

TEKST NR 84

1984

NOGLE ARTIKLER OM
MATEMATIK,
FYSIK
OG ALMENDANNELSE.

af Jens Højgaard Jensen, Mogens Niss m.fl.

TEKSTER fra

IMFUFA

ROSKILDE UNIVERSITETSCENTER
INSTITUT FOR STUDIET AF MATEMATIK OG FYSIK SAMT DERES
FUNKTIONER I UNDERVISNING, FORSKNING OG ANVENDELSER

IMFUFA, Roskilde Universitetscenter, Postbox 260, 4000 Roskilde

NOGLE ARTIKLER OM

MATEMATIK,

FYSIK

OG ALMENDANNELSE

af Jens Højgaard Jensen, Mogens Niss m.fl.

IMFUFA tekst nr. 84/84, RUC.

77 sider

ISSN 0106-6242

Abstract

IMFUFA opfatter det som én af sine arbejdsopgaver at forstå og begrunde fagene matematik og fysiks funktioner i almenuddannelsen i dagens og morgendagens Danmark.

Teksten indeholder seks artikler, der i forskellige sammenhænge inden for de sidste år er skrevet i tilknytning til denne arbejdsopgave.

INDHOLD

1. For matematik og fysik i
fremtidens gymnasium (JHJ og MN) side 3
2. Matematikundervisningen i samfundet
- udviklingstendenser og faresignaler (MN) side 11
3. Naturvidenskab og almenuddannelse
i gymnasiet (JHJ m.fl.) side 25
4. Mig, Nat-folk og P-pædagoger (JHJ) . . . side 35
5. Kritisk matematikundervisning
- nødvendig men vanskelig (MN) . . . side 43
6. Naturvidenskab - undervisning
og dannelse (JHJ) side 59

Den følgende artikel har været
publiceret som kronik i Information
d. 15.04.1980 i sammenhæng med en
løbende gymnasiedebat i bladet.

1. FOR MATEMATIK OG FYSIK I FREMTIDENS GYMNASIUM

af Jens Højgaard Jensen og Mogens Niss

Endnu et bidrag til gymnasiedebatten: Der er to lektorer ved RUC, der "blander sig" ved at advare mod reformbestræbelsernes tendens til en nedtoning af fagene matematik og fysik. Jens Højgaard Jensen og Mogens Niss har beskæftiget sig med disse fags samfundsmæssige placering i bredere sammenhænge gennem deres arbejde ved RUC's Institut for Studiet af matematik og fysik samt deres funktioner i undervisning, forskning og anvendelser (IMFUFA).

I disse tider foregår der en debat i de offentlige medier og bag forskellige kulisser om de 16-19-åriges uddannelser. Debatten har gymnasiet og efg (de erhvervsfaglige grunduddannelser) som genstand. Den del af debatten der drejer sig om gymnasiet, er præget af, at dette til alles overraskelse, for et par år siden begyndte at ekspandere voldsomt i elevtal, således at nu ca. 40 pct. af en ungdomsårgang går i gymnasiet. Denne ekspansion, hvis årsager vi skal lade ligge her, har medført ændringer af gymnasiets indhold, ikke så meget hvad angår de formelle rammer om det, som hvad angår den måde, hvorpå disse rammer udfyldes, i valget af undervisningsmateriale og i den daglige undervisning. Disse ændringer har presset sig på som nødvendigheder, uden at nogen instanser har kunnet styre forløbet (og uden at de i øvrigt har været tilstrækkeligt vidtgående), hvilket har efterladt gymnasiet i en kaotisk og kriselignende tilstand.

Men de ændrede vilkår har også sat gang i en række forsøg, både med de enkelte fag og med forskellige former for samarbejde mellem dem, og nu på det senere med mere gennemgribende forsøg med gymnasiets samlede opbygning og fagenes placering heri, de såkaldte strukturforsøg. Undervisningsministeriets direktorat for gymnasierne og HF har støttet og fremmet forsøgsbestræbelser over mange fronter med den hensigt at få styr på udviklingen og at få indhøstet så mange forskellige erfaringer som muligt, inden der, forventeligt om få år, sker også formelle ændringer af gymnasiets struktur og placering i de 16-19-åriges uddannelser.

Det forhold, at så stor en del af en ungdomsårgang nu går i gymnasiet, sammenholdt med den skærpede adgangsbe-grænsning til videregående studier, bevirker, at en svindende del af gymnasiets elever kommer til at benytte deres studentereksamen til en videregående uddannelse ved en højere læreanstalt, eller til andre uddannelser, hvor gymnasiekundskaber er fagligt nødvendige. Derved bliver gymnasiets studieforberedende funktion (som er den ene af dets to traditionelle funktioner, den anden er at være alment dannende) af mindre betydning for de elever, der faktisk går der. Og det medfører, at undervisningen ikke længere kan gennemføres med samme indhold og på samme måde som for bare 10 år siden.

De forsøg, der gøres på at tage hånd om udviklingen, har, hvad enten der er tale om forsøg til ét eller nogle få fag eller om strukturforsøg, nogle træk til fælles, selv om de i øvrigt knytter an til forskellige sider af problemet. Disse fællestræk kan antydes ved stikordene: større sammenhæng mellem fagområderne og fagene, udjævning af skellene mellem de forskellige linjer og grene i gymnasiet, nedtoning af de teoretiske og akademiske sider af indholdet til fordel for praktisk orienterede indslag, fokusering på det umiddelbart relevante, motiverende og aktuelle på bekostning af det kedelige, det svære og det langsigtede, opprioritering af de samfundsmæssige aspekter ved fagene, opprioritering af projektorganiseret arbejde på bekostning af lærebogsbaseret stoftilegnelse.

Klarest er disse tendenser kommet til udtryk i de forskellige mere eller mindre færdige udkast til strukturforsøg. Uden at have til hensigt ved denne lejlighed at yde disse forsøg detaljeret retfærdighed, skal vi her forsøge at ud- drage hovedtrækkene i tendenserne: Den nuværende linjedeling (sproglige/matematikere i 1.g) og grendeling (videredeling i 5-10 grene i 2.g) afløses af en eller anden variant af et enhedsgymnasium uden, eller med stærkt reduceret, linje- og grendeling. Gymnasiets dominerende funktion skal være den almindeligdannende. Samfundsfaglige problemstillinger og syns- måder skal indtage en central plads. De fag eller fagniveauer, der først og fremmest er studieforberedende til speci-

fikke uddannelser eller uddannelsestyper, fjernes eller marginaliseres. Det samme gælder fag (som f.eks. fransk), der væsentligst skyldes traditionen deres tilstedeværelse. Projektarbejde skal fremmes som central arbejdsform, der også tillader inddragelse af praktiske problemer, såvel som tværfaglige problemstillinger.

Når vi ønsker at blande os i diskussionen, skyldes det bl.a., at vi mener at have nogle forudsætninger for at gøre det fra nu en del års ansættelse som lærere ved Roskilde universitetscenter. Undervisningen på RUC's basisuddannelser, dens muligheder og problemer, har mange indholdsmæssige og strukturelle træk fælles med reformforslagene for gymnasiet. Vi ønsker specielt at blande os på grund af reformbestræbelsernes tendens til nedtoning af fagene fysik og matematik. Som lærere ved RUC i disse fag har vi været med til at tænke over deres samfundsmæssige placering i bredere sammenhænge. Og disse overvejelser får os til at finde en nedtoning af fagene i gymnasiet uklog. Vi skal begrunde hvorfor:

Samfundet befinder sig i en udvikling, hvor ulighederne mellem forskellige befolkningsgrupper nærmere er voksende end aftagende, hvor knapheden på ressourcer fører til styring og kontrol, med stadig mere brutale midler, at udnyttelsen og fordelingen af dem, med politisk disciplinering og apati som en af konsekvenserne, fremmedgørelse af den enkelte under et politiserende ekspertvælde som en anden. Jo mere styringskrævende samfundet bliver, jo mere kompliceret og teknokratiseret bliver styringen, og jo mere uigennemsigtige for den enkelte bliver forholdene. Erkendelsen af grænserne mellem det tekniske, det økonomiske, det ideologiske og det politiske bliver stadig vanskeligere og tilbøjeligheden til at give sig udviklingen i vold, uden at forsøge at forstå den og blande sig i den, griber om sig.

Denne udvikling stiller nye krav til gymnasiet, og den skaber nye problemer for det. Sammen med den øgede elevtilgang afføder den et behov for ajourføring både af formålene med undervisningen og måderne at motivere eleverne på.

For tiden er det først og fremmest problemerne med at give eleverne tilstrækkelige begrundelser og motivation for arbejdet med fagene - evt. ændrede fag - der diskuteres. Hvis bestræbelserne på at gøre noget ved gymnasiets samlede situation ensidigt koncentrerer om disse problemer, løber man imidlertid en risiko for at finde svar, der kun kan blive symptombehandlende: Motivation til hvad? Det er selvfølgelig nemmere at tilrettelægge en undervisning, der tilfredsstillende elevernes umiddelbare behov (her har fænomenet "underholdningspædagogik" været ført frem), hvis hverken deres langsigtede behov eller behov knyttet til en demokratisk/progressiv samfundsudvikling samtidig skal tilgodeses.

En fokusering på motivationsproblemerne uden samtidig overvejelse af gymnasiets samlede funktion fører nemt til et af følgende to fejltrin:

- 1) Yderligere opsplitting af gymnasiet, i form af yderligere grendeling, opsplitting i moduler og lignende, som et supermarked til efterkommelse af elevernes (og erhvervslivets?) efterspørgsel.
- 2) En mindskelse eller fjernelse af det teoretiske islæt i undervisningen.

Det første fejltrin er farligt, fordi det bidrager til at forstærke de uheldige virkninger af specialiseringen i samfundet, først og fremmest manglen hos den enkelte på samfundsmæssigt overblik, og den dermed forbundne sociale lagdeling, hvor kun nogle få i kraft af deres position har adgang til at tage samlet stilling til hvad der foregår, mens langt de fleste får horisonten begrænset af deres specialiserede funktion og dens krav. I stedet er der grund til at gøre hvad der er muligt for at bibringe eleverne forståelse af sammenhænge og af de faktorer, der indgår i dem, og til at holde elever, der siden skal gå forskellige veje i samfundet, sammen i et miljø, der lægger op til etableringen af sammenhæng. Disse hensyn peger for os at se på ønskeligheden af et enhedsgymnasium, og en sammensmeltning af efg-uddannelserne og gymnasiet.

Det andet fejltrin er farligt, fordi også det forstærker (om end på en anden måde) de uheldige virkninger af specialiseringen i samfundet, og fordi det svækker elevernes muligheder for at gå bagom fænomenerne og forholde sig til andet end deres umiddelbare fremtræden.

I debatten anføres det ofte, at det eksisterende gymnasium er "teoretisk", "abstrakt", og "virkelighedsfjernt". Og det er rimeligvis ikke helt ved siden af. Men det er ikke virkelighedsfjernt, fordi det er teoretisk og abstrakt, men fordi den teori og den abstraktion, der bydes på, ikke er tilrettelagt i overensstemmelse med elevernes forudsætninger, og fordi de ikke først og fremmest tager sigte på at skabe et overblik over forhold, der er vigtige i det samfund eleverne lever i, og for elevernes fremtid. At teori og abstraktion i sig selv skulle være virkelighedsfjerne, er en misforståelse, der fører til leflen for de lette mirakelkure. Jo mere kompleks den omgivende virkelighed er, jo mere nødvendige er teori og abstraktion som midler til at komme ind på livet af den, at få overblik over den. At få overblik indebærer jo netop at se bort fra det uvæsentlige, at abstrahere, og såvel afgørelsen af hvad der er uvæsentligt som bedømmelsen af hvordan det væsentlige er indrettet og virker, forudsætter teori.

Fremfor at være en naturkatastrofe giver gymnasiets ekspansion netop muligheder, der hidtil har været fraværende, for at en større del af befolkningen end nogensinde kan få adgang til et øget overblik. Men det er, som sagt, ikke ligegyldigt hvilken slags overblik, der er tale om. Hvordan kommer fagene fysik og matematik ind i billedet?

I øjeblikket foregår gymnasieundervisningen i disse fag de fleste steder på en måde, der alene kunne retfærdiggøres, hvis fagene forberedte til videre tekniske og naturvidenskabelige studier. Dette har indtil for få år siden været ret konfliktløst, fordi de fleste elever faktisk brugte gymnasiet til studieforberedende formål. Men sådan er det altså ikke mere. Hvad skal man stille op med det? Som nævnt er tendensen i en del at den forsøgsundervisning og i de reform-

forslag, vi her har omtalt, at nedtone fagene, både indholdsmæssigt og omfangsmæssigt (timetal), i takt med fremhævelsen af gymnasiets almindannende funktion på den studieforbereðendes bekostning. Og denne nedtoning ville være rimelig nok, hvis fagene fortsat skulle være indrettet som i de gældende bestemmelser.

Men den står i skærende kontrast til disse fags stigende betydning i samfundet som helhed.

A-kraft-diskussionen er det velkendte eksempel på, at en vis mængde viden om fysik forbedrer mulighederne for en stillingtagen, f.eks. når det gælder en bedømmelse af grænserne mellem teknisk/naturvidenskabelige og politiske sider af en sag. Endnu væsentligere for samfundsudviklingen i de industrialiserede lande i slutningen af dette århundrede end problemerne med A-kraft, er den indmarch på den samfundsmæssige arena af matematiske planlægnings- og styringsmodeller, af edb og mikroelektronik, som gennem de seneste år har taget fart.

Hvis gymnasieundervisningen skal give sit bidrag til at modvirke, at befolkningen umyndiggøres af denne udvikling (og det er også umyndiggørelse, hvis det eneste våben man besidder over for den, er blind skepsis), er der behov for en opprioritering, også omfangsmæssigt, af matematik og fysik snarere end en nedtoning. Det forhold, at matematik og fysik er svære fag, gør det særligt påkrævet at sætte tilstrækkeligt tid af til at også elever som har vanskeligheder med fagene, kan få noget ud af dem i det overbliksperspektiv, som her efterlyses.

Det er vigtigt, at netop matematik og fysik som fag inddrages i en undervisning, der tager sigte på at udvide ståsteder for eleverne vedrørende forholdet mellem formodning og viden. Hvilken slags viden kan man stole på? Hvornår kan man stole på eksperterne? Og det er vigtigt at netop matematik og fysik som fag inddrages i en undervisning om forholdet mellem udviklingen af henholdsvis naturvidenskab, teknologi og samfund. Hvad er bestemmende for hvad? Hvor kan der gribes ind, hvis udviklingen skal ændres? Hvilke historiske erfaringer findes der? Hvilke muligheder er realistiske i fremtiden? Undervisningen skal ikke sigte på at gøre

eleverne til alternative eksperter. Det er selvsagt en umulig opgave, eftersom det ikke er tilfældigt, at eksperterne er eksperter og ikke lægmænd. Men undervisningen skal sigte på at give eleverne et indblik i arten af eksperternes ekspertise og en forståelse af samfundsmæssige sammenhænge. Og fysik og matematik er altså efter vores vurdering nødvendige elementer i en undervisning med dette sigte.

Som det er fremgået, lægger undervisningen i gymnasiet ikke generelt op til at sætte eleverne i stand til at overveje og tage stilling til spørgsmål som dem der her er rejst. Fysik- og matematikmiljøerne både på universiteter og i gymnasiet er ret blanke over for dem. Og inden for de humanistiske og samfundsfaglige fag vides for lidt om teknik og naturvidenskab og deres samfundsmæssige placering og implikationer, til at problemerne kan rejses i de rigtige proportioner.

Også fremover er der grund til at give en pessimistisk bedømmelse af gymnasiets muligheder for at tage den almen-dannende funktion op, som vi her har skitseret. For det første vil elevernes almindelige fremmedgjorthed over for den samlede samfundsudvikling gøre det vanskeligt at motivere dem for at arbejde med de nævnte problemstillinger. De er for komplicerede, for teoretiske, for abstrakte - og for fjerne fra elevernes umiddelbare dagligdag. Selv om de er virkelige.

Men nødvendigheden fjernes ikke af de grunde, der er til at være pessimistisk. Og hvis man vil se nødvendigheden i øjnene er det en dårlig ide at reducere omfanget af gymnasiets matematik- og fysikundervisning. Det er derimod en god ide at slås for et andet indhold end det nuværende.

Den følgende artikel er manuskriptet til et foredrag holdt ved Danmarks Matematiklærerforenings kursus på Skelskør Folkehøjskole d. 16.09.1982.

2. MATEMATIKUNDERVISNINGEN I SAMFUNDET
- udviklingstendenser og faresignaler

af Mogens Niss

For den der betragter folkeskolens matematikundervisning, såvel det der foregår i praksis som det der siges og skrives i didaktisk teori og debat, er det tydeligt at der er sket et skifte i forhold til tidligere, dvs. tiden før ca. 1970. Dette skifte har næsten karakter af at være et opgør med fundamentale sider af tidligere tiders matematikundervisning. Skiftet er ikke specielt knyttet til danske tilstande. Tværtimod indgår disse i en international strømning, som også efterhånden har fundet mange beskrivelser på skrift. Men derudover er det klart at folkeskoleloven af 1975, med dens sammenholdning af elevgrupper der tidligere blev holdt adskilt, har leveret et sæt særlige danske forudsætninger for nødvendigheden af nye veje i matematikundervisningen.

Det nævnte opgør har været rettet mod mange træk ved den hidtidige matematikundervisning. På det overordnede plan mod dens disciplinerende og sorterende funktion: det at matematikundervisningen har været et instrument til indordning af eleverne under bestemte og rigoristiske normer, at den har centrifugeret eleverne i dem der kan og dem der ikke kan, på en måde så alle var klar over hvilken af grupperne den enkelte elev hørte hjemme i. Hans Nygaard Jensen har et sted navngivet denne undervisning som kend-din-pladsundervisningen. På det faglige plan har opgøret draget i felten mod formalisering, abstraktion og rigorisme, mod ritualisering af omgangen med faget, pedanteri og strenge krav til rigtigt og forkert. I korthed kan man sige at opgøret har angrebet at fagets eller samfundets interesser skulle sættes igennem på elevernes bekostning.

Det som så ved fronten af udviklingen er blevet sat i stedet i løbet af disse ca. ti år, kan sammenfattes i nøgleordene humanisering og individcentrering. Prioriteringen mellem fagets interesser eller samfundets interesser, på den

ene side, og det der opfattes som elevernes interesser på den anden side, er blevet byttet om. Matematik skal være et menneskevenligt fag, der ikke er firkantet og intolerant, men åbent over for et bredt spektrum af tilgange. Der lægges vægt på eleven som individ, hans eller hendes personlighedsudvikling, behov og trivsel, på deltagergruppernes sociale samspil, på matematikundervisningens proces snarere end på dens produkt. Denne proces skal ikke først og fremmest munde ud i bestemte endestationer, den har en værdi i sig selv; matematikken fremhæves som en aktivitet, der ikke på forhånd skal underkastes metodebegrænsninger. Børnene skal stimuleres til selvstændigt og sammen med andre at eksperimentere, måle, gætte, prøve sig frem, forkaste, lege sig til matematisk indsigt; men også til almene holdninger, tankegange og arbejds måder, som nysgerrighed, kreativitet, problemløsende holdning og adfærd. Den øgede tolerance ytrer sig endvidere i at matematiske resultater indvundet ved induktion ud fra et antal enkelttilfælde skal anerkendes og ikke regnes for mindre værd end resultater indvundet ved formelle eller deduktive ræsonnementer. Beviser skal kun forekomme hvor de bringer indsigt der ikke kan erhverves ad anden vej, og kun for de elever der selv føler behovet for dem. Et citat fra en konference afholdt af Danmarks Matematiklærerforening i 1978 kan belyse dette:

"Bevisførelse skal opfattes som en elevs eksperimenteren med et forelagt problem, hvorigennem hun erkender nogle regelmæssigheder, hvorefter hun mere eller mindre stringent formulerer sig frem til nogle generelle matematiske lovmæssigheder."

I den grundlæggende regneundervisning skal dele af den sædvanlige færdighedseksercits emballeres i spilbetonede opgaver, og den videregående færdighedseksercits skal nedtones til fordel for brugen af lommeregnerne. De algebraiske lovmæssigheder skal betragtes som en sammenfatning af talregningserfaringer og ikke som grundlag for dem.

Også matematikkens rolle som beskrivelsesmiddel over for nogle af de kvantitative sider af omverdenen (i skolen og hjemme, i aviser og fjernsyn, i praksis uden for skolen) skal fremhæves. Deskriptiv statistik - et emne i vækst - betragtes som et velegnet middel i den forbindelse. Geometri-

undervisningen skal ikke indrettes som museum for aksiomatisk-deduktive strukturer i matematikken, men skal være en støtte i elevernes erfaringsdannelse om det fysiske rum, et tilbud om navngivning og repræsentation af rumlige fænomener.

(For en ordens skyld bør jeg vel gøre det klart, at de udviklingstendenser jeg netop har beskrevet, ikke hævdes at forekomme alle sammen alle steder, eller bare at være dominerende i matematikundervisningens hverdag. Det er tendenser ved debat- og eksperimentfronten jeg har forsøgt at indfange.)

*

Det er bemærkelsesværdigt at disse forandringer har fundet sted stort set uden at være blevet alvorligt anfægtet af omverdenen. Ja, selvfølgelig er der blevet rejst kritik, det er der altid blevet. Gymnasielærerne siger at folkeskolen afleverer eleverne med ringere matematikkundskaber end før i tiden, uden at de møder op med nogen tilstrækkelig kompensation for disse mangler; de videregående uddannelsesinstitutioner har nemlig rettet den samme kritik mod gymnasiet, hvis lærere for manges vedkommende melder hus forbi og lader kritikken gå videre til folkeskolen. Det er der ikke noget nyt i, sådan har det altid været. Som bekendt er eleverne blevet dummere og dummere igennem historien, fra Cicero og fremefter. Jeronimusserne synes hvad dette angår at have bevæbnet sig med en slags omvendt darwinisme: survival og the unfittest, og udviklingshistorien bliver til en afviklingshistorie, der efter en passende tid vil sende os alle tilbage til salamander stadiet i mudderhullerne.

Men alstå, humaniseringen af matematikundervisningen har tilsyneladende ikke givet anledning til voldsomme reaktioner hos samfundsmagten. Tværtimod kan der findes adskilligt belæg for den og støtte til den i undervisningsvejledningen, som mange steder bruger ord i nærheden af dem jeg ovenfor har anført. Samfundsmagten er altså indforstået med humaniseringen?

Det kan man ikke slutte. Samfundets interesse i matematikundervisningen er meget sammensat og diffus. Den beror på nogle almene og principielle forestillinger om matematik-

kens nytte i samfundet og om en deraf afledet nytte af matematikundervisning som forudsætning herfor. Ser man nøjere efter - f.eks. ved hjælp af historiske studier af officielle, halvofficielle og uofficielle tilkendegivelser om matematikundervisningens samfundsmæssige interesse - kan man detektere to typer af hovedinteresser. Den første vedrører samfundet som helhed, som system, dets økonomiske, materielle og ideologiske interesser, sådan som de tolkes af de til enhver tid siddende magthavere. Den anden vedrører hensynet (også tolket gennem magthavernes briller) til individets muligheder for at klare sig i og trives ved sin private og samfundsmæssige tilværelse. Samfundets overordnede interesser i matematikundervisningen kommer fortrinsvis til udtryk i afgørelsen af hvilke elevgrupper der skal udsættes for matematikundervisning, og af hvilket omfang den i givet fald skal have. Desuden i de ressourcer, uddannelsesmuligheder for lærere, osv. som samfundet stiller til rådighed som rammer for matematikundervisningen. Samfundets to hovedinteresser i matematikundervisningen er hverken principielt i konflikt med hinanden eller principielt i harmoni med hinanden. Man kan sige at de altid begge er til stede og står i et balanceforhold til hinanden. Men når det kommer til stykket, og det gør det nu og da, er den første interesse den afgørende. Det er på grund af denne interesse at matematik har så stærk en stilling i alle skoleformer som den har, og igennem tiderne i stigende grad har fået. Det betyder ikke at den anden interesse ikke også eksisterer og er ægte. Men af den placering fag som formning, musik, idræt og praktiske fag har, kan man få et indtryk af hvordan samfundet værdsætter hensynet til elevernes personlige liv i forhold til hensynet til deres kvalificering og socialisering.

Men selv om samfundet først og fremmest er interesseret i matematikundervisningen for systemets skyld, og kun i anden række for elevernes blå øjnes skyld, må matematikundervisningen overlades til særligt uddannede fagfolk. Det forholder sig stadig sådan, at den almindelige respekt og frygt for faget bevirker, at ikke hvem som helst bilder sig ind at have brugbare meninger om matematik eller matematik-

undervisning, til forskel fra hvad tilfældet er med dansk, historie og samfundsfag. Det skyldes karakteren af faget matematik, i kombination med at det stadig er ualmindeligt at være så veluddannet inden for faget, at man uden at være professionel tør udtale sig nærmere om det. Det kunne måske ændre sig i fremtiden, men foreløbig forholder det sig sådan at matematikundervisningen er et ærinde for fagfolk. Det bliver så deres opgave at sætte deres faglige, pædagogiske og didaktiske kvalifikationer ind i udmøntningen af samfundets overordnede interesser med matematikundervisningen - interesser som hverken er særligt specifikke eller klart artikulerede - i en praksis inden for de afstukne rammer. Dette skaber en situation med relativ autonomi for matematikundervisningen, et spillerum for matematiklærernes og matematikdebattørernes forestillinger og for indflydelse fra almene undervisningsmæssige strømninger. En sådan autonomi har ikke mange fag.

Det er først og fremmest på grund af denne relative autonomi at samfundsmagten fremstår som om den accepterer humaniseringen af matematikundervisningen. Indtil videre har den heller ikke så meget andet at gøre hvad angår undervisningens indretning - den kan jo ikke sætte noget andet i stedet. Men det kunne jo være at den på et tidspunkt ville føle sig fristet til at ændre på rammerne, frem for alt for hvilke elevgrupper der skal modtage matematikundervisning, og for dennes omfang. Vi er vant til at magthavernes principielle sympati og respekt for matematik og matematikundervisning kan bære meget langt. Men kan vi være sikre på at samfundsmagten også i fremtiden vil være interesseret i en stærk matematikundervisning for alle (eller et flertal)? Det er ikke givet.

Det er ganske vist rigtigt at matematikken spiller en mere og mere om-sig-gribende rolle i samfundet, og at flere og flere kommer i berøring med den eller med konsekvenser af dens brug. Men det er ikke utænkeligt at dens opgaver vil kunne varetages af relativt få personer, sådan som samfundet er i færd med at udvikle sig. Hvad angår feltet regning, forudsatte dets samfundsmæssige rolle for ti år siden at alle kunne regne og optræde som regnemaskiner, også erhvervs-

mæssigt, f.eks. inden for handel, kontor og håndværk. Varetagelsen af sådanne funktioner kræver imidlertid ikke længere omfattende og sikker beherskelse af de elementære regneoperationer på mange eller store tal - de ordnes nu af mikro- og makrocomputere eller lommeregnere.

Tilbage står den brug af matematik som finder sted ud over egentlig regning. Her er der som sagt tale om en betragtelig ekspansion, og den kunne jo befordre et behov for matematikuddannelse på højt niveau for de mange, for dem der skal være biologer, økonomer, planlæggere, beslutningstagere, prognosemagere osv. Men selv denne voksende persongruppe, eksperterne vil under alle omstændigheder, også i fremtiden, være relativt lille. Det er næppe alene af hensyn til uddannelsen af den, at det kan begrundes at samfundet gennemfører en omfattende matematikundervisning for de mange. Og når samfundsmagten opdager det kan der ske ting og sager.

Den beskrevne polarisering af befolkningens professionelle omgang med matematik, det at de personer der tidligere var bærere af samfundets regnefunktioner dequalificeres til knaptrykkere og skærmkustoder på næsten ufaglært grundlag, samtidig med at de der tidligere var i moderat berøring med simple matematiske forehavener nu stilles over for stigende krav til matematisk sofistikation, kan vi med et lån fra uddannelsesteoriens terminologi benævne kvalifikationspolarisering.

Nu er det ikke automatisk givet, at en sådan kvalifikationspolarisering fører til en direkte og snæver erhvervstilpasning af skoleuddannelserne. Skolen leverer som tidligere antydning undervisning, og herunder matematikundervisning, af mange slags grunde. Men der vil højst sandsynligt opstå et pres i retning af erhvervstilpasning, selv om dette pres vil indgå i et livtag med andre former for pres. Skulle imidlertid presset sætte sig entydigt igennem, kunne vi blive stillet over for følgende tilstande:

De fremtidige eksperter skal ikke have deres matematikundervisning spoleret af hensynet til en humanistisk orienteret matematikundervisning for majoriteten. Det er en umulig opgave at give hele befolkningen den matematikundervisning som er nødvendig for de kommende eksperter. Det er

dels for dyrt og dels for svært. Derfor skal folket og eksperterne modtage hver sin matematikundervisning. Imidlertid er der ingen professionsmæssige grunde til at folket modtager en særlig avanceret matematikundervisning, f.eks. på mellemniveau (midt mellem ingenting og eksperternes). Da de desuden plages af den gængse undervisning og bliver tabere i den, kan man lige så godt udnytte den humaniserede matematikundervisnings landvindinger og tage konsekvensen fuldt ud: At lade matematikundervisningen for de mange få omfang og status som et musisk-praktisk fag, og lade det være indrettet som et kombineret orienteringsfag og musisk-praktisk fag. En sådan opdeling af undervisningen ville desuden indebære den fordel at flertallet af eleverne ikke i matematikundervisningen blev bibragt forudsætninger for at øve maskinstormerkritik mod de sider af samfundslivet, hvor matematik er indblandet.

Det behøver som sagt ikke at gå som beskrevet. Trods alt er skolen underlagt påvirkninger fra så mange faktorer, at også andre end den omtalte kan komme til orde. F.eks. er det endnu ikke helt givet at de politisk-økonomiske "nødvendigheder" får lov til helt at udslette hensyntagen til en god almen uddannelse af befolkningen, også ud over dens professionsmæssige kvalificering. Og der er da også kræfter blandt de indflydelsesrige der af et ærligt hjerte mener det alvorligt når de taler om uddannelse til at tage kritisk del i samfundets processer. Men den uafvidende alliance mellem de kyniske blandt de politiske magthavere og visse progressive pædagogiske strømningers afvisning af matematikundervisningens nødvendighed kan godt vise sig afgørende i en snæver vending.

*

Hvordan skal man på denne baggrund bedømme den beskrevne humanisering af matematikundervisningen?

Mit svar på dette spørgsmål er i korthed, at udgangspunktet for humaniseringen er sympatisk, at humaniseringen repræsenterer en nødvendig, men ikke tilstrækkelig nyorientering af matematikundervisningen.

Humaniseringen er sympatisk, simpelthen på grund af dens menneskevenlighed, fordi den interesserer sig for at bidrage til at individer og grupper kan opnå trivsel i skolen, uden for skolen og efter skolen. Matematikundervisningen skal ikke være en plage, men afgive værdifulde levetimer for eleverne.

En humanisering af matematikundervisningen var/er nødvendig hvis undervisningen skal have nogen positiv langtids-effekt for den majoritet af eleverne som ikke udvikler særlig interesse og særlige forudsætninger for at beskæftige sig med faget. Og frem for alt hvis den skal have effekt for de elevgrupper som ellers står i fare for at stå af eller blive hægtet af undervisningen, elevgrupper som skolen før i tiden skilte sig af med efter 7.-8. klasse. En betragtelig del af de ingredienser som indgår i humaniseringen, som beskrevet ovenfor, repræsenterer holdningsmæssige og pædagogiske landvindinger som jeg anser for meget værdifulde for en virkningsfuld matematikundervisning.

Når humaniseringen ikke er tilstrækkelig, og nærmest kan være farlig hvis den gøres til endemålet, er det fordi verden ikke bare er god. Den rummer sider som det er nødvendigt at forbedre eller lave om på og sider som det er nødvendigt at værges sig aktivt imod. Til den ende rækker det ikke at lade matematikundervisningen gå i trivselseksil og stille sig tilfreds med at matematiktimerne opleves som hyggelige af deltagerne. Det er en hovedopgave for matematikundervisningen at give sit bidrag til at eleverne kan forstå, tage stilling til og handle overfor de væsentligste udviklingsforløb i samfundet. I disse år er det mest fornødne at værges sig mod en samfundsudvikling, der indebærer fremmedgørelse af den enkelte, over for en tiltagende centralisering og ekspertificering af de afgørende samfundsprocesser, med en dertil knyttet politisk disciplinering og passivisering af befolkningen.

Når matematikundervisningen har et bidrag at give ved opbygningen af en sådan modstandskraft, er det fordi matematikken spiller en rolle i samfundsudviklingen, både som led i forudsætningerne for den, og som kritisk instrument for bedømmelsen af den. Men matematikundervisningen kan ikke

give sit bidrag hvis dens hovedmål er at gøre matematikundervisningsenkla-verne til trivselstimer, uden at eleverne får midler til at stille noget op med verden uden for dem.

Hvis matematikundervisningen skal kunne levere sådanne midler, må den sætte eleverne i stand til at erkende og forstå matematikkens rolle i samfundet. Hertil hører at forstå hvad matematikken kan og ikke kan, og hvor den kan det, og at vide hvem der bruger den. Men det hører også med at forstå hvorfor matematikken kan det den kan, og ikke kan det den ikke kan. Og at det den kan skyldes dens natur og karakter, som hvad enten man kan lide det eller ej er nært forbundet med abstraktion, deduktion og teoretiske strukturer (men også med intuition, heuristik, eksperimenteren, legen og alt det som humaniseringen sætter i centrum). En matematikundervisning der skal varetage sin opgave som leverandør af vægmidler kan ikke se væk fra disse hårdkogte ingredienser. Men det sker faktisk i vid udstrækning i den humaniseringsbevægelse vi har set.

F.eks. har der været draget i felten mod det abstrakte og det teoretiske som i sig selv problematisk og virkelighedsfjernt. Men nu forholder det sig jo sådan, at hvis man skal kunne forstå, tage stilling til og handle sammenhængende og konsekvent over for den komplekse virkelighed der omgiver os, er det netop et tolkende overblik over virkeligheden og dens væsenstræk der er fornødent. Og hertil kræves netop abstraktion og teoretiseringen. Problemet er ikke at abstraktion og teoretiseringen er virkelighedsfjernt, men snarere at børnenes og skolens liv i en bestemt forstand er det, nemlig fjernt fra de dele af virkeligheden der bestemmer de naturgivne og samfundsskabte rammer for vores liv. Om den virkelighed giver børnenes og skolens liv kun få og spredte førstehåndserfaringer. Det bevirker at skolens undervisning, når den forsøger at give en (teoretisk) behandling af denne virkelighed, finder sted i et erfarings-tomrum.

Når det gælder specielt matematikken, består dilemmaet i at væsentlige sider af dens rolle i samfundet er usynlige i det daglige liv. De er i øvrigt også svære at komme ind på livet af selv om man ser grundigt efter. Megen af matematik-

kens betydning er skjult og langtvirkende. Men den er der. Uigennemskueligheden får let matematikundervisningen til at fremtræde som tilfældig, meningsløs og konsekvensløs (bortset fra i karakter- og karriereræset, hvor den så langt fra er konsekvensløs).

I mine øjne er det en af de kommende års didaktiske og pædagogiske hovedopgaver for matematikundervisningen at finde veje til så meget som muligt af en synliggørelse af matematikkens funktion i verden.

En anden hovedopgave er at finde veje til at matematikundervisningen kan behandle teoretiske, også matematisk teoretiske, spørgsmål på en måde der kan indfange børnenes interesse, opmærksomhed og aktivitet.

*

Disse opgaver er kolossale. Med det udseende samfundet har, og med den stilling skolen har i samfundet, er der stærke barrierer imod løsningen af dem. Men at de fundamentale vilkår ikke lige står til at ændre må ikke få os til at opgive udviklingen af tiltag af mere begrænset rækkevidde.

Og her er I eksperter. Det er jer der i planlægningen af jeres undervisning kan udvikle strategier der egner sig til netop de elevgrupper I har med at gøre, med deres aldersmæssige, sociale, økonomiske og holdningsmæssige forudsætninger. Jeg og andre der er anbragt i stor flyvehøjde i forhold til skolen kan højst bidrage med brede og almene idéer. Til gengæld tillader afstanden os måske at se mønstre og tendenser som den der står i skolens hverdag til halsen kan have vanskeligere ved at få øje på.

Mirakelkure kan jeg altså ikke byde på. Ikke engang særligt originale kneb og fiduser. Lad mig nøjes med at fremhæve et par punkter som må indgå i en strategi for en matematikundervisning der skal leve op til de ideale fordringer jeg har antydnet ovenfor:

(1) Matematikundervisningen må dokumentere, og ikke bare postulere, at man, dvs. eleverne, undertiden ved hjælp af matematik kan få svar på spørgsmål, som ikke kunne blive

besvaret eller ville få et dårligere svar uden matematik. Det må dreje sig om spørgsmål som betyder noget for eleverne, eller som kan bringes til at betyde noget for dem. Man skal ikke foregøgle dem at det altid er de samme spørgsmål som matematikundervisningen behandler der begrundet matematikkens betydning i verden. Og ikke al den matematik der indgår i undervisningen skal umiddelbart kunne bruges til at besvare omverdensrelevante spørgsmål. Men noget af den skal kunne det. I betragtning af hvor meget af det, der umiddelbart er vigtigt for eleverne, som er uden forbindelse med matematik, er dette et stort krav. Så stort at alle kneb må gælde i tilgodeselsen af det.

(2) Hvis matematikundervisningen skal kunne give svar på spørgsmål som for eleverne er eller kan blive vigtige, kan den ikke kun foregå indkapslet i enkeltfrosne undervisningsklumper af 45 minutter. Praktiske islet må forefindes i undervisningen; det indebærer forløb i marken uden for skolen. Andet indebærer udviskning af grænser til andre fag. Atter andet indebærer mulighed for fordybelse over flere sammenhængende timer. Gængse skemastrukturer stiller sig simpelthed hindrende i vejen for at realisere noget af dette.

(3) Matematikundervisningen skal ikke bare være en undervisning i matematik, men også om matematik. Dvs. den skal beskæftige sig med matematikkens anvendelser, filosofi og historie. Matematikken skal være et fag man kan gå rundt om, ikke bare ind i. Det fordrer for resten at matematikken, uagtet behovet for at udviske grænserne til andre fag, også gøres til genstand for selvstændig behandling i en særskilt undervisning. Det ville være en alvorlig strategisk fejl at bortintegrere matematikken i de øvrige fag.

(4) Humaniseringens resultater skal ikke kasseres, men tværtimod yderligere udbygges. Humaniseringen skal indgå som redskab i efterlevelsen af den overordnede hensigt jeg her har advokeret for. Men selv om humaniseringen har fejret berettigede triumfer, er det farligt hvis den lægger sig til

hvile på laurbærrene og skygger for hovedsagen: at ruste eleverne til og mod verden.

Mogens Niss 14.09.1982.



TABTE DU
NØGLEN UN-
DER LYGTEN?

NEJ, MEN DER ER
IKKE LYS VED
GADEDØREN

RELEVANS PARADOKSET

Den følgende artikel har været
publiceret som kronik i Information
den 23. november 1982.

3. NATURVIDENSKAB OG ALMENNEDDANNELSE I GYMNASIET

Den naturvidenskabelige tænkning er fjernere end nogensinde fra sin berettigede plads som en del af almindannelsen.

af Olav Harsløf, Jens Højgaard Jensen,
Ove Nathan og Henning Salling Olesen

Forfatterne er en tværfaglig diskussionsgruppe som bl.a. har taget initiativ til et debatmøde for naturvidenskabelige lærere og andre gymnasielærere om de naturvidenskabelige fags udvikling i gymnasieundervisningen. Olav Harsløf er rektor for Det fri gymnasium, Jens Højgaard Jensen er lektor i fysik ved RUC, Ove Nathan er professor i fysik og rektor for Københavns Universitet, Henning Salling Olesen er lektor ved RUC, p.t. forskningsstipendiat (uddannelsesforskning).

I de sidste årtier er gymnasiets fagstruktur blevet endevendt nogle gange. Historie og dansk har fået et betydeligt ændret indhold. En mastodont, samfundsfag, har holdt sit indtog og lagt navn til to af gymnasiets grene - den samfunds-sproglige og den samfunds-matematiske. Vi har fået musik-sproglige og musik-matematikere samt bio-mat'er. Geografi er ikke længere et fag, der kun dyrker sten og skærver og vind og vejr - nu gælder det også samspillet mellem natur og samfundsudvikling.

Alt dette har været med til at gøre gymnasiet til det tilløbsstykke, det er idag. I sandhedens interesse er det nok ydre krav som følge af det omgivende samfunds udvikling, der har hovedæren både for successen og for den faglige udvikling. Bl.a. derfor har udviklingen også været mindre grundlæggende i naturvidenskabsundervisningen, og især i matematik, fysik og kemi. Selvom der også her er sket en faglig modernisering, senest i begyndelsen af 60'erne, er disse fags funktion og hovedindhold den samme som blev grundlagt i forrige århundrede.

Fagene matematik, fysik og kemi har deres egen faglige og pædagogiske tradition. Der lægges vægt på en omfattende faglig vidensformidling og en pædagogik hvis hovedhjørnesten er indlæringskontrol. Anvendelses- og aktualiseringsforsøg kommer i anden række.

Denne ubekymrede faglige tradition hænger utvivlsomt sammen med naturvidenskabernes samfundsmæssige prestige og indiskutable nødvendighed for udviklingen af den industrielle teknologi. Det er en anvendelsesmulighed der både sætter milepæle i verdenshistorien og gang på gang giver sig nye umiddelbart følelige udslag i vores dagligdag - i form af varer, kommunikations-teknologi, osv.

Dertil kommer, at naturvidenskabsfagene har fået en central placering når det gælder udvælgelsen af egnede og ikke-egne til gennemførelsen af den højeste skoleuddannelse.

På den ene side er en del af gymnasieskolen indrettet på at sikre en elementær og almen indlæring i en række af naturvidenskabernes basisdiscipliner som grundlag for videre teknisk og naturvidenskabelig uddannelse.

På den anden side er det teoretiske indhold af denne type i de fleste andre uddannelser af ren rutinemæssig færdighedskaraktér, eller også mangler det helt. For en række kortere mellemuddannelser gælder det, at der er tale om at lære teknikker og elementærviden så man kan bruge dem - men ikke nødvendigvis forstå dem. Og på EFG-området og andre områder satses der på at lære eleverne nogle af de tekniske konsekvenser af den matematisk-naturfaglige viden i form af arbejdsprocesser, teknikker og jobspecifikke leveregler.

Uddannelsessystemet afspejler altså den samfundssituation som vi også kender fra andre sammenhænge: at nogle, forholdsvis få behersker den naturvidenskabelige viden, og de fleste accepterer så at sige at få tildelt arbejdsbetingelser og for den sags skyld også de betingelser der gælder for tilværelsen som sådan fra den teknologiske kultur.

Kun undtagelsesvis kommer den skepsis, som vi tror mange mennesker dybest set nærer overfor vores teknologi, til udtryk. Vi har set det i a-kraft-debatten og undertiden i arbejdernes holdning til ny teknologi på deres arbejdsplads. Det er en skepsis der som nævnt kan bygge på manglende viden men som stiller det helt centrale problem:

Vi kan godt indse nødvendigheden af ny teknisk udvikling, men er det i det tilfælde lige præcis til gavn for os, eller er det en vildvækst?

Men så må vi jo også med det samme stille modspørgsmålet: har de der forstår og behersker naturvidenskaben nu også forstået den godt nok? og har de forstået hvad det er de behersker? Hver gang "folk" stiller et spørgsmål får de snarere en affærdigelse end et svar. Udover den ulighed og hierakisering som følger heraf, antyder det hele jo at også "de få" har nogle mangler.

Og her er vi så fremme ved den fagvidenskabelige tradition som knytter sig til naturvidenskab og teknologisk forskning - og som har sin forskole i gymnasieundervisning. For gymnasieundervisningens karakter afspejler sig jo i en faglig selvforståelse og opfattelse af videnskaben.

Og denne videnskabsopfattelse lyder til dags dato på at videnskab må være stærkt arbejdsdelt og hierakiseret, at man kommer frem til viden gennem en opsamling af data og læresætninger (akkumulationsproces), at disse videnskaber for den enkelte er abstrakt tankearbejde som vanskeligt eller slet ikke lader sig forbinde med hverdagslivet og den umiddelbare iagttagelse og interesse for omverdenen.

Det kan der være meget rigtigt i. Men det er grundlæggende utilstrækkeligt. Og det viser sig utilstrækkeligt når vi ser, hvordan denne fagopfattelse udmøntes praktisk i undervisningen.

Efter vores opfattelse befinder gymnasieundervisningen sig på mange måder i en kritisk situation som i det store og hele følger det samme skema:

Der er et misforhold mellem det fagindhold som søges formidlet og den baggrund som de stadig større elevgrupper har - og måske ikke mindst den fremtid der venter dem.

Dette misforhold fører til mere eller mindre synlige kritiske udviklinger i undervisningen: motivationsproblemer, disciplinproblemer, manglende tilfredshed hos lærerne (utilstrækkelighedsfølelse, skepsis overfor indlæringsresultaterne), osv. Der er mange supplerende forhold blandet ind i dette. F.eks. forekommer det noget naturstridigt at insistere på, at man skal engagere sig i arbejdet med 5-7 forskel-

lige emner i hurtig rækkefølge hver dag, og at fastholde faggrænser der strider åbenbart mod virkeligheden og den faglige udvikling indenfor hvert af fagene. Mens disse pædagogiske og strukturelle misforhold forstærker undervisningskrisens udvikling er der andre forhold der dæmper dens tilsynekomst. Det er f.eks. eksaminer og karaktergivning, forstærket gennem adgangsbegrænsning til videregående uddannelser.

I de naturvidenskabelige fag synes denne krise ikke at spille den store rolle. Dette hænger efter vores opfattelse sammen med den aura af samfundsmæssig nødvendighed der svæver over disse fag. Deres situation er tilsyneladende uproblematisk. Deres berettigelse giver sig af sig selv, og hvad der måtte mangle af naturlige argumenter sørger et veludviklet prøve- og opgavesystem håndfast for at skaffe til veje.

Konsekvensen er - groft taget - at eleverne deles op i nogle der kan tænke på denne måde og som er villige til at give afkald på at kunne se den subjektive relevans af det de laver - hvad enten de nu gør det af "æstetisk lyst" eller fordi de brændende ønsker sig noget som kræver 9,5 i matematisk studentereksamen.

De andre er eleverne som opgiver at finde ud af disse fag og som udvikler en undertiden meget stærk aversion mod matematisk tænkning, naturvidenskabelig viden og teknologi. For ikke så få ledsages sådanne aversioner med en dyb mistillid til egne evner - en følelse som omverdenen alt for ofte bestyrker dem i. En stor del af dem er blevet sproglige for at undgå de "hårde" naturvidenskaber mest muligt. En anden del slæber sig modvilligt med og ender måske også med at gennemføre en uddannelse der bygger på de matematiske eller biologiske basisdiscipliner. F.eks. indenfor sundhedsuddannelserne.

Vi skal ikke sætte procenter på, og selvfølgelig er der ikke tale om en så klar opdeling af elevernes forhold til naturfagene. Derimod tør vi godt fastslå at det er momenter som æstetisk begejstring, instrumentel indlæringsinteresse der bærer den teknologisk-naturvidenskabelige elite, mens den "tabende" del af eleverne præges af blokering og manglende selvtillid.

Og vi tør også fastslå at den naturvidenskabelige tænkning er fjernere fra sin berettigede plads som en del af almindannelsen end nogen sinde.

Men hvorfor er det overhovedet nødvendigt med et naturfagligt element i almindannelsen? Lever man da ikke lige så godt uden? Er sprog, musik og historie ikke lige så nødvendige og "enestående" fagområder?

Jø! Men de enkelte fagområder er nødvendige på forskellig måde. Og måden de er nødvendige på ændrer sig hele tiden. Den er historisk kan man sige.

Forestillingen om naturfaglig indsigt som led i almindannelsen er ikke ny. Når H.C. Ørsted i midten af sidste århundrede både var blandt initiativtagerne til oprettelsen af Polyteknisk Lærestanstalt og stærkt engageret i etableringen af "Selskabet for Naturlærens udbredelse" lå der en sådan forestilling bag. Man kan derfor sige at vi sådan set ikke betræder nye veje med denne kronik. Og dog: Ørsteds ambitioner om at udbrede indsigten i naturens og kulturens ideelle enhed (Aanden i Naturen) kan idag næppe godtages som meningen med naturfaglig undervisning med henblik på almindannelsen. Ørsteds initiativer kan historisk anskues som et vellykket forsøg på at redde "det gamle" - dvs. den københavnske embedsmands- og borgerkultur - ind i "det nye" - industrisamfundet.

En senere tid så mere prosaisk på tingene. Indførelsen af naturfagene - eller "realfagene", som de kaldtes - i den højere skole i 1873 skete af grunde helt på linje med de der førte til indførelsen af de moderne fremmedsprog ved den store gymnasiereform i 1903. Den kapitalistiske udvikling gik hånd i hånd med både industrialisering og internationalisering. Og industrialiseringen krævede "realfag" som internationaliseringen krævede fremmedsprogkundskab. Men fremmedsprogene skulle ikke blot give sprogkundskaber. Udover det færdighedstilægnende fik sprogundervisningen også tillagt det almindennende formål at give indsigt i fremmede litteraturer og kultur- og samfundsforhold. Herigennem kunne egne forhold på området sættes i relief.

Men hvordan ligger det med det almindelige indhold i industrialismens naturfagsundervisning? Ifølge gymnasiebekendtgørelsen har naturfagene både studieforberevende og almindelige formål. Svarer det til realiteterne?

Nu om dage vil de fleste gymnasiaster nok ikke kunne begrunde hvori det almindelige skulle bestå. I alle tilfælde ikke når det drejer sig om fagene matematik og fysik. De vil næppe kunne indse andet end rent instrumentelle begrundelser for at tilegne sig disse fag.

Det er faktisk et påtrængende problem for en gymnasieskole der passerer af 40% af de 16-19 årige at give eleverne større indsigt i menneskelige livsmuligheder. Dette problem kan ikke anskues uden også at inddrage naturfagene, fra de "hårde" matematisk-fysiske fag til de "bløde" bio-geofag. Så at sige hver TV-Avis stiller os overfor samfundsspørgsmål der er blandet op med naturvidenskab og teknologi: edb, energi, forurening, gensplejsning, satellitter og rumfart, kemisk landbrug, fiskekvoter - for slet ikke at tale om atomkapløb, våbenkontrol osv. Ting vi bør tage stilling til, men på hvilken baggrund?

Den opgave gymnasiet står overfor er dels af faglig natur, nemlig et spørgsmål om at skabe perspektiv. De faglige elementer: matematisk forståelse, viden om naturlove, kendskab til naturvidenskabelige modeller og hypoteser, beskrivelse af levende og død natur; det er altså det faglige grundlag, som gymnasiet i alt fald må kunne tilbyde i sin undervisning, mere eller mindre vidtgående, mere eller mindre abstrakt.

Men det faglige grundlag er ikke nok. For at kunne bringes i relation til aktuelle samfundsproblemer må det sættes i perspektiv og ses i funktion. På den måde får eleven en chance for at udvikle en form for faglig-kritisk dømmekraft som næsten er nødvendig for at kunne begå sig i et moderne samfund. Det der her er tale om er at bringe noget af naturfagsundervisningen sammen med undervisning i historie og samfundsfag. Vel at mærke i en form hvor helt konkrete, ofte kvantitative, naturfagselementer indgår i en historisk og/eller samfundsmæssig ramme.

Der er masser af eksempler, og vi kan nævne et par stykker:

Ønsker man, at illustrere den grundlæggende, uautoritært-kritiske, eksperimentelle arbejdsform der er naturvidenskabens kunne man arbejde med det "historiske drama" som Galileis virksomhed og liv udgør.

Ønsker man snarere at illustrere spørgsmålet om ekspert og samfund er der f.eks. nok af stof i det stykke samtids-historie omkring atombomben der har udspillet sig siden 2. verdenskrig og som stadig er påtrængende aktuelt.

For den der vil diskutere spørgsmålet om samfundsrelevante forskning, dramatisk belyst gennem en grotesk karrikatur, kunne Lysenko-affæren i Sovjet være et godt udgangspunkt.

Ønsker man at belyse spørgsmål om miljøhensyn kontra økonomiske hensyn kan man f.eks. undersøge en side af det moderne kemiske landbrug med alt hvad dette indebærer af problemer vedrørende kunstgødning, hormoner og pesticider.

Eller man kan gå ind i en analyse af kunstig vanding fra danske vandløb i relation til naturmiljø-interesser.

Eller man kan kaste sig over rumforskningen og satellitproblemer, f.eks. i sammenhæng med kulturelle spørgsmål (Nordsat, 3. verdens uddannelsesproblemer, osv.) eller i forbindelse med økonomiske spørgsmål (vejrforudsigelser i relation til landbrug og fiskeri f.eks.).

Og de der interesserer sig for globale synspunkter kunne underkaste dele af Grænser For Vækst en undersøgelse. Det vil give anledning til at vurdere spørgsmål om naturvidenskabeligt-samfundsmæssige modeller grundlæggende forudsætninger, parametre, pålidelighed, politiske indhold, osv. Eller man kunne kaste sig over dele af WAES-rapporten om verdens energisituation der allerede i dag kan prøves mod den historiske virkelighed.

Vi ved at der er forsøg igang rundt om på gymnasierne med nyt indhold i naturfagsundervisningen. Specielt med emner som miljø og energi, men også andre. Det er velmente men forsigtige forsøg på at imødekomme indre og ydre krav til undervisningen og elevernes kvalifikationer. Og de

foregår med ryggen mod muren i forhold til fagenes selvforståelse, eksamenskrav etc.

Det medfører indtil videre at der ikke sker nogen bearbejdning af rygraden i den naturvidenskabelige fagtradition, den abstrakte/matematiske teoridannelse og den anvendelsesbetingelser. Orientering om naturforhold og teknologiske og miljømæssige problemer er en vigtig udvikling af interessefeltet for naturvidenskabsundervisning, og en kritisk belysning af aktuelle problemer er god nok.

Men skal vi undgå, at de fleste får en vis overfladisk orientering om dette plus en negativ erfaring om den "hårde" matematiserede naturvidenskab, så er der brug for at udvikle nye måder at arbejde med denne på. Tilegne sig i ordenes egentligste forstand, som betyder andet end at lære udenad: Som indebærer en forståelse af udviklingen af, karakteren af og anvendelsesbetingelserne for denne teori. Det indebærer en fordybelse i matematisk og fysisk teoridannelse som nødvendigvis må betales med reduktion i emneomfanget.

Bredde må ofres for dybde.

Situationen idag er at når det kommer til stykket må almenuddannelsesperspektivet vige for specialiseringen af de få - eller måske mere præcist: De fleste får alligevel en negativ naturfaglig almendannelse.

At der er brug for specialister indenfor både sproglige samfundsvidenskabelige og naturvidenskabelige retninger er åbenbart indlysende. Mindre indlysende synes det at være at der også er brug for basal viden og forståelse af naturvidenskabens karakter, og af forholdet mellem naturen, naturvidenskaben og den samfundsmæssige anvendelse af denne videnskab. Ellers kan man ikke kigge hinanden i kortene.

Det er kommet på mode at søge efter huller, niches og lakuner i erhvervsstrukturen. Der tænkes i særlige jobs, kombinationsuddannelser og funktionsspecialiseringer for de unge der under deres videre uddannelse stort set kun kan se frem til arbejdsløsheden.

Men sådanne specialiseringer og kombi-jobs kræver jo netop en almen indsigt og metodetilegnelse der strækker sig

fra naturvidenskaberne over sprog og humaniora til psykologiske og samfundsvidenskabelige områder.

Det er vores påstand at en naturvidenskabsundervisning, der både sigter mod abstrakt og matematisk teoriforståelse og mod forståelse af de historisk-samfundsmæssige sammenhænge udvikler særlige kritiske evner hos eleverne - en særlig dømmekraft som er nødvendig for den der skal begå sig i et moderne samfund. Hvad der sker når man ikke kommer i besiddelse af en sådan dømmekraft synes at blive et af 80ernes store problemer.

Den følgende artikel har været publiceret i "Projektarbejde i Universitetsuddannelserne", arbejdspapirer fra Nordisk Förening för Pedagogisk Forskning's seminar på RUC i december 1983.

4. MIG, NAT-FOLK OG P-PÆDAGOGER

af Jens Højgaard Jensen

Det har voldt mig stort besvær, at komme igang med at skrive nogle stikord ned om mine erfaringer med projektorienteret universitetsundervisning inden for naturvidenskab i forlængelse af seminariet på RUC i november 1983.

Årsagen er ikke mangel på erfaringer. Tværtimod har mit professionelle liv fra 1970 til idag i overvejende grad bestået i uddannelsesplanlægning og -vejledning i sammenhæng med projektorienteret naturvidenskabsundervisning.

Formuleringsvanskelighederne skyldes, tror jeg, at jeg er praktisk/personligt engageret i sagen, samtidig med, at den befinder sig i et sprogligt ingenmandsland.

P-pædagoger har ikke meget at sige specifikt om naturvidenskabsundervisning. Og naturvidenskabsunderviseres pædagogiske tænkning indskrænker sig normalt til metodeovervejelser. Med kombinationen naturvidenskab/pædagogik placerer man sig midt i kløften mellem C.P. Snow's to kulturer. For at holde sig svævende må man derfor puste sig selv lidt op. Det er grunden til den selvcentrerede overskrift.

HVORDAN ER DET ?

Hvad er mine erfaringer med P-pædagogik og naturvidenskab? Det er min erfaring, at P-pædagogikken kommer desmere til kort i naturvidenskabsundervisningen, des mere eksakte og des mere teoretiske naturvidenskabsemnerne er. Det er endvidere min erfaring, at naturvidenskabsundervisningens og P-pædagogikkens vanskeligheder ved at mødes stiger i takt med, hvor udfaldet det P-pædagogiske program er.

Det voldsomste og mest interessante sammenstød opnås, når indlæringskravene er matematik- og fysikprægene, og den pædagogiske form er "tværfagligt, samfundsrelevant, problemorienteret, projektorganiseret gruppearbejde i arbejderklassens interesse".

Som fysiklærer på RUC har jeg sammen med mine kolleger arbejdet i dette brændpunkt de sidste 12 år med mange gode resultater til følge, der gør, at jeg er fjernt fra at være

frustreret i mit arbejde. Men jeg deler Ole Skovsmoses kritik af P-pædagogernes Frankfurterskoleagtige reduktionisme over for matematik og tilsvarende fag.

Jeg synes i det hele taget, at Ole Skovsmoses fremstilling af, hvordan det er med P-pædagoger og matematikpræget undervisning, virker rigtig.

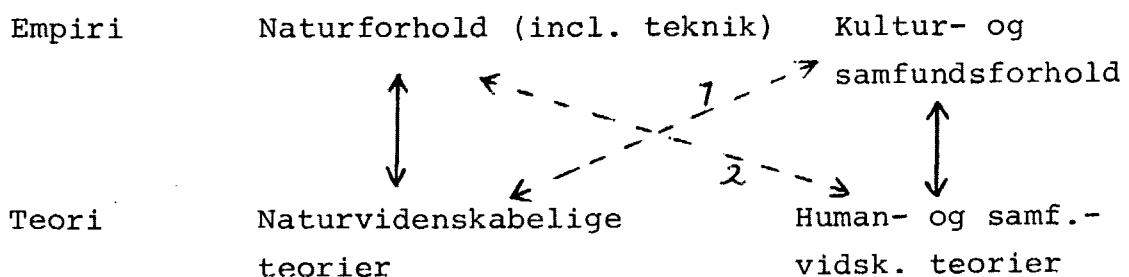
HVORFOR ER DET SÅDAN ?

Hvorfor har matematikprægede fag og udfoldet P-pædagogik aldrig avlet fuldbårne børn sammen?

Der er, tror jeg, i det væsentligste to hovedårsager:

1) De lange kundskabslinier: Det er f.eks. at skyde spurve med kanoner, at lære sig termodynamik for selv at kunne udlede nyttevirkningsformler (i stedet for at slå dem op) i forbindelse med et projekt om køleskabes energiøkonomi, hvis sigtet med projektet er at lære noget om samfundet gennem dets energipolitik og ikke netop om termodynamik gennem køleskabe. (jvf. fremmedsprogsundervisningens tilsvarende problem i forhold til P-pædagogikken). En "disciplinorienteret, projektor organiseret, deltagerstyret" termodynamikundervisning lader sig gøre med stort udbytte. (Jeg har f.eks. positive erfaringer med en sådan tilsvarende undervisning i hydrodynamik ved Københavns universitet). Mens et "tværfagligt problemorienteret, samfundsrelevant projektarbejde i arbejderklassens interesse" om energipolitik som regel hverken fører til indsigt i termodynamikkens indhold eller dens samfundfunktion.

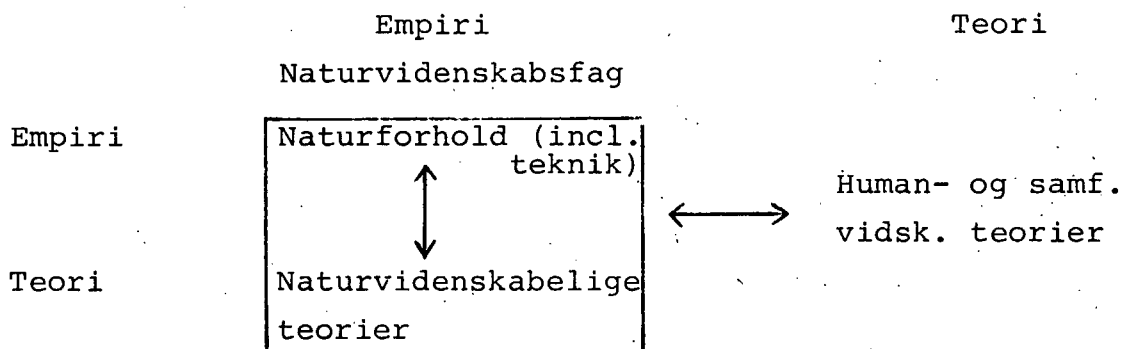
2) Andenordens teori/empiri kravet: Kultur- og samfundsforhold udgør empiri for human- og samfundsvidenskabelige teorier (empiri om naturforhold (incl. teknik) kan også inddrages). Naturforhold (incl. teknik) udgør empiri for naturvidenskabelige teorier (kultur- og samfundsforhold kan også inddrages). Altså:



Det er egentlig ligetil, at erfaringspædagogik i forbindelse med naturvidenskabsfagene må blive "naturorienteret" nærmere end "samfundsorienteret".

Naturvidenskabsfagenes isolation fra politik og samfund kan så forsøges brudt ved dyrkning af vekselspillet svarende til pil 1 (højreteknokratstrategien, f.eks. brug af entropibetragtninger på samfundsforhold) eller vekselspillet svarende til pil 2 (venstrebureaukratstrategien, f.eks. inddragelse af energibogholderi i samfundsteoretiske studier).

Men et egentligt brud med isolationen opnås først når naturvidenskaberne betragtes som et empirisk kultur- og samfundsforhold, der kræver human- og samfundsteoretisk bearbejdning. Har Angola brug for termodynamik? Altså:



Spørgsmålet "Har Angola brug for termodynamik?" kan godt bearbejdes i en tværfaglig, problemorienteret, projektorganiseret, samfundsrelevant undervisning på en dybtgående måde, der både indebærer indsigt i termodynamikkens indhold (lang kundskabslinie), dens samfundsfunktion og Angola. Men projektet kan dårligt gennemføres deltagerstyret på grund af problemets meget forforståede karakter.

HVORFOR ER DET ET PROBLEM

Hvis P-pædagogikken skal fungere i forhold til naturvidenskabsfagene, er det altså opsummerende problemet med de lange kundskabslinier og problemet med andenordens teori/empiri kravet, der skal tages fat om. Men skal P-pædagogikken eller den kritiske pædagogik fungere i forhold til naturvidenskabsfagene? Eller står den med sit udgangspunkt i den humanistisk-samfundsvidenskabelige kultur i et uover-

vindeligt og nødvendigt modsætningsforhold til naturvidenskabsfagene på den anden side kulturkløften? (Naturvidenskab \leftrightarrow Kapitalisme; P-pædagogik \leftrightarrow Kapitalismekritik?).

Jeg mener som Ole Skovsmose, at den kritiske pædagogik først bliver rigtig kritisk, når den tager fat om også naturvidenskabsfagene. Og at f.eks. fraser om kapitalistisk naturvidenskab eller reaktionære naturvidenskabsundervisere er undskyldninger, der skal dække over ubehaget ved at være offer for kulturkløften (der gøres en dyd af nødvendigheden). I værste fald bruges en P-pædagogisk selvgodhed som kampmiddel mod naturvidenskabskolleger på f.eks. lærerværelserne rundt omkring.

Fra den kritiske pædagogiks side, er der tale om en omfattende undervurdering af omfanget af først og fremmest matematik- og fysikundervisningens betydning for de samfundsmæssige understrømme, når den overlader disse fag til matematikere og fysikere. For at antyde, hvad det er jeg mener, er jeg nødt til at levere en lynhurtig amatør-samfundsbeskrivelse til hjemmebrug:

Kampen gælder	Materielle goder	Kulturelle råderum
Kampen er	Økonomisk	Organisatorisk
Udbytterne er	Kapitalister	Forvaltere
Udbytterne akkumulerer	Kapital	Information
Udbytternes magtbasis er	Ejendomsret til produktionsmidlerne	Fortrinsret til overblik
De udbyttede er	Arbejdere	Funktionærer
De udbyttede aftvinges	Merværdi	Merinformation

Skemaet skal ved anden søjle antyde, hvordan jeg (som en del andre) for at forstå samfundsudviklingen, i stigende grad finder at politisk/sociologisk/organisatoriske modsætninger må anses for lige så grundlæggende som de økonomiske modsætninger.

En inspirationskilde har f.eks. været Bahro's systemkritik af den reelt eksisterende socialisme i D.D.R. i bogen "Alternativet", hvorfra nedenstående skema er hentet:

Det totale samfundsmæssige arbejdes funktionsniveauer	I stofskiftet med naturen (reproduktionsprocessens tekniske side)	I organiseringen af den menneskelige kooperation (reproduktionsprocessens sociale side)
5. Analyse og syntese af den naturlige og samfundsmæssige helhed	Valg af udviklingsmål og -veje, udløsning af tilsvarende aktiviteter på grundlag af værdidomme over de menneskelige behov i det givne samfundsmæssige ensemble	
4. Skabende videnskabeligt specialistarbejde	Udforskning af naturprocesser for at udvikle det tekniske herredomme over naturen	Udforskning af sociale processer for at skitsere strukturændringer i styringen og reguleringen af den samfundsmæssige kooperation
3. Reproduktivt videnskabeligt specialistarbejde	Styring og regulering af teknologisk bestskede naturkræfter og -processer	Styring og regulering af den samfundsmæssige kooperation; opdragelse og uddannelse af menneskelige anlæg
2. Komplikeret empirisk specialistarbejde	Omformning af naturstoffer; overvågning af naturprocesser med indsigt i lovmæssigheden og/eller (med-) ansvarlig styring for de respektive særlige arbejdsprocesser	Omformning og formidling af informationer
1. Enkelt skematisk del- og hjælpearbejde	Indgriben i den fysiske (psykofysiske) energi hos mennesket som adresseret naturkræfter i produktion, transport og materielle tjenesteydelser	i forvaltning, beregnings-, databehandlings-, forbindelsesvæsen

A Arbejdsfunktionernes hierarki

B og tilsvarende bevidsthedsstrukturer

1. Isoleret empirisk viden til de elementære arbejdsprocesser, som er sunket ned til isolerede hjælpefunktioner i de mest forskelligartede sfærer af den almene reproduktionsproces, de processer af hvilke engang den integrerede livsvirksomhed i de enkle samfund blev opbygget (og som uddifferentieret indeholdt alle højere funktioner i sig).
2. Systematisk, fagspecifik generaliseret empirisk viden i produktion og forvaltning.
3. Anvendte enkeltvidenskaber i teknologi, økonomi, medicin, pædagogik, styring og ledelse osv.
4. Enkeltvidenskaber om natur og samfund som aktive strukturer i abstrakt, systematiseret lovmæssig viden.
5. En motivation, der er oparbejdet til hele og sluttede ideologier og mentaliteter. I form af filosofi, kunst, politisk strategi.

Bahro anser arbejdsdelingen for grundlæggende for den reelt eksisterende socialisme (svarende til den anden søjle i forrige skema). Og skemaet viser, hvordan han anskuer arbejdsdelingen.

I skemaet figurerer der udover delingen mellem håndens og åndens arbejde (det lodrette hierarki) også delingen mellem de "to kulturer", som jeg for egen regning har udstyret med betegnelserne teknokrati og bureaukrati.

Kritiske pædagoger er jo godt klar over, at det er uddannelsessystemet, der sikrer den samfundsmæssige reproduktion af arbejdsdelingen i Bahro-skemaets lodrette retning. Men de gør sig efter min erfaring ikke betydningen af den vandrette arbejdsdeling klar. Måske fordi det vil være så forpligtende, da de godt ved, at det her er de utilnærmelige fag matematik og fysik, der er omdrejningspunkt.

HVAD BØR GØRES ?

Jeg mener altså, at kritiske NAT-folk og kritiske P-pædagoger, når de placerer sig på hver sin side af kulturkløften, er ofre for en modsætning i samfundet i stedet for at udnytte modsætningen til progressiv forandring.

Et eksempel, der illustrerer den fælles armod, er den igangværende beslutningsproces på alle niveauer om EDB's indplacering i uddannelsessystemet. Situationen er præget af vild forvirring. Der skelnes ofte ikke mellem undervisning i EDB, om EDB og med EDB, selvom det jo næsten ikke har noget med hinanden at gøre. Og som regel blandes begreber som EDB og EDB-undervisning (jvf. motorer og motorlære), ny teknologi (jvf. maskiner), informatik (jvf. termodynamik) og informationssamfund (jvf. industrisamfund) sammen i en stor grød. Også blandt os "kritiske og progressive".

Hvis vi var virkelig kritiske, var der noget at rive i her, hvis der kunne slås en bro over kløften. Helt over til matematik. For som motorlære ikke blev en hovedsag som følge af den industrielle revolution (selvom der skulle uddannes både mekanikere og maskiningeniører, samt bestås køreprøver), hvorimod fysik og nutidige fremmedsprog blev det, således er der grunde til at gætte på, at EDB ikke bliver en hovedsag i informationssamfundet (selvom der skal uddannes både programmører og dataloger samt bestås køreprøver til datamater), hvorimod matematik og samfundsfag bliver det.

For at P-pædagogikken kan gå ind i en sådan sammenhæng må dens almene pædagogisk-psykologiske overvejelser over socialiseringsprocesser differentieres. F.eks. er den nødt til at forstå, at fag er mange ting. Fysik og pædagogik er ikke fag på samme måde. Fysik og kemi er det heller ikke.

Og skal problemerne for især matematik og matematikprægede undervisningsemner med de lange kundskabslinier og andenordens teori/empiri kravet klares, så fordrer det en strategi, hvor fagene i tværfagligt samarbejde ved udnyttelse af deres indbyrdes forskelligheder sætter scenen for hinanden for at forfølge langsigtede fælles mål. Først da kan tværfaglig, problemorienteret, projektor organiseret, samfundsrelevant, deltagerstyret gruppearbejde i de udbyttedes interesse fungere som undervisningsform uden til en vis grad at besvæge virkeligheden.

Jens Højgaard Jensen.

Den følgende artikel har været publiceret i Unge Pædagoger nr.4, maj 1984, som er et temanummer om "Matematik - en udfordring til kritisk pædagogik?".

5. KRITISK MATEMATIKUNDERVISNING

- nødvendig men vanskelig

af Mogens Niss

Matematikken har aldrig for alvor været et anliggende for kritisk pædagogik. Højest når denne har skullet udpege prototypen på et nederdrægtigt og ubarmhjertigt skolefag: Et fag der bag en maske af isafkølet objektivitet sorterer og disciplinerer almindelige menneskers sagesløse børn.

INDLEDNING

Denne artikel handler om matematik. Men stort set alt hvad der siges i den kan gøres uændret gældende over for andre eksakte naturvidenskabelige fag, først og fremmest fysik.

Matematikken har aldrig for alvor været et anliggende for kritisk pædagogik. Højest når denne har skullet udpege prototypen på et nederdrægtigt og ubarmhjertige skolefag: Et fag der bag en maske af isafkølet objektivitet sorterer og disciplinerer almindelige menneskers sagesløse børn. Eleverne deles i det store flertal som aldrig får hold på faget, men rammes af større eller mindre nederlag i fuldt projektørlys, og det lille mindretal som slipper igennem nåleøjet for siden at udgøre samfundets "teknoter", som en af mine venner kalder dem, udstyret med en kulturel og samfundsmæssig bevidsthed af dr.Strangelove'sk tilsnit.

Når kritisk pædagogik ikke har kunnet se noget progressivt formål med matematik som fag i skolen, så snart det rækker ud over elementær regning, har den selvfølgelig heller ikke kunnet frembringe en didaktisk eller pædagogisk strategi for faget - med mindre ideer om reduktion/indkapsling eller bortintegrering i visse former for emnearbejde kan kaldes en strategi. I kritisk pædagogiske kredse blev, indtil for nylig, denne mangel skrevet helt på matematikundervisningens konto, hvor den da også delvis hører hjemme. Men efterhånden er det blevet klart for flere og flere, at manglen i ikke mindre grad er et problem for kritisk pædagogik. Først blev der råbt gevalt af matematik- og fysikfolk - senest af Ole Skovsmose andetsteds i dette hæfte - der ar-

bejder teoretisk eller praktisk med fagenes undervisnings-
spørgsmål ud fra kritiske positioner. Siden er også kritiske
pædagoger uden for disse fag blevet opmærksomme på problemet.

Der er ingen grund til at give endnu en fremstilling af
det berettigede i denne erkendelse. Det gør Ole Skovsmoses
artikel så udmærket. Der er mere behov for at fortsætte hvor
denne erkendelse slipper.

BEGRUNDELSE AF MATEMATIKUNDERVISNINGEN

Bortset fra modersmålsundervisningen har vel intet fag-
område automatisk indfødsret i skolen. Dets tilstedeværelse
må begrundes. Blandt den mængde af fagområder (forstået helt
bredt) man kunne opregne, er der kun et fåtal som kan finde
plads i skolen. Matematik er ét af dem der har fundet plads.
Det er et obligatorisk fag for alle elever i folkeskolen og
på alle gymnasiets grene og på HF. Hvordan kan det begrundes
- hvis man (som jeg) med 'matematik' mener et fag der går
videre end sædvanlig regning (behandling af kvantitative
størrelser med de fire regningsarter, og med procentregning)?
(Begrundelsessituationen for regning er meget simplere end
for matematik).

Godt nok er den andel unge i en årgang der i deres vi-
dere uddannelse eller i deres fremtidige erhverv kommer til
at omgås matematikholdigt materiale, stigende, men den er
stadig ikke stor. Det samme er tilfældet med den andel der
kommer til at udnytte matematik som redskab i deres private
hverdag. Faktisk har matematik ikke særlig meget at byde på
i den sidstnævnte henseende, bortset fra i sammenhæng med
økonomi og med visse hobbybetonede aktiviteter. Endelig ud-
gør også de elever der får et kreativt, æstetisk udbytte af
beskæftigelsen med matematik en temmelig lille gruppe, uan-
set især folkeskolens bestræbelser på at fremme et sådant
udbytte.

Taget under ét er der ingen tvivl om at den elevgruppe
der på en eller anden måde får brug for matematik som red-
skab for deres aktuelle eller fremtidige gøremål, er i
vækst - procentuelt set. Men den vil i mange år endnu for-
blive et mindretal. Lægges denne gruppes behov til hele
gruppens behov for regnekundskaber og for en vis almindelig

orientering til husbehov (kendskab til figur-, graf- og tabelfortolkning, og til navne og egenskaber ved de simpleste geometriske figurer og legemer) er der opsamlet begrundelser for et pænt, men mindre matematikfag for alle elever i skoleforløbet. En matematikundervisning på dette grundlag vil ganske vist ikke levere en tilstrækkelig forberedelse til den videre uddannelse og beskæftigelse for eleverne af den først omtalte slags, de der vil få en professionel omgang med matematikholdigt materiale. De måtte så have supplerende matematikundervisning i eller efter skolesystemet, adskilt fra de øvrige elever.

Vil man begrunde en substantiel og omfattende matematikundervisning *for alle elever* i folkeskolen og i de gymnasiale skoler - og det vil jeg - må man hente begrundelserne et andet sted end blandt de ovennævnte. En sådan matematikundervisning må begrundes i matematikkens rolle i verden. Ud over i sig selv at være passende vigtig, må denne rolle rumme træk der fortjener at blive forstået og bedømt ikke bare af en snævrere gruppe af professionelle, men også af befolkningen i almindelighed. Nedenfor vil jeg antyde nogle argumenter for at begge dele er tilfældet.

MATEMATIKKENS ROLLE I VERDEN

At matematikken har en rolle i verden er en selvfølge. Det har frimarkesamleri, koptisk filologi og vægtløftning også. Men er denne rolle væsentlig for menneskers liv? Svaret er nemt at give, sværere at dokumentere til bunds, ikke mindst i korthed. Matematikkens rolle i vores verden er ikke alene væsentlig, den er også vitalt forbundet med *formningen af samfundet*. I første omgang indgår matematikken i forudsætningerne for

- (1) Samfundets teknologi, produktion og styring, og
- (2) Vores billede(r) af verdens indretning.

At megen af den vigtigste teknologi - og dermed centrale dele af den materielle produktion - er baseret på en sammensat undergrund af ingeniørvidenskab og -kunst og fysik, der trækker hårdt på, ja oftest ikke kan tænkes uden matematik, er vist ikke særlig anfægtet. Mindre kendt er det nok at

matematik i stigende omfang har vundet indpas i produktionsplanlægning og produktionsstyring, så at sige uden om teknologien. Det sker f.eks. gennem optimering af ressourceanvendelse og ressourceallokering, lagerstyring, virksomhedslokalisering m.m. Også i et serviceerhverv som forsikring og pension har matematikken - forresten fra gammel tid - sin afgørende betydning.

Matematik som planlægnings-, beslutnings- og styringsredskab bliver også stedse mere benyttet i den politiske og økonomiske administration af nøglesektorer i samfundet. Et andet stærkt ekspanderende felt er reguleringen af samspillet mellem samfundet og naturen. Det handler om efterforskning og udnyttelse af råstofressourcer (f.eks. olie og fisk), om energiforsyning, om afdækning og bekæmpelse af forurenings- og andre miljøproblemer, og om forudsigelser af vejr- og klimaudviklinger, alle områder hvor matematiske betragtningsmåder spiller en direkte eller indirekte, men altid central rolle.

De verdensbilleder der findes i vores kultur, kommer fra flere kilder. Gælder det naturens nærmeste indretning, er naturvidenskaberne hovedleverandør af billederne, på godt og ondt. En af de stærkeste tendenser i naturvidenskabernes udvikling i dette århundrede har været, og er, indlemmelsen af flere og flere områder under matematiske betragtningsmåder. Denne tendens er føjet over hegnet til samfunds- og humanvidenskaberne, tidligst til økonomi, siden til f.eks. sociologi, politologi, sprogvidenskab, psykologi og arkæologi.

Det kan være vanskeligt at se nøjagtigt hvor og hvordan matematik indgår i de ting der her er nævnt. Dens involvering er vidtforgrenet, og fortøner sig ikke sjældent til de dybere lag af forudsætningskæden, hvortil ikke meget lys fra den sociale og kulturelle hverdag trænger ned. Når endelig matematikkens rolle kan ses i fuldt dagslys, er der gerne tale om en utypisk variant af den. Alligevel er det nok alt i alt en udbredt opfattelse at matematik *har* en betragtelig betydning for sider af samfundets liv. Lad så være at denne opfattelse ikke altid bunder i nogen særlig kontant indsigt i hvordan det forholder sig med denne betydning. Men er matematikken *samfundsformende* fordi den er vigtig?

Vel ikke nødvendigvis. Lægevidenskaben er også vigtig, men ikke af den grund bestemmende for de mere basale træk ved samfundets funktionsmåde. Når matematikken er samfundsformende skyldes det *måden* den er vigtig på. Først og fremmest er de omtalte forhold som matematikken spiller en rolle for, *grundforhold* i et stærkt styret samfund, hvilende på videnskabeliggjort produktion i bredeste forstand, og på et videnskabsfrembragt verdensbillede. En del af disse grundforhold ville simpelthen ikke eksistere i deres nuværende skikkelse uden matematik. Dermed er ikke sagt, at matematikken er alene om at skabe dem, det ville være blankt sludder.

Det samfundsformende i matematikens rolle kommer imidlertid ikke bare af matematikkens betydning *for* selve disse grundforhold, men også af nogle konsekvenser *af* dem. For i og med at matematikken er et nøglefag, som det samtidig (beklageligvis) er koncentrations- og tidskrævende at tilegne sig, bliver den en hovedfaktor bag *arbejdsdelingen* i samfundet, og bag skævfordelingen på befolkningsgrupperne af indsigt og indflydelse på grundforholdene, og dermed almindelige mennerskers liv. Som arbejdsdelingen udvikler sig i disse årtier trækker den en *kvalifikationspolarisering* med sig, der skiller befolkningen i en lille skare stadigt højere uddannede *eksperter*, centralt placerede i støbningen og affyringen af samfundets kugler, og "resten". Trukket skarpt op kommer *resten* til at bestå af en stor, men tendentielt aftagende, gruppe af ufaglærte eller tillærte, der udøver de banale funktioner i produktionen; endvidere en gruppe beskæftiget med service- eller kulturarbejde uden navlestrengs-kontakt til aktiviteterne på kommandobroen, samt restens rest, de arbejdsløse.

Dette rids skal antyde at matematikken bidrager til formningen af både grundforhold i samfundet og væsentlige sociale relationer i det; matematikken er altså samfundsformende.

MATEMATIKUNDERVISNINGENS BEGRUNDELSE

Hvis demokratiet skal virkeliggøres, er det nødvendigt at almindelige mennesker bliver i stand til at forholde sig til og blande sig i formningen af samfundet. Dertil hører at

komme til klarhed over dels de virksomme mekanismer bag formningsprocessen, dels konsekvenserne af den. Al den stund matematikken er central for denne proces, må klarheden dække dens rolle. Her må skolen trække det tunge læs. Matematikundervisningen må sætte alle elever i skolesystemet i stand til at forstå, tage stilling til og handle overfor matematikkens rolle i verden (naturen og samfundet). Denne rolle hviler på to forudsætninger: (a) træk ved verden, og (b) træk ved matematikken, dens egenskaber og karakter, samt på samspillet mellem dem. Undervisningen må derfor bibringe eleverne indsigt - en indsigt der nødvendigvis må være eksemplarisk - i alle tre ting. Og den opgave kan ikke løftes af et pænt, mindre matematikfag. Der skal en del mere til. Der skal f.eks. det til, at

- *eleverne selvstændigt kan aktivere og anvende matematiske betragtningsmåder over for problemer i virkeligheden (at de kan opstille, behandle, bedømme matematiske modeller)*
- *eleverne kan gennemskue og bedømme andres anvendelser af matematik på udenoms-matematiske problemer*
- *eleverne har fornemmelser for og erfaringer med rækkevidden og begrænsningen i anvendelsen af matematik på virkelige forhold, og på andre faglige områder*
- *eleverne med tryghed, overblik og kreativitet selv kan agere inden for et matematisk "teori"univers*
- *eleverne kan kommunikere med andre om anliggender med et matematisk indhold*
- *eleverne forstår noget om matematikkens natur*
- *eleverne ved noget om matematikkens og matematikudøvelsens forbindelseslinjer til samfundet*
- *eleverne har indblik i træk af matematikkens historiske udvikling*

Hverken folkeskolens eller de gymnasiale uddannelsers matematikundervisning lever op til disse krav. Fronten af folkeskolens matematikundervisning har, oven på 60'ernes "nye matematik", igennem den sidste halve snes år undergået en nyorientering, ja næsten et hamskifte. Nyorienteringen kan

karaktiseres som en *humanisering*, der sigter mod at gøre matematik til et venligt, tolerant, åbent, kreativt fag. Elevernes udfoldelse, hvortil mange veje skal stå åbne, er kommet i centrum. Matematikundervisningen har villet krænge sin gamle, autoritære ham af, og gå eleverne i møde hvor de står. Den har både villet vise at matematik, eller i det mindste regning, kan bruges til noget, og at undervisningen kan skabe værdifulde levetimer. Disse bestræbelser, og mange af de resultater der er flydt af dem, kan vanskeligt overvurderes. Og der er grund til at fortsætte længere ad den vej. Det er uomgængeligt hvis matematikundervisningen skal få mening for de mange. Men foretagendet har haft nogle omkostninger. De "hårde" sider af faget, hvis kerne er det stringente (ikke nødvendigvis formalistiske) matematiske ræsonnement, kæderne af "hvis-så"-udsagn, er ofte blevet nedprioriteret i kampens hede. Men hvis de udelades af matematikundervisningen, mister eleverne mulighederne for at komme ind på livet af nogle af de afgørende forudsætninger for matematikkens rolle i verden.

I de gymnasiale uddannelser er situationen lidt mere blandet. På den sproglige linje og på HF-fællesfag er tilstandene i familie med, om end ikke magen til, dem i folkeskolen. På de matematiske grene, og her navnlig på den matematisk-fysiske gren, har problemet nærmest været det omvendte: en koncentration om det teoretiske univers der kun overlader de øvrige elementer et sparsomt møbleret råderum. Ved fronten blev disse tilstande fra slutningen af 70'erne imødegået af en stærk betoning af matematikkens anvendelse. Undertiden har dette ført ud i at matematikken er blevet forsøgt brugt på hvad som helst, også i sammenhænge hvor der ikke har været baggrund for dette. Imidlertid er der ved at ske nogle ændringer i gymnasiets matematikundervisning, der åbner for en mere kritisk inddragelse af matematikkens anvendelser og matematiske modeller, og for en egentlig beskæftigelse med matematikkens historisk/filosofiske dimensioner.

I begge skoleformer er matematikundervisningen i det store og hele temmelig isoleret inden for sine egne mure - i øvrigt mere i folkeskolen (overbygningen) end i gymnasiet. Hvis matematikundervisningen skal foregå for sig selv, i en-

keltfrosne 45-minutters lektioner, til nød dobbeltlektioner, uden samarbejde med andre fag eller med verden uden for skolen, er der sat nogle forhåndsbegrænsninger på mulighederne for at skabe forløb der kan tilgodese de ovenfor nævnte behov.

Det der her - i ekstrem forkortning - er sagt om de nuværende tilstande i skolens matematikundervisning skal ikke forstille at være en afbalanceret fremstilling og afvejning af forholdene. Ingen af skoleformerne er ydet retfærdighed med disse bemærkninger. Især er spektret for det der foregår, begge steder meget vidt. Når jeg alligevel anfører dem, er det for at understrege at øvelsen ikke går ud på først at bekræfte den eksisterende matematikundervisning, endsige tidligere tiders matematikundervisning, og så forsøge at åbne den kritisk pædagogiske verdens øjne for dens fortræffeligheder. Der er tværtimod brug for en flerdimensional kraftanstrengelse for at åbne nye veje som kan bringe det skitserede program fra utopiens verden ind i realiteternes. Dette er ikke stedet at forsøge sig med forslag til konkrete tiltag i den retning. Kun kan der være grund til at pege på, at programmet ikke for alvor kan føres ud i livet i forhold til hele elevgruppen inden for de nuværende tidsmæssige rammer for matematikundervisningen. Det kan måske lade sig gøre for en trediedel af eleverne, men resten skal simpelthen have mere tid end der er afsat hvis arbejdet skal give udbytte. Ikke at det dermed er udsigtsløst at komme nogen vegne hvis ikke rammerne ændres. Lidt har også ret. Men udfordringen har en sådan størrelse, at hvis den virkelig skal tages op, kræves der stærke midler. For en sikkerheds skyld: en blot og bar øgning af matematikundervisningens format uden tiltag på indholds- og organisationssiden vil kun føre til en marginal imødegåelse af udfordringen. Der skal både substans- og rammeforandringer til. Og så har jeg slet ikke talt om tilstanden i elevernes verden uden for skolen, der er mere afgørende for programmets realisering end noget andet. Men disse tilstande kan vi jo ikke på kortere sigt stille noget op med gennem skolesystemet.

PROBLEMER OG OMKOSTNINGER

I det foregående er der blevet argumenteret for at matematikken har en sådan samfundsformende rolle, at det af alment demokratiske grunde er nødvendigt at alle gennem skolen modtager en matematikundervisning der sætter dem i stand til at forholde sig til og handle over for denne rolle. Der er videre blevet argumenteret for at en *fuld* realisering af et sådant program ikke kan opnås ved hjælp af den eksisterende matematikundervisning, med det indhold og med de tidsmæssige og organisatoriske rammer den har. At eleverne altså skal modtage en anderledes, mere omfattende, og i flere henseender mere krævende undervisning i faget end i dag.

Hvordan skulle det dog kunne gå godt? Når matematikundervisningen i dag ikke lykkes, er hovedårsagen at finde i dybtliggende vanskeligheder, og ikke først og fremmest i lærernes eller rammernes utilstrækkelighed osv. Hovedproblemet er at matematikkens rolle i samfundet stort set *ikke er synlig* for eleverne. Det er ikke særlig mærkeligt, når den er så svær at blotlægge for alle andre, fra kritiske pædagoger til matematikerne selv. Eleverne ser kun matematikkens samfundsmæssige funktion som ydre krav sat forskellige steder i uddannelsessystemet, men de *indser* den ikke. Problemet omfang er imidlertid ikke udtømt med det, for selv om eleverne måske nåede til at indse matematikkens betydning i verden, havde de ikke dermed indset betydningen for dem selv i deres nuværende og fremtidige liv. Der er f.eks. en masse matematik bag udtænkningen, fremstilling og driften af et s-tog. Det kan man ikke se når man kører med det, og det er i øvrigt en indviklet sag at udrede forholdene. Matematikindholdet fortøner sig gennem mange, ofte snørklede led. Det er altså svært at udpege hvor og hvordan matematikken alt i alt har indgået og indgår i s-togsdriften. Langt sværere er det at godtgøre, at det for folk der ikke har nogen del i frembringelsen eller driften af s-tog overhovedet er relevant at vide noget om matematikkens involvering i sagen. Og det *kan* da heller ikke begrundes isoleret. Det samme er tilfældet med langt de fleste andre konkrete eksempler, man kunne trække frem, på matematikindholdet i et givet fænomen: hvorfor skal *netop det* være særlig vigtigt? Hvis fænomenet i

sig selv er betydningsfuldt, er det sjældent matematikindholdet i det der udviset den umiddelbare betydning. Og hvis det ikke er betydningsfuldt, er der næppe grund til at beskæftige sig med det, med mindre man er eller sigter mod at blive professionelt indblandet i omgangen med det.

Det giver unægtelig nogle vanskeligheder, over for eleverne at skulle begrunde et fag som væsentligt, når ingen af dets enkeltdele er uomgængelige, men tværtimod udskiftelige (selv om det ikke er med hvad som helst). At faget ikke skal begrundes gennem sine dele, men gennem sine overordnede egenskaber og funktioner, gennem det overblik og den dømmekraft det kan bidrage til, gør det generelt, abstrakt og dermed fjernt. Når det ovenikøbet er et fordybelseskrævende fag, kan man kun med opbydelsen af kraftanstrengelser og geniale pædagogiske indfald sælge det til almindelige elever.

At matematikkens rolle i samfundet er objektiv væsentlig, men for eleverne usynlig og subjektivt uvæsentlig, er et paradoks. *Relevansparadokset* plejer jeg at kalde det. Paradokset dækker over vanskeligheder af principiel natur, og er dermed ikke knyttet til kun den eksisterende matematikundervisning. Der er derfor lige så meget behov for at overvinde det i det program jeg her slår til lyd for.

Det kan måske være sigende at kaste et blik på datalære/informatikfeltet. Her er der intet relevansparadoks; tværtimod. Politikere, elever, forældre, lærere, medier, fagforeninger, snart sagt hvem som helst, kan se at her kører nogle kraftige tog, som vil bringe samfundet et andet sted hen end hvor det er nu. Eleverne finder datalære både objektivt og subjektivt væsentlig, og vil hellere end gerne lade sig undervise i emnet. Skønt data- og anden mikroelektronisk teknologi så vist har samfundsformende følger, er det ikke givet at hunden ligger begravet hvor man sædvanligvis søger den: i at almindelige menneskers arbejde enten bliver fjernet eller så omdannet gennem datamatisering, at man for at komme til fadet på arbejdsmarkedet må kunne noget af det frække. Selvfølgelig er der også en hel del om det. Men for mig at se skal disse ændringer nærmest anskues som symptomer på mere dybtgående forandringer af grundforhold og sociale relationer i samfundet. Og for at kunne komme ind på livet af baggrunden

for de forandringer, er det ikke tilstrækkeligt at kunne programmere og håndtere en mikrodatamat - om end det er nødvendigt - eller at kunne sammenstykke et mikroelektronisk netværk. Ved roden af disse forandringer ligger - nok engang - matematik, fysik og datalogi, og deres komplicerede vækspil med ingeniørvidenskab og teknik.

Med de betingelser og vanskeligheder der er ridset op i det foregående, må det være rimeligt at standse op og spørge om det ikke alt i alt er et håbløst forehavende at ville udstyre den almindelige befolkning med forudsætninger for at forstå, tage stilling til og handle over for matematikkens rolle i verden, så den f.eks. kan se eksperterne over skuldrene. Selv om argumenterne for forehavendet måske er overbevisende nok, er der ikke givet påvisninger af at det lader sig realisere, eller anvisninger på hvordan. Hvad hvis det kun lykkes over for et mindretal af eleverne, mens resten må henslæbe deres matematiske tilværelse i plagethed og goldhed, uden nogensinde at nå til at kigge eksperterne længere end til sokkeholderne? Kommer vi så ikke fra asken og i ilden? Derfor ville det måske være bedre at begrænse sig til at lære folk det de umiddelbart kan se meningen med, og som de kan få brug for i deres hverdag. I mere specialiserede sammenhænge måtte man så bero på partseksperter, specialister der stiller deres kvalifikationer til rådighed for almindelige mennesker, bl.a. som modeksperter over for "systemets" eksperter.

Men måske kunne det være, at det virkelig kan lykkes at udstyre ikke kun et fåtal, men virkelig hovedparten af eleverne med den udrustning der her er tale om. Det kræver bare -som vi har set - så megen tid og mental beslaglæggelse, at andre lige så vigtige/måske vigtigere uddannelsesbehov bliver ladt i stikken. Gevinsten er simpelthen for dyrt betalt.

De problemer disse betænkkeligheder peger på, er reelle og alvorlige nok. Derfor kan de ikke bortbesværges ved argumenter i en tidsskriftsartikel. Men konsekvenserne af at forehavendet enten opgives på grund af problemerne og omkostningerne ved det, eller simpelthen ikke lykkes, er kritiske

for en demokratisk samfundsudvikling. For i så fald vil den kommende "elite", eksperterne, få deres specifikke skoleforberedelse til videre uddannelse i afsondrethed fra resten af elevgruppen. Det vil på den ene side afskære denne rest fra at få eksemplarisk indsigt i 'arten af eksperternes ekspertise', på den anden side svække mulighederne for gennem et almenrettet skolesystem at modvirke teknokratisering, åndsfor snævring og isolering af eliten. Den polarisering i kvalifikationer, i indsigt, dømmekraft og handlemuligheder, og i indflydelse på samfundets indretning, der er godt på vej til at fremmedgøre og umyndiggøre størstedelen af befolkningen, vil så ikke kunne imødegås. Og med hensyn til satsning på partsekspertise, bidrager det mindre til opløsning af fremmedog umyndiggørelsen over for teknokratiet end adgangen til at hyre en advokat gør det over for juraområdet.

Alt hvad jeg har talt om i det foregående har drejet sig om hvad der er *nødvendigt*. Der er ikke sagt noget om hvad der er *tilstrækkeligt*, hvad der skal til for at tilgode-se nødvendighederne. Det ligger næsten også i sagens natur, at dette heller ikke i særlig grad er muligt. Hvis det var muligt inden for rammerne af en artikel som denne at anvise en enkelt slagkraftig kur, kunne problemerne alligevel ikke være så dybtliggende og fastgroede som jeg har hævdet. Kun sejt arbejde med at udtænke og realisere små og store planer og forløb, organisatoriske forandringer, undervisningsmaterialer, samarbejde med andre fag og andre lærere, og tusind andre ting (herunder forskning) har mulighed for at føre nogen vegne. De erfaringer jeg har samlet ved at arbejde teoretisk og praktisk med matematikundervisning - frem for alt på RUC, men også i forhold til skolen - peger på at der ikke findes nogen énstrenget vej der alene kan tackle problemerne. *Problemorienteret projektarbejde med en høj grad af deltagerstyring; lærerstyrede kursusforløb over systematisk organiseret stof; emnearbejde; fagsamarbejde; nedbrydelse af skemaet; rene isolerede matematikforløb; eksperimenteren; induktiv og kreativ opdagerferd, måske støttet af konkrete materialer; deduktiv efterforskning i formale strukturer; arbejde med historiske og filosofiske tekster; interviews med folk der anvender matematik, kan alle være*

værdifulde ingredienser i det program jeg slår til lyd for. Men en satsning på kun én af den vil umuliggøre det.

KRITISK MATEMATIKUNDERVISNING OG KRITISK PÆDAGOGIK

'Kritisk matematikundervisning' kunne være en passende etiket på den matematikundervisningsposition jeg har skitseret og søgt at begrunde i de foregående afsnit. Det ville så være nærliggende til slut at overveje, hvad 'kritisk matematikundervisning' og 'kritisk' pædagogik har, og kan have med hinanden at gøre når kritisk pædagogiks traditionelle overseelse/undsigelse af matematik og matematikundervisning betænkes.

Ikke meget vil være vundet for et frugtbart samspil, hvis kritisk pædagogik nok kunne bringes til at tilslutte sig at matematikundervisningen, i hænderne på de rette mennesker, kan gøres salonfæhig for et kritisk perspektiv, men vedbliver at betragte faget som et anliggende der alene angår matematik- og matematiklærerkredse. De problemer og omkostninger der knytter sig til realiseringen af det kritiske matematikundervisningsprogram, rummer så mange udfordringer at også kritisk pædagogik må tage dem op. Udfordringerne ligger på flere planer.

På det overordnede plan er der brug for at kritisk pædagogik er med til at udvikle sammenlignende analyser af de forskellige fagområders karakter og samfundsfunktioner. Der er videre brug for at den er med til at sætte matematikundervisningens og de eksakte naturvidenskabsfags stilling og indretning i skolen på dagsordenen for en bredere debat.

På et lidt mere jordnært plan er der behov for at 'kritiske matematiklærere' og kritiske pædagoger indgår i fælles projekter. Om undervisningssamarbejde der ikke går ud på at bortintegrere de eksakte fag i de humanistiske og samfundsfaglige komplekser. Om perspektiverende studiekredse, seminarer, undersøgelser m.v.

Og på det helt praktiske plan er der brug for at kritiske pædagoger uden for de eksakte naturvidenskabsfag giver deres skærv til at udgrave og *synliggøre* for eleverne matematikkens og de eksakte naturvidenskabsfags roller i verden, så de indser at disse roller også angår dem.

Fælles indsatser af den slags der her er antydnet, stiller nogle forudsætningskrav. Det er nødvendigt at de kritiske pædagoger søger indsigt i hvad matematikken og naturvidenskabsfagene egentlig er for nogle størrelser, og ikke slår sig til tåls med frygt- eller aggressionsbetingede forhåndsforestillinger. Tilsvarende må matematik- og naturvidenskabsfolkene opgive deres traditionelle position som sneblinde vogtere af fagtraditionen, med kun indsigtstom karlekammerforagt til overs for samfundsfaglige og humanistiske problemstillinger og betragtningsmåder. Men her er situationen vist den, at det skorter mere på det første end på det sidste.

REFERENCER:

Mogens Niss: Matematikkens rolle i ungdomsuddannelserne -
- almindannelse og/eller studieforbereelse, i MN:
Hvad er meningen med matematikundervisningen? IMFUFA-
tekst nr. 36, RUC 1980.

Mogens Niss: Goals as a reflection of the needs of society,
i Studies in Mathematics Education, (Robert Morris, ed.),
Unesco, Paris 1981.

Mogens Niss: Matematikundervisningen i samfundet - for sam-
fundet eller for befolkningen? Pædagogik nr.3, 1981.

Rapport fra seminaret "Matematik- og fysikundervisningen i
det automatiserede samfund", afholdt på Esso Motorhotel
i Hvidovre april 1983. Udkommer under redaktion af Mo-
gens Niss i foråret 1984 som tekst fra IMFUFA (RUC).

Ole Skovsmose: Forandringer i matematikundervisningen, Gyl-
dendal 1980-81.



RELEVANS PARADOKSET

Den følgende artikel har været publiceret i KVAN nr.9, maj 1984, som er et temanummer om "Natur - undervisning og dannelse".

6. NATURVIDENSKAB - UNDERVISNING OG DANNELSE

af Jens Højgaard Jensen

I. INDLEDNING

Det er et spændende, tværfagligt emne, redaktionen af KVAN har taget op med dette temanummer om "Natur - undervisning og dannelse": Undervisning efter naturmetoden. Undervisning i det naturlige. Hvad er naturligt? Hvad er natur?

DET NATURLIGE

Ligesom redaktionen føler jeg noget ubehag ved en del af nutidens interesse for "det naturlige". Ikke kun fordi interessen kan være udtryk for flugt fra socialt og politisk engagement, men også fordi den kan danne afsæt for den bornerede og intolerante afstandtagen fra "det unaturlige". (Jeg bliver uhyggelig til mode, når jeg f.eks. tænker på den klangbund, nazisterne fandt for deres hetz mod abstrakt kunst, relativitetsteori, homoseksuelle og "forkerte" racer eller Görings herostratisk berømte udtalelse: "Når jeg hører ordet "kultur", trækker jeg min revolver"). På den anden side forstår jeg også godt forfatterne til "Oprør fra Midten"¹, når de fremhæver den politiske utilstrækkelighed i marxismens og behaviorismens menneskesyn: mennesket som samfundsprodukt. (Hvorfor så ikke tilpasse mennesket til det eksisterende samfund?). Og at de derfor vier et helt kapitel af deres bog (kap. III) til diskussion af det menneskesyn, de har lagt til grund for bogen i øvrigt. Og at de gør det under mottoet: "Menneskets naturlige behov må komme til deres ret i samfundet".

Jeg synes altså, at begrebet "det naturlige" rummer et både brændende og grundlæggende politisk/moralsk/filosofisk problem.

NATURBEGREBET

Heller ikke begrebet "natur" (i betydningen miljø, omgivelser, landskab) kan lade mig kold. Forestillingen om den naturlige natur (= uberørt af menneskehånd) irriterer

mig, fordi den er urealistisk (f.eks. er Danmark jo et kulturlandskab fra ende til anden). Men først og fremmest fordi modstillingen af "mennesket" contra "natur" (= naturlig natur) benyttes som ideologisk våben af f.eks. overjagt-konsulenter, godsejere og højesteretssagførere mod f.eks. ungdomsklubber, spejdere og børnefamilier (de eksklusive naturelskere contra den store hob af naturødelæggende skovsvin, jvf. f.eks. problemet med kanosejlads på Gudenåen). Og også fordi forestillingen dækker over en æstetisk konservatisme (jeg synes som Poul Henningsen, at højspændingsledninger er en ting, der kan understrege karakteren af et bakkelandskab). På den anden side er forestillingen om økologiske grænser for vækst nødvendig (nitratforureningen af grundvandet fra landbruget rammer os alle og kan ikke gøres til et spørgsmål om smag og behag). Og æstetisk synes der også at være nogle relative grænser (Poul Henningsen boede selv i bondehus, og 60'ernes betonsiloer - det yderste misbrug af den funktionalistiske æstetik - beboes kun af nød).

Jeg synes altså, at "naturbegrebet" trænger sig på som et vigtigt politisk/praktisk/æstetisk problem. I det hele taget er emnet "Natur - undervisning og dannelse" som sagt spændende.

NATURVIDENSKAB FREMFOR NATUR

Alligevel har jeg af to forskellige grunde valgt en overskrift på min artikel, der er en delvis modstilling hertil, nemlig "Naturvidenskab - undervisning og dannelse".

Den ene grund er, at jeg ikke i egenskab af fysiker mener at have noget centralt og direkte bidrag til det forelagte emne. Siden "den videnskabelige revolution" i renæssancen har natur i henholdsvis konkret og abstrakt forstand, naturfølelse og naturviden, udviklet sig bort fra hinanden i vores kultur, anført af fysikken. Det er natur i abstrakt forstand, naturfænomenernes sammenhænge og de bagvedliggende strukturer, ikke naturfænomenerne i sig selv, der er naturvidenskabernes og især fysikkens genstand. Og denne genstand kan kun forstås gennem en forståelse af naturvidenskaberne/fysikken.

Den anden grund er, at jeg gerne vil propagandere for

en større opmærksomhed omkring emnet "Naturvidenskab - undervisning og dannelse" i forhold til det almene skolesystem. Det skyldes, at jeg mener, at problemkredsen "teknik og videnskab - undervisning og samfundets dannelse" er alt for lidt opdyrket i den danske uddannelsespolitiske debat.

Resten af artiklen er en uddybning af de to nævnte grunde til min betoning - som fysiker (?) - af naturvidenskab fremfor natur i overskriften.

II. FYSIKKENS VERDENSBILLEDE OG VORES BEVIDSTHED

Overskriften "Fysikkens verdensbillede og vores bevidsthed" er redaktionens arbejdstitel til mig for artiklen som helhed. Mit "oprør" består i, at jeg vil forskyde eftertrykket fra erkendelsesteoretiske forhold mod sociologiske forhold (det er det med at forandre verden, ikke blot fortolke den). Hvad angår det erkendelsesteoretiske, som er emnet for kapitlet her, synes jeg arbejdstitlen viser meget god overensstemmelse mellem mig og redaktionen. Vanskeligheden ved at forbinde fysik med umiddelbar, konkret natur viser sig i arbejdstitlen ved fraværet af ordet "natur". Fysikeren bliver ikke bedt om at ytre sig om natur, naturbegreb, natursyn o. lign., men om "verdensbillede".

HVORDAN SER VERDEN UD?

Hvilket billede danner vi os da gennem fysikken af verden? Hvordan hænger fysikken sammen med vores bevidsthed?

Fysikkens billede af naturen retter sig som nævnt ikke mod dens konkrete fremtrædelser, men mod de bagved liggende strukturer.

Der er rummet, hvor det mest afgørende spring i begrebsudviklingen nok har været den Newton'ske fysiks forening af rummet og det jordiske rum (med skiftet fra det geocentriske til det heliocentriske system og placeringen af jordelivet i en udkant af verden, som én af konsekvenserne). Placeringen af solen som en stjerne blandt milliarder af andre stjerner i mælkevejen, og senere mælkevejen som en galakse blandt milliarder af andre galakser i vores galakse-

hob, der igen er én ud af milliarderne af galaksehobe i universet, kan accepteres uden store vanskeligheder, når først jorden er erkendt som en planet blandt andre planeter til solen.

Der er tiden, hvor det meste afgørende spring i begrebsudviklingen nok har været den ændrede tidsopfattelse i forbindelse med udviklingstanken og det nittende århundredes udviklingsteorier (inden for biologien (Darwin), historien (Marx), psykologien (Freud), geologien (som frontløber), og astrofysikken (som efternøler), og med mennesket opfattet som udviklingsprodukt som én af konsekvenserne). Søren Baggesen karakteriserer ændringen således: "Opfattelsen af tiden som cyklus, et kredsløb der som årtiderne bestandigt vender tilbage og begynder forfra, erstattes endegyldigt af opfattelsen af tiden som et kontinuum, en stadig fortsættelse, så at det værende erkendes som det tilblevne og det tilblivende"². Fysikkens sammenhæng med tidsopfattelsen hos vore dages mennesker ligger nok mest i brugen af abstrakt urværkstid, i modsætning til konkret biologisk/ psykologisk tid (der jo både kan løbe og stå stille).

Der er stoffet, hvor begreberne "intet stof" (tomt rum, det der f.eks. er mellem elektronerne og kernen i et atom) og "energi uden stof" (f.eks. radiobølger i det tomme rum, f.eks. mellem os og månen) nok udgør den største afstand mellem vor tid og tidligere tiders dagligdags forestillinger.

Der er de bevarede størrelser (energi, masse, ladning m.m.), og der er kausaltiteten og naturlovene.

Man behøver ikke være filosof for at indse, at der er betydningsfulde sammenhænge mellem vores allesammens bevidsthed og fysikkens billede af naturen, selvom det er de bagved fremtrædelserne liggende strukturer, natur i abstrakt forstand, fysikken handler om.

HVORDAN SER VI VERDEN?

Alligevel tror jeg ikke den vigtigste sammenhæng mellem fysikken og vores bevidsthed vedrører verdens indretning.

Hvorfor blev Galilei stævnet for inkquisitionen i Rom? Han blev tvunget til at afsværge, at jorden bevæger sig. Men

var det hans propaganda for det heliocentriske verdensbillede, der medførte dommen af ham til livsvarigt fængsel? Jeg tror det ikke. Det var ikke så meget hans verdensbillede som hans bedreviden, der var den egentlige anstødssten. Teologerne kunne læse "Guds bog", men det var Galilei, der kunne læse "naturens bog" (som var skrevet i matematik). Det var fysikkens metode mere end dens udsagn, der var i konflikt med datidens bevidsthed. Naturvidenskabssynet snarere end natursynet var kampens genstand.

I vore dage, hvor det jo er naturvidenskaben og ikke kirken, der har været på det sejrende hold i den ideologiske kamp om videnskaben, er det, i endnu højere grad end dengang, fysikkens videnskabsbillede fremfor dens naturbillede, der er det vigtigste brændpunkt i problemstillingen "Fysikkens verdensbillede og vores bevidsthed".

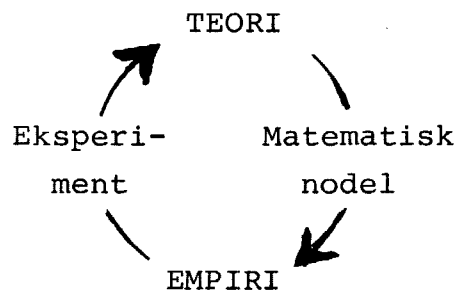
Også i forrige århundrede var det sådan. Hvor f.eks. Marx i sit historiesyn bl.a. henter inspiration i geologiens og biologiens natursyn, ses det af forordet til Kapitalen, hvordan inspirationen fra fysikken drejer sig om videnskabssynet. "Fysikeren iagttager naturprocesser, enten der, hvor de fremtræder i deres mest prægnante form og er mindst forplumret af forstyrrende indflydelser, eller han foretager, hvor det er muligt, eksperimenter under betingelser som sikrer processens rene forløb. Det som jeg i dette værk skal udforske, er den kapitalistiske produktionsmåde og dertil svarende produktions- og udvekslingsrelationer. Dens klassiske hjemsted har hidtil været England. Dette er grunden til, at England tjener som hovedillustration til min teoretiske fremstilling"³. Citatet kan passende sammenholdes med følgende af Galilei: "Ligesom bogholderen der vil have sine udregninger til at handle om sukker, silke, og uld må se bort fra kasser og baller og andre former for emballage, må den matematiske videnskabsmand fratække de materielle forhindringer, hvis han i det konkrete vil genfinde de virkninger han har bevist abstrakt, og hvis han er i stand til at gøre dette, så kan jeg forsikre dig om at tingene ikke svarer mindre til hinanden end de aritmetriske udregninger."⁴

I vore dage skal børnene i skolen ifølge bekendtgørelsernes (en del af dem i alle tilfælde) formålsformuleringer

undervises i "den naturvidenskabelige metode" både når der står fysik, kemi og biologi på skemaet. Det skyldes ikke, at de tre fag betjener sig af de samme metoder (f.eks. er matematikkens inddragelse og funktion i fagene stærkt varierende). Grunden er, at den oplagte fællesnævner for de tre fag, det eksperimentelle, i stedet for at være en ingrediens nærmest regnes for at udgøre metoden.

Galilei gøres i denne forståelse som regel til metodens ophavsmand. Og der henvises ofte til hans programmatiskke udtalelse om at måle alting og gøre det, der ikke kan måles, måleligt. Ses udtalelsen i lyset af det tidligere refererede Galileicitat, fremgår det imidlertid, at pointen i Galileis målekrav ikke er eksperimentet som sådant, men kvantificeringen som nødvendig forudsætning for at bringe det eksperimentelle i vekselspil med abstrakt matematisk tankegang. Galilei advokerede for empiri og erfaring. Men han advokerede også (som "matematisk videnskabsmand") for teori og abstraktion.

Og det er foreningen af teori og empiri, der er pointen i "den videnskabelige revolution". Den videnskabelige metode, der kom ud af omvæltningen, ser i min udlægning sådan ud:



Denne (her groft antydede) opskrift på at lave videnskab svarer, så vidt jeg kan se, til det der foregår inden for en begrænset del af fysikken. Når så megen videnskabsteori handler om fysik, skyldes det at fysikparadigmet iøvrigt benyttes som (forkert eller rigtigt refereret) forbillede. Grunden hertil er selvfølgelig bl.a. de erfaringer, der er gjort med fysikkens evne til at udvirke praktiske resultater (astronomiske forudsigelser, radiobølger, atombomber).

Mén det er enten "fysikeren" eller de praktiske anvendelser af "hans" teoretiske arbejde og ikke indholdet heri, der optager "vores bevidsthed". Hvordan kan han? Burde han lade være?

YOGIEN OG KOMMISSÆREN

Fysikken har forenet. Den har forenet teori og empiri. Og den har forenet jordens fysik og himlens fysik (og siden bevægelsens, varmens og lydens fysik og elektriciteten, magnetismen og lysets fysik samt kemien og fysikken).

Men fysikken har også splittet. Fysikkens forening af teori og empiri (ved hjælp af abstrakte begreber og matematik) har splittet folk og fysikere (fysikken er blevet elitær). Og fysikkens forening af jordens fysik og himlens fysik (m. m.) har splittet religion og videnskab, tro og viden, følelse og fornuft, naturoplevelse og naturvidenskab.

Splittelsen mellem folk og fysikere vil jeg komme ind på i næste kapitel. Resten af dette kapitel drejer sig om splittelsen mellem religion og videnskab, følelse og fornuft, yogien og kommissæren.

Begreberne yogi og kommissær er hentet fra et essay af Arthur Koestler⁵, og jeg tror, at de er sigende i sammenhængen her. Men før jeg tager fat på dem, har jeg brug for at have sagt noget om, hvordan positivismekritik, naturvidenskabskritik og kommissærkritik forholder sig til hinanden.

Positivismen er jo både en teori om nogle videnskaber og nogle krav til videnskab med det formål, at skille overtro fra viden. Som teori om fysik synes jeg den er dårlig (som det måske fremgår af det foregående). Dens ambition om at skille overtro og viden fra hinanden har til gengæld min sympati, selvom dens projekt mislykkedes.

Men man behøver heller ikke som fysiker nære et sådant ønske om splittelse. Galilei gjorde det ("naturens bog" contra "Guds bog"). Men Newton, som var stærkt religiøs, gjorde det ikke. Og H.C. Ørsteds sidste ikke fuldførte arbejde hedder "Veien fra Naturen til Gud", medens andre af hans titler er "Aanden i Naturen" og "Hele Tilværelsen eet Fornuftsrige". Han var i ligeså høj grad naturfilosof som

naturforsker og hans livsværk er "Aanden i Naturen" snarere end opdagelsen af elektromagnetismen. Søren Baggesen karakteriserer ham således: "Hans naturreligiøsitet udtrykker en absolut harmoni imellem tro og viden: den viden vi skaffer os om naturen bekræfter vores tro på at verden er skabt af Gud. H.C. Ørsted var den der mest uforbeholdent og mest uanfægtet bekendte sig til samtidens kulturelle syntese: overbevisningen om enheden af det Sande, det Gode og det Skønne"². For Ørsted var der ikke som for Galilei et skel mellem tro og viden (overtroen skulle ikke udgrænses, men afskaffes ved oplysning f.eks. gennem det af ham stiftede "Selskabet til Naturlærens Udbredelse").

Det er altså ikke med logisk nødvendighed, at fysikkens udvikling har ført til en spaltning mellem religion og videnskab.

Og fysikken udgør i alle tilfælde (med alle dens ontologiske antagelser) et dårligt argument for positivismen (det går lidt bedre med kemien og ingeniør- og lægevidenskaberne).

Når de lægestuderende i deres kritik af lægestudiet anvender ordene "naturvidenskabeligt" og "positivistisk" i flæng (og mener "teknisk") skyldes det derfor ikke, at naturvidenskaberne grundlæggende er positivistiske. Det skyldes, at positivismen - under henvisning til naturvidenskabernes succes - er den herskende ideologi om videnskab i samfundet (og i naturvidenskabsmiljøerne, jvf. f.eks. "den naturvidenskabelige metode"). Det er ironisk, når studenteroprørets opgør med positivismen, der bl.a. startede som et krav om ærlig og teoretisk reflekterende sociologi fremfor teknisk orienteret metodelære (jvf. den citerede henvisning fra Marx til fysikken), tages til indtægt for udskiftning af naturvidenskabelig teori med samfundsfaglig teknik. Og det er med til at vanskeliggøre en kritik fra bl.a. fysikere af kapitalismens vulgærpositivistiske instrumentalisering af videnskab.

Det betyder ikke, at de lægestuderende ikke kan have gode grunde til udover at kritisere lægestudiet for at være for positivistisk også at kritisere det for at være for naturvidenskabeligt. Hvor positivismen i den kapitalistiske

udvikling bruges til at legitimere funktionærvidenskab, gