. Dette udgangspunkt kan for eksempel tages ved at drage en analogi fra lægers problemløsning i deres kliniske praksis til ingeniørers løsning af industrielle problemer.

Problemløsning i proces kontrol

Individuel problemløsning i forbindelse med industrielle reguleringsproblemer været et emne for kognitionspsykologiske studier siden 1960'erne (Edwards og Lees, 1974). Området er stadig et aktiv forskningsfelt (Norros, 1995). Ofte har fokus i disse studier været på hvordan operatører af et industrielt anlæg styrer en fremstillingsproces. Det billede af problemløsning der fremkommer af denne tradition er ekspert-operatøren der diagnosticerer og løser problemer i styringen af anlægget på basis af deklarativ viden om systemet og dets komponenter koblet med effektive problemløsningsstrategier (Schafstaa, 1990). Viden og kompetence anses som noget operatøren overvejende udvikler på arbejdspladsen i fællesskab med kollegaer (Bærentsen og Larsen, 1990), f.eks. som kendskab til et bestemt anlæg kombineret med tommelfingerregler til brug i specifikke situationer.

Imidlertid er det indenfor ingeniørfaget – i modsætning til i andre akademiske fag i Danmark – almindeligt at også ph.d. uddannede kommer i en situation hvor de skal løse industrielle problemer. Omkring 50% af alle nyuddannede teknisk videnskabelige ph.d.ere bliver ansat i industrien, og i takt med udviklingen af såkaldte videnbaserede virksomheder vil denne andel formentlig ikke formindskes fremover (Forskerakademiet, 1997). Betydningen af viden, af videnshåndtering og videnskabelse, øges og derfor spiller faglig viden en stigende rolle i erhvervskompetence (ATV, 1998).

Derfor vil et perspektiv på akademisk kompetence i praktisk problemløsning baseret på viden om operatørers arbejde formentlig føre til et forkert billede af ingeniørers kompetence og akademisk kompetence i det hele taget. Hvis vi vil studere ingeniørmæssig problemløsning må vi altså tage udgangspunkt i, at ingeniører har en langvarig universitetsuddannelse med sig. Et sådant udgangspunkt kan måske tages ved at anvende

metoder som er brugt ved undersøgelse af andre former for akademisk problemløsning og her er medicinsk problemløsning et vel undersøgt område.

Analogien til medicinsk problemløsning

Analogien til lægers arbejde er nærliggende for studier af ingeniørarbejde fordi begge er professioner på et naturvidenskabeligt grundlag. Dog er det ikke på forhånd indlysende om og i givet fald hvordan et bestemt videnskabeligt grundlag slår igennem ved praktisk problemløsning; derfor er det relevant kort at præsentere hvad vi ved fra undersøgelser af medicinsk problemløsning som en baggrund for forståelsen af ingeniørers problemløsning.

Der er modstridende teorier om hvilken rolle forskellige former for viden spiller i medicinsk diagnose. En position er at en klinikers diagnose udspringer af basal biomedicinsk viden. Feltoich og Barrows (1984) argumenterede for at klinikere repræsenterer problemer som sygdoms-scripts, dvs. begrebskomplekser der inkluderer de væsentlige komponenter i sygdommen og forbindelser mellem disse. De foreslog at en kliniker forsøger at forstå patientens problem ved at konstruere en opfattelse af hvordan patientens tilstand opstod, de væsentlige fejl-funktioner og de dermed følgende konsekvenser. Endvidere foreslog de at basalvidenskabelig viden (anatomi, fysiologi, etc.) begrænser og styrer struktureringen af sådanne sygdoms-scripts. Derfor er basalviden som lært på universitetet essentiel i klinikerens forståelse af og løsningsforslag til en patients problem.

Dette perspektiv på klinikerens diagnostiske ræsonnering imødegås af forslag om at medicinske eksperter overvejende anvender klinisk viden. Patel, Groen og Scott (1988) sammenlignede forklaringer på kliniske problemer givet af studenter med og uden klinisk erfaring. Studenterne blev introduceret til basalvidenskabelige tekster og derefter bedt om at diagnosticere på grundlag af en klinisk case præsenteret i tekstform. Det mest slående resultat var at basalvidenskabelig viden åbenlyst ikke var anvendeligt i klinisk ræsonnering: når den blev brugt ledte den til ufuldstændige eller ukorrekte diagnoser. På basis af deres resultater foreslog Patel, Groen og Scott at der ikke er nogen naturlig måde hvorpå basalvidenskabelig viden indkorporeres i klinisk viden.

Den metode som anvendtes i disse studier – og flere følgende (se f.eks. Boshuizen og Schmidt (1992) – var en post hoc analyse. Deltagerne blev præsenteret for en case, bedt om at genkalde sig casen, og så forklare tegn og symptomer ud fra de underliggende patofysiologiske processer. Antagelserne bag metoden var at deltagerne først dannede en repræsentation af den foreliggende case og så anvendte repræsentationen som et middel til at inddrage relevant basalvidenskabelig kausal viden. Den

første repræsentation af casen kunne der så spørges til ved at bede deltagerne om frit at genkalde sig casen, og den underliggende basale viden kunne belyses ved at bede deltagerne forklare den underliggende patofysiologi.

Vi tog som udgangspunkt at anvendelsen af denne tilgang på ingeniørområdet kunne hjælpe til med at belyse en mulig rolle for basal reguleringsteoretisk viden i ingeniørers industrielle problemløsning. Fra studierne af medicinsk diagnose forventede vi per analogi at (a) eksperter anvender mindre basalvidenskabelig viden i deres første repræsentation af problemet end ikke-eksperter gør, men hvis (b) de bliver bedt om løsningsforslag er eksperterne i stand til at udvide og uddybe de udsagn som de har fremsat i deres første repræsentation, mens ikke-eksperter ikke er i stand til dette.

En kognitionspsykologisk tilgang til undersøgelse af ingeniørers brug af basal viden

Kognitionspsykologiske undersøgelser af problemløsning har – formentlig bl.a. inspireret af Duncker (1945 (1935)) – historisk set ofte været kendetegnet af en opfattelse af problemløsning som den enkeltes fordyben sig i det foreliggende materiale uden at spørge andre til råds eller bruge yderligere hjælpemidler. Ved ingeniørarbejde, hvor arbejdet har karakter af specialistarbejde, kommer ingeniøren i sådanne klassiske problemløsnings-situationer; f.eks. efter at en opgave er blevet overdraget til ingeniøren, og han eller hun sidder på kontoret og forsøger at sætte sig ind i det foreliggende materiale for at få en ide til en første fremgangsmåde.

Vi valgte at undersøge ingeniørers specialistarbejde ved regulering af industrielle procesanlæg. Indenfor dette område er der siden 2. Verdenskrig sket en omfattende teoretisering af faget, bl.a. som en følge af introduktionen af computere til beregningsopgaver og visualisering (Jakobsen og Jespersen, 1985). Det burde derfor kunne forventes at ingeniører som arbejder på området i væsentlig grad anvender faglig basal viden som lært på universitet ved løsning af industrielle problemer; imidlertid har interview undersøgelser omfattende samtlige teknisk videnskabelige ph.d.-uddannede i Danmark over en vis årrække indenfor reguleringsområdet vist at de ikke i nævneværdig omfang anvender teori og metoder som lært på universitet i det arbejde som de udfører efter endt ph.d. De interviewede ph.d.ere pegede endda på at der er væsentlige områder såsom måleteknik, hvor de ikke havde lært nok teori og metode på universitetet i forhold hvor stor en del af det daglige arbejde som bestod i at finde løsninger på sådanne problemer (Jakobsen og Jespersen, 1985).

Typer af viden på reguleringsområdet. Relevant faglig viden ved ingeniørers arbejde i forbindelse med procesanlæg kan være meget for-

skelligt. Når det drejer sig om reguleringsproblemer vil ingeniøren ofte skulle forholde sig til problemet i sin helhed og trække på viden både om industriel produktion (f.x. kriterier for produktkvaliteter), tegn og symptomer på en ikke-optimal produktion (f.x. spild af råmateriale, uregelmæssigheder i udskæringen m.m.) og viden om principperne i reguleringen (f.x. hvordan reguleringssystemet er konstrueret og hvordan procesforløbet måles).

En rimelig psykologisk antagelse er at ved gentagne møder med sådanne industrielle reguleringsproblemer får komplekset af forskellige typer af viden karakter af skemata eller scripts, hvori viden om problemet, inklusiv problemløserens aktuelle mål, er organiseret – omtrent som den medicinske klinikers »sygdoms-scripts«. Sådanne industrielle reguleringsproblem-skemata vil problemløseren formentligt umiddelbart anvende til repræsentation af et nyt problem af denne type.

Basal reguleringsviden. En del af den viden der er relevant i en situation som den ovenfor beskrevne vil være lært under uddannelsen til ingeniør, dvs. kunne falde ind under det som der undervises i på en forskningsbaseret uddannelsesinstitution. En måde at beskrive en sådan viden på er at sige at det er et fags centrale principper, metoder og modeller. Anvendelsen af disse vil dermed være karakteristisk for akademisk kompetence på det givne område. Litteraturen om ekspertise antyder endda at det er et generelt fænomen at eksperter repræsenterer problemer indenfor deres eget område på basis af principper, mens mindre erfarne indenfor området er mere orienteret mod overfladiske træk (Chi, Glaser & Farr, 1988).

Aktuelt vil anvendelse af viden om reguleringsprincipper og målemetoder formentlig kunne betragtes som et karakteristisk træk ved ingeniørers arbejde i forbindelse med procesregulering. Denne tankegang peger på at den erfarne ingeniørs repræsentation af produktion og fremstillingsproces organiseres af viden om regulatorer, lineære systemer, grafiske analyse metoder, og måle metoder relateret til regulering.

Hvordan og i hvilket omfang industri ingeniører anvender en sådan basal reguleringsviden når de løser industrielle problemer er i fokus i det følgende.

Metode

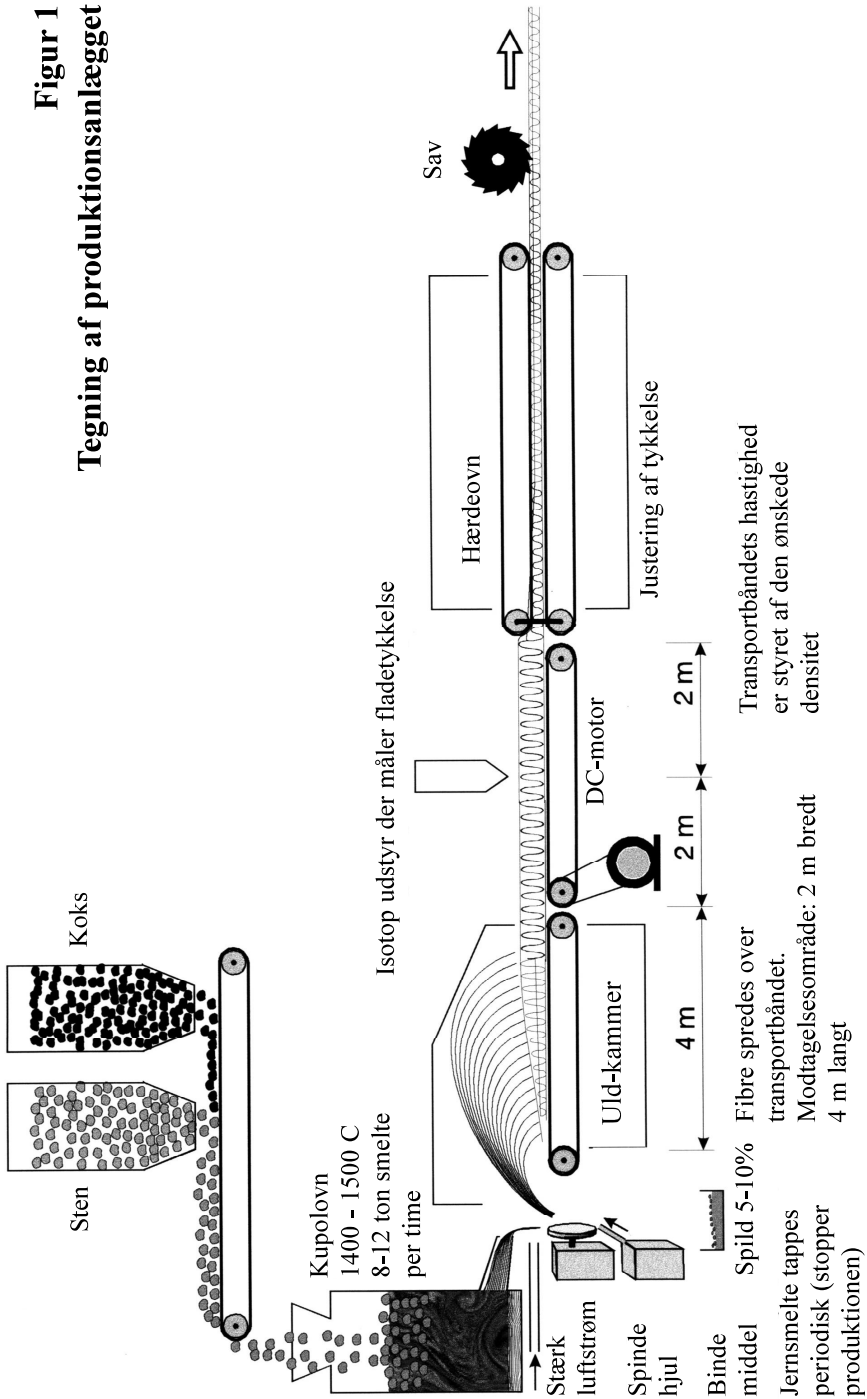
Vores hensigt var at tilpasse og tune undersøgelsesparadigmet fra medicinsk ræsonnering (the »Clinical Case Representation Paradigm«, Gilhooly et al., 1997) til studier af ingeniørmæssig problemløsning. I første omgang ville vi forsøge at etablere nogle rimelige kategorier til belysning af ingeniørmæssig ekspertise på det undersøgte område, samt forsøge at vurdere sværhedsgraden af den opgave som vi stillede vores deltagere overfor.

Deltagere. Fem ingeniører deltog i undersøgelsen. En teknisk videnskabelig ph.d. studerende med interesse i reguleringsproblemer deltog i undersøgelsen som »begynder«, fordi han kun havde ringe erfaring med industrielt ingeniørarbejde. En ingeniør fra et firma som udvikler og sælger reguleringsudstyr til industrielle produktionsanlæg fungerede som »eksperten« i undersøgelsen. Han havde 11 års erfaring fra både udviklings og salgssiden. Tre ingeniører med varierende erfaring i industrielt arbejde deltog som mellem-niveau eksperter; to af disse havde deres hovedekspertise i relaterede områder: en universitetsansat forsker i anvendt ingeniør design og en industri ansat ingeniør (leder af en afdeling hvor der udvikles høreapparater). Den tredje mellem-niveau deltager var en universitetsansat forsker med betydelig erfaring i reguleringsproblemer, men med begrænset erfaring fra industrien.

Casen. Deltagerne blev præsenteret for en sag som involverede problemer i en nyligt påbegyndt produktion af mineraluld² (se tegningen af anlægget i figur 1). Efter en måneds produktion klager operatørerne over vanskeligheder ved produktskift og vanskeligheder med at holde produktet indenfor specifikationerne. Modsat hvad der var forventet tog skift af produkter længere tid når skiftet var mellem lette produkter end når det var mellem tunge produkter. Endvidere var der perioder med forkert masefyldte i produktet: tunge produkter blev for lette og lette produkter for tunge. Problemerne blev formentlig forårsaget af mindst tre sub-optimale aspekter af produktionen: (a) input til reguleringsløjfen var baseret på en antagelse om en lineær sammenhæng mellem flowet af smeltet sten og effektforbruget på den motor som fordelte (sprøjtede) den flydende sten ud som fibre over transportbåndet – en korrelation som var forkert i de hyppige perioder hvor ovnen producerede meget smeltet sten (b) feedback i reguleringsløjfen var et hastighedsmål og ikke – som det burde være – et kvalitetsmål, samt (c) tilbagekoblingssignalet blev forstærket for tidligt i loop'et, dvs. før produkttypen blev valgt. Der var andre muligheder for at optimere konstruktion og drift af anlægget, således at problemet ikke kunne siges at have nogen enkel eller korrekt løsning. Sagen blev præsenteret for deltagerne på en 18 minutter lang cd-rom produktion, som var delt i ni tematiske forskellige sekvenser, og fremført af en professionelt speaket stemme støttet af videoklip, tegninger og udprint/rapporter fra produktionen. Hvert tema præsenterede en bestemt vinkel på produktionen: ovnen (hvor stenen blev smeltet), spinneren (hvor smelten blev spundet til fibre som blev fordelt ud over transportbåndet), målingen (af den producerede uld), etc.

Instruktion og opstilling. Deltagerne blev præsenteret for sagen som et åbent problem ved et industrielt produktionsanlæg. De blev instrueret i at se sig selv som specialister som var hyret til at give virksomheden et første indtryk af problemets karakter og mulige metoder til løsninger. Deltagerne kontrollerede selv præsentationen ved hjælp af navigationsknapper i cd-rom produktionen, således at de kunne se ethvert tema flere

Figur 1
Tegning af produktionsanlægget



gange, og de fik så lang tid til at udarbejde en beskrivelse af problemet og stille løsningsforslag som de selv syntes de behøvede, dog indenfor rimelige tidsgrænser. Som et fingerpeg på det ønskede niveau for detailbeskrivelse af problemet blev rapporter og udprints som var til rådighed under præsentationen fjernet når deltagerne efter præsentationen begyndte at arbejde med at beskrive problemet. Som en sidste del af forsøget – efter endt udarbejdelse af en beskrivelse – blev deltagerne interviewet om deres forståelse af problemet med det primære formål at sikre at vi forstod deltagerens beskrivelse. Hver session med en deltager varede ca. tre timer og blev optaget på video.

Analysen. Målet med at analysere deltagerens beskrivelser var at identificere hvad der blev sagt på basis af »reguleringsteknisk og -teoretisk« viden fra hvad der blev sagt på basis af »erfaringer fra industrien« eller anden viden.

Materialet bestod i deltagerens beskrivelser og teksten fra cd-rom præsentationen. Teknikken i analysen var at gengive teksterne som udsagn, hvor hvert udsagn bestod af to argumenter og en relation mellem argumenterne. Udsagnene blev for overskuelighedens skyld gengivet i semi-grafisk form, for eksempel som: »transportbåndets hastighed → (forårsager) variationer i produktets vægt«, hvor »transportbåndets hastighed« og »variationer i produktets vægt« begge er argumenter og relationen »forårsager« står i parentes og pilens retning angiver relationsretning.

Analysen foregik trinvis: først identificerede vi et begrænset antal argumenter ved at opdele teksten fra cd-rom præsentation i dele; ved at gå iterativt til værks kunne vi så gengive udsagnene i præsentationen. Argumenterne kunne identificeres ved gradvist at abstrahere de i præsentationen anvendte begreber under samtidig overvejelse af reguleringsområdet og den konkrete opgave som blev præsenteret. Relationerne mellem argumenter blev på tilsvarende vis konstrueret gradvist – her tog vi for sammenlignelighedens skyld udgangspunkt i et begrænset antal relationer som var blevet anvendt i det medicinske paradigme. Endelig klassificerede vi de fundne udsagn som enten basal reguleringstekniske eller – teoretiske hhv. industriorienterede udsagn.

Tilpasningen af relationer som var fundet anvendelige til analyse af medicinsk ræsonnering (Boshuizen & Schmidt,1992) til ingeniørernes beskrivelser resulterede i et sæt af relationer, hvoraf de to vigtigste var: Årsagsrelationer (f.eks. at båndhastigheden forårsager langsgående variationer i produktets vægt) og Indikationsrelationer (f.eks. at problemer i spinneprocessen indikerer at der er for meget jern i smelten). Andre relationer var konfliktrelationer (f.eks. at kravene til kvaliteten i produkterne konflikter med ønsket om at køre produktets vægt tæt på minimumskriteriet); abstraktionsrelationer (f.eks. at tachometersignalet er en konkret udgave af feedbacksignalet); lokaliseringsrelationer (f.eks. at printereren er placeret tæt ved måleudstyret); specificeringsrelationer (f.eks. at mas-

sive perler i ulden specificerer lav-kvalitetsprodukter) og som den sidste »andre relationer«, dvs. en restklasse som vi anvendte når ingen af de andre relationer syntes korrekte.

Alt i beskrivelserne kunne gengives som udsagn af relevans for undersøgelsen, på nær der hvor deltagerne levede sig for meget ind i rollen og for eksempel skrev »fax til ingeniørvirksomheden XX« eller underskrev deres beskrivelse.

Udsagn vedrørende kontrol med produktionslinien eller principper for måling af betydning for kontrollen blev klassificeret som basale reguleringstekniske/teoretiske. Disse udsagn blev udtrykt i begreber som acceleration, arbejde, omdrejninger, signal, vægt eller ved omtale af komponenter i reguleringen. Alle andre udsagn blev klassificeret som industriorienterede. De industriorienterede udsagn vedrørte økonomien i produktionen og produktionsprocessen, f.eks. at der var problemer med anlægget, med dele af anlægget eller usædvanlige forhold, at der var beklagelser fra operatørerne eller forhold vedrørende pris/kvalitetskriterier.

Under klassifikation af et udsagn blev teksten som helhed og anden relevant viden om produktionen overvejet. De ovenfor skitserede kriterier for klassifikation blev til via diskussioner med en ekspert i regulering, som ikke indgik i undersøgelsen; han var den universitetsforsker som udarbejdede sagen på baggrund af sine egne erfaringer fra den industrielle virksomhed hvorfra casen stammede. Klassifikationen blev yderligere støttet af at deltagerne spontant organiserede deres beskrivelser sådan at dele af dem klart vedrørte reguleringsteknik og andre dele klart vedrørte industri-specifikke problemer. Basalviden-udsagn blev talt og antallet delt med det totale antal udsagn for at få et sammenligneligt mål for anvendelsen af basalviden på tværs af deltagerne. Deltagernes løsningsforslag og forklaringer fra interviewene blev anvendt som støtte til analysen, men i øvrigt ikke analyseret i detaljer.

Resultater

De fem ingeniørers beskrivelse af problemerne i produktionen varierede noget i omfang og i struktur. En struktur som gik igen på tværs af deltagerne var opdeling af beskrivelsen i to: (a) en introduktion til anlægget og problemet og (b) en angivelse af mulige årsager til problemet.

Den korteste og mindst strukturerede beskrivelse gav universitetsforskeren med dyb viden om basale reguleringsprincipper. Hans beskrivelse bestod i fem større afsnit hvorfra 22 forskellige udsagn kunne gengives. Den mest strukturerede beskrivelse gav industriingeniøren med lang erfaring indenfor området; hans beskrivelse bestod i 10 mindre afsnit, hvorfra 38 forskellige udsagn kunne gengives. Næsten lige så mange udsagn kunne gengives fra beskrivelserne givet af den ph.d. studerende, forskeren uden dyb viden på området og den industri ansatte ingeniør

uden erfaring med regulerede anlæg af denne type; imidlertid var deres beskrivelser noget mindre strukturerede og bestod i 6-8 afsnit. Fordelingen af afsnit i beskrivelsen på hhv. introduktion til problemet og mulige årsager er vist i tabel 1. Tabellen illustrerer forskellen i fokus hos forsker og ph.d. studerende på den ene side og industriingeniøren på den anden side. Endvidere fungerer tabel 1 som en illustration af værdien af den anvendte udsagnsanalyse; fokus i beskrivelsen fremtræder forskelligt afhængigt af om der ses på struktureringen af teksten i afsnit eller om der ses på hvad tekstens udsagn drejer sig om; tydeligst ses dette ved at forskeren udenfor området synes at have delt sin opmærksomhed ligeligt mellem beskrivelse af problemet og mulige årsagsforklaringer hvis der ses på afsnitsstrukturen, mens hvis der ses på udsagnene i hans beskrivelse fremgår det at fokus er på forskellige årsagsforklaringer.

Tabel 1. Ingeniørernes strukturering af deres beskrivelser i afsnit, samt fordelingen af de udsagn som kunne gengives fra deres beskrivelser.

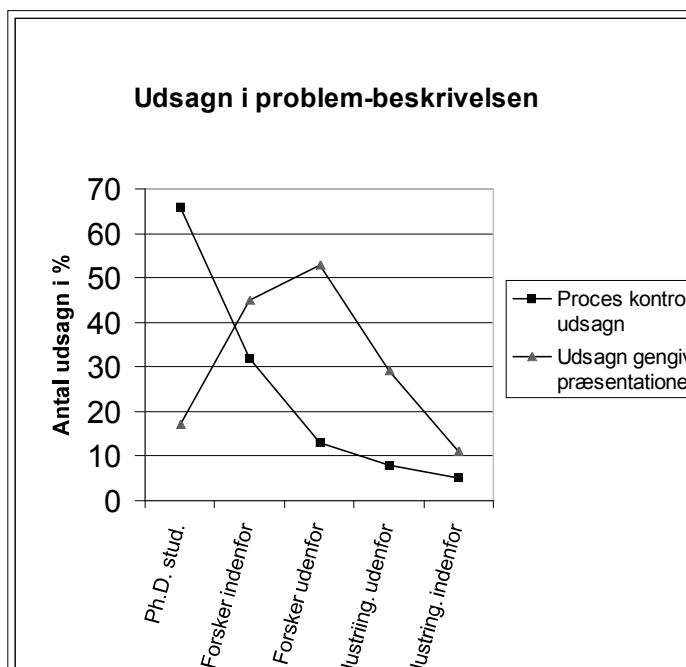
	PhD	Forsker inden for området	Forsker uden for området	Industri ansat uden for området	Industri ansat indenfor området
Afsnit					
Introduktion til problemer og anlæg	27%	20%	50%	33%	70%
Beskrivelse af mulige årsager	73%	80%	50%	67%	30%
Udsagn					
Introduktion til problemer og anlæg	27% (11)	9% (2)	20% (6)	42% (10)	68% (26)
Beskrivelse af mulige årsager	73% (30)	91% (20)	80% (24)	58% (14)	32% (12)

Procentværdierne gengiver andele af h.h.v. afsnit i teksten og de udledte udsagn. Tal i parentes angiver antallet af udsagn. Kolonneoverskrifterne refererer til ingeniører med forskellig akademisk og erhvervsmæssig baggrund som forklaret i teksten.

Som det er illustreret i figur 2 nedenfor var det forskelligt for deltagerne hvor tæt de i deres beskrivelse lagde sig op af det som var blevet sagt under præsentationen; mens der blandt beskrivelserne givet af deltagere med viden og erfaring som var relevant for opgaven kun kunne identificeres få udsagn (mellem 4 og 10), som var blevet fremsat under præsen-

tationen, kunne der i beskrivelserne givet af deltagere uden relevant viden og erfaring (forskeren og industri-ingeniøren uden for området) i større udstrækning (11 hhv. 17) identificeres udsagn som var blevet fremsat under præsentationen.

Anvendelsen af udsagn af reguleringsteknisk eller -teoretisk karakter var ikke proportional med omfanget af den beskrivelse af problemet som en deltager gav; de to deltagere med tilknytning til universitetet gav beskrivelser som overvejende bestod af sådanne udsagn, mens deltagere fra industrivirksomheder i ringe grad benyttede sig af sådanne udsagn. Den ph.d. studerende gav den mest teoretisk/tekniske beskrivelse, idet to tredjedele af alle udsagn i hans beskrivelse kunne kategoriseres som reguleringstekniske eller -teoretiske. Tilsvarende gav forskeren med viden på området også en beskrivelse med relativt mange tekniske/teoretiske udsagn mens de industriansatte i mindre grad benyttede sig af sådanne udsagn. Den der i mindste udstrækning benyttede sig af teoretiske/tekniske udsagn var den industriansatte indenfor området; kun 5% af de udsagn han fremsatte i sin beskrivelse havde reguleringsteknisk/teoretisk karakter.



Figur 2. En illustration af brugen af viden i problembeskrivelsen hos deltagere med forskellig erfaring. Figuren viser andelen (i hver enkelt deltagers beskrivelse) af udsagn som blev klassificeret som reguleringstekniske eller -teoretiske (linie med firkanter) og andelen af udsagn klassificeret som genkaldt fra præsentationen af sagen (linie med trekkanter).

Ved at se på forskelle og ligheder mellem udsagn i deltagerens beskrivelser, samt inddrage den forståelse af beskrivelserne som fremkom i interviewet med hver deltager fremstod flere særegenheder ved de enkelte beskrivelser. I den ph.d. studerendes beskrivelse var der udsagn som introducerede ideosynkratiske begreber, dvs. begreber som kun anvendtes af ham, eller indeholdt relationer mellem begreber som ikke var korrekte. Et eksempel på dette kan findes i ph.d. erens beskrivelse af konsekvensen af at motoren, som driver spindehjulene, bliver ophedet under kørsel:

Inputsignalet er forkert. Motorens effektforbrug under tomgang kan ændre sig under produktionen på grund af ophedning...ser vi ikke efter momentet?

Den ph.d. studerende betegner et fysisk fænomen – »ophedning af motoren« – og anvender dette til at forklare at »inputsignalet er forkert«. Post hoc interviewet viste at selvom han så en fysisk model af processen som yderst vigtig for reguleringen, forstod han ikke i det øjeblik at den væsentlige fejl i input signalet stammede fra periode med højt output af smeltet sten, hvilket vil sige at den teoretiske effekt af selvopvarmningen af motoren højst kunne være en minimal årsag til problemerne med variationer i produktets massefylde. På tilsvarende vis var det muligt af finde eksempler på anvendelsen af udsagn med ideosynkratiske begreber og forkerte relationer i de fleste af de andre ingeniørers beskrivelser. Imidlertid var der ingen af denne type fejl eller misforståelser tilstede i beskrivelsen givet af den industriansatte ingeniør indenfor området.

Forskellene mellem deltagerens beskrivelser fremstod også som en forskel i stil i ræsonneringen. Tydeligst var forskellen mellem hvordan forskeren i reguleringsteori og den industriansatte ingeniør indenfor området ræsonnerede om problemet. Forskerens stil var præget af årsagsrelationer, hvilket i sig selv kan ses som et tegn på en reduktion af problemet til basal reguleringsteori. Han udfolder sin argumentation som »dette« er forårsaget af »dette«, som igen »skyldes«. Endvidere knytter han alle udsagn til et generelt udsagn om problemets natur – et udsagn som ikke er specificeret nærmere. Et større uddrag af forskerens beskrivelse illustrerer dette:

Problem

Svært at fastholde massefylden, især ved skift af produkter, men også ved stationær drift.

Sandsynlige årsager:

- *tvivlsom bestemmelse af referensen til transportbåndets hastighed. Årsagen er sandsynligvis at den målte/beregnete nettoeffekt ikke er et præcist mål for produktionen af smeltet sten. Ved varierende uldproduktion bliver ulden fordelt over et længere stykke bånd i uldkammeret så der er en ikke helt simpel sammenhæng mellem smelte/fiber produktionen og den resulterende fladevægt.*

– ...

Forskeren bestemmer først at referencen til båndhastigheden er årsag til variationer i massefylden og dernæst antager han at årsagen er at nettoeffekten kun er en indikation på smelteproduktionen. Dernæst søger han at underbygge denne antagelse ved at argumentere for at smelteproduktionen forårsager uldproduktionen, som er fordelt over båndet i uldkammeret og som derfor forårsager variationer i fladevægten (som igen er årsag til variationer i massefylden). Der er adskillige tekniske argumenter i denne kæde (variation i massefylde, bestemmelse af reference til båndhastighed, måling af smelteproduktionen, målt/beregnet nettoeffekt). Tilsyneladende er den første del af hans forklaring baseret på teknisk/teoretisk viden (om vigtigheden af præcise mål i reguleringen), og derefter forsøger han at understøtte forklaringen ved at referere til (essentielle) aspekter af uldproduktionen, som sandsynligvis påvirker massefylden.

Stilen i den industriansatte ingeniørs beskrivelse er anderledes. Der er meget færre årsagsrelationer og mange flere relationer som specificerer og gør problemerne konkrete. Dette er åbenbart i det følgende uddrag af hans beskrivelse:

Produktionsanlæggets delelementer og opbygning fremgår af bilag 1.

Problemerne i produktionsprocessen kan opdeles i to:

- *problemer ved omstilling*
- *problemer med kvalitetsvariation under drift, som igen kan opdeles i 2 undergrupper:*
 - *ujævn fordeling over fladen*
 - *variation i fladevægt*

Der ønskes en optimering af produktionen ved forbedring af styringen. Selve anlægget kan/ønskes ikke ændret.

Den industriansatte ingeniørs beskrivelse begynder med et antal udsagn som dels præsenterer enheder og dels introducerer problemer i produktionsprocessen. Han specificerer endvidere problemerne under produktion som problemer med ujævn fordeling over fladen og variationer i fladevægt. Han synes at se efter indikationer på problemer, snarere end årsags-effekt sammenhænge. Så definerer han sin opgave som at optimere kontrollen, ikke ændring af anlægget. Det er bemærkelsesværdigt at – trods det at opgaven bliver klart defineret i præsentationen på cd romen – er denne deltager den eneste som beskriver sin opgave. Fra dette faktum og fra post hoc interviewene blev vi overbevist om at blandt de deltagende ingeniører var den industriansatte indenfor området den som bedst opfattede hvad den givne opgave gik ud på. Med andre ord antyder den industriansattes beskrivelse at erfaring fra industrien er vigtig for ingeniørens placering af opgaven i en passende ramme.

Diskussion – Basal faglig viden og ingeniørers erhvervskompetence

Resultaterne viser at den anvendte undersøgelsesmetode er robust og giver resultater der er sammenlignelige med undersøgelser af medicinsk ræsonnering.

Analysen af brugen af udsagn, begreber og relationer samt af stilen i deltageres ræsonnering antyder at med stigende industriel og relevant erfaring bliver den rolle eksplicit basal viden af teoretisk karakter spiller mindre fremtrædende i en første repræsentation af casen.

Den erfarne industriansatte ingeniørs forståelse af sagen og dens problematiske karakter synes at være baseret på restrukturering af det præsenterede materiale på en præcis måde som lokaliserer og specificerer problemerne i anlægget på forskellige niveauer af detaljer.

Et særligt problem ved tilpasningen af undersøgelsesmetoden til ingeniørområdet er at hvor læger må forventes at kende menneskekroppen og dermed »rammefaktorer« for et forelagt problem, kan ingeniører ikke forventes at kende alle mulige procesanlæg. Vores præsentation af problemet blev derfor meget mere omfangsrig end hvad der er normalt ved undersøgelse af lægers arbejde idet vi medtog en forklaring af produktionsanlægget. En ingeniør uden forsknings- eller erhvervs erfaring på det for sagen relevante område er dermed bogstaveligt talt afhængig af at kunne huske ord for ord hvad der bliver sagt under præsentationen af problemet. Anvendelsen af metoden på ingeniørområdet kræver derfor at deltagerne i undersøgelsen – både såkaldte begyndere og mellem-niveau eksperter – har enten forsknings- eller industrirelevant erfaring på det givne område, hvilket vi tog højde for i fortsættelsen af undersøgelsen (Clemmensen et al., 1998).

Undersøgelsen viser helt i overensstemmelse med undersøgelserne af medicinsk problemløsning at indkorporering af basal viden som lært på universitetet i erhvervsmæssig viden og kompetence bestemt ikke er trivial. En væsentlig forskel mellem medicin og ingeniørfagene kan ligge i at hvor en læge måske ser hundrede problemer om ugen, ser en ingeniør måske hundrede problemer om året. Man kan forestille sig at udviklingen af ekspertise og de dermed skabte vidensstrukturer bliver meget forskellig på de to områder. Ifølge Feltovich og Barrows har læger en stribe af specifikke sygdoms-scripts – skematiske fremgangsmåder klar – mens den ovenfor præsenterede undersøgelse samt fortsættelsen af denne (Clemmensen et al. 1998) peger på at erfarne industringeniører anvender analogier til andre industri anlæg til at begrænse deres basalvidenskabelige kausalræsonnering om anlægget i casen. Derved opnår de at løse ustrukturerede problemer på et videnskabeligt grundlag uden hverken at fordybe sig i teori eller forfalde til at udvikle lokale ad hoc løsninger.

Perspektiver

Undersøgelsen af ingeniørers problemløsning kan ses som en understregning af at forståelse af problemløsning, viden og kompetence involverer de – ofte implicite – metaforer vi anvender for menneskelig tænkning i det hele taget. Problemløsning kan anskues fra forskellige faglige vinkler – teknisk videnskabelige, filosofiske, sociologiske, biologiske, økonomiske, psykologiske m.m. Et standpunkt er at disse forskellige tilgange med fordel kan ses som metaforer for menneskelig tænkning og at de kan ses i sammenhæng (Sternberg, 1990).

Erfaringen fra undersøgelsen af ingeniørarbejde var at sådanne metaforer eller forskellige faglige tilgange til viden og kompetence hver især kan bruges til at belyse aspekter af viden og kompetence, samt at det er nødvendigt at forsøge at se dem i sammenhæng. Måske er det en del af akademisk kompetence i praktisk problemløsning at kunne arbejde med flere forskellige former for viden og tilgange og skabe indbyrdes sammenhæng blandt dem?

NOTER

1. Undersøgelsen som præsenteres i artiklen er foretaget af undertegnede i samarbejde med Arne Jakobsen og Camilla Rump, Center for Didaktik og Metodeudvikling, Danmarks Tekniske Universitet (DTU), Ulrik Jørgensen, Institut for Teknologi og Samfund, DTU samt Stig Andur Pedersen, Institut for Filosofi, RUC. Undersøgelsen var et led i en langvarig udforskning af ingeniørarbejde forestået af Arne Jakobsen og Stig Andur Pedersen (Jakobsen, 1994; Jakobsen og Pedersen, 1995), og skulle først og fremmest bruges til at finde ud af om kontrollerede forsøg med en kognitiv tilgang kunne bidrage på andre måder end de mere sociologiske spørgeskemaundersøgelser som tidligere var gennemført.
2. Casen var baseret på simuleringer. Rockwool International A/S har støttet og finansieret undersøgelsen, ved at tillade at vi brugte casen.

REFERENCER

- ATV, (1998). *Bedre vilkår for videnbaserede virksomheder*. ATV (Akademiet for de Tekniske Videnskaber), Lyngby.
- BOSHUIZEN, H.P.A. & SCHMIDT, H.G. (1992): On the role of biomedical knowledge in clinical reasoning by experts, intermediates and novices, in: *Cognitive Science* 16, p153-184.
- BÆRENTSEN, K.B. & LARSEN, S.F. (1990): Development and dissemination of System knowledge through Communication about Incidents. In: *Proceedings of the Ninth European Annual Conference on Human Decision Making and Manual Control*, CEC JRC Ispra, Institute for Systems Engineering and Informatics, Varese, Italy, September 10-12, 1990, pp321-329.
- CECI, S. J. & LIKER, J. (1986): Academic and non-academic intelligence: an experimental separation, i Sternberg, R. J. & Wagner, R. K. *Practical intelligence – nature and origins of competence in the everyday world*. Cambridge University Press.

- CLEMMENSEN, T., RUMP, C., JØRGENSEN, U., PEDERSEN, S.A. OG JAKOBSEN, A. (1998): *Comprehending and solving process control problems – the use of basic knowledge in engineering work*. Under udarbejdelse.
- CHI, M.T.H., GLASER, R. & FARR, M.J. (1988): *The nature of expertise*, Lawrence Erlbaum.
- DUNCKER, K. (1945 (1935)): On Problem-Solving, Psychological Monographs, vol. 58, no. 5, 1945. The American Psychological Association, Washington, D.C.
- EDWARDS, E. & LEES, F.P. (Eds.), (1974): *The human operator in process control*, Taylor & Francis Ltd, London.
- FELTOVICH, P.J. & BARROWS, H.S. (1984): Issues of generality in medical problem solving. In: H.G. Schmidt & M.L. De Volder (Eds.) *Tutorials in problem-based learning: A new direction in teaching the health profession*. Assens, Holland: Van Gorcum.
- FORSKERAKADEMIET (1997): *Efterspørgslen efter nyuddannede ph.d.ere*. Forskerakademiet, Århus.
- GILHOOLY, K.J., MCGEORGE, P., HUNTER, J., RAWLES, J.M., KIRBY, I.K., GREEN, C. & WYNN, V. (1997): Biomedical knowledge in Diagnostic Thinking: The Case of Electrocardiogram (ECG) Interpretation, in: *The European Journal of Cognitive Psychology, Volume 9*, p199-223.
- JAKOBSEN, A. (1994): *What is known and what ought to be known about engineering work*, Studies of Technology and Engineering, No 2, Unit for Studies in Engineering Education, the Danish Technical University.
- JAKOBSEN, A. & JESPERSEN, P.H. (1985): *Udvikling og brug af reguleringsteori i Danmark*, Danmarks Tekniske Universitet.
- JAKOBSEN, A. & PEDERSEN, S.A. (1995): Cognitive aspects of engineering work and research: Implications for curriculum planning, in: Toernquist, S. (Eds.), *Proceedings from an International Conference on Teaching Science for Technology at Tertiary Level*, Royal Swedish Academy of Engineering Science, Stockholm, 1995.
- NORROS, L. (Eds.) (1995): *Proceedings from 5th European conference on cognitive science approaches to process control*, Espoo, Finland, August 30 – September 1, 1995.
- PATEL, V.L., GROEN, G.J. & SCOTT, H.M. (1988): Biomedical knowledge in explanations of clinical problems by medical students, In: *Medical education, 1988*, 22, 398-406.
- PATEL, V. & G. J. GROEN (1986): Knowledge Based Solution Strategies in Medical reasoning. *Cognitive Science 10*, 91-116.
- SCHAAFSTAL, A.M. (1990): *Diagnostic skill in process operation – a comparison between experts and novices*, TNO, Holland.
- SIMON, H. A. (1973): The structure of ill-structured problems. *Artificial Intelligence 4*:181-201.
- STERNBERG, R. J. (1990): *Metaphors of mind – Conceptions of the nature of intelligence*. Cambridge University Press.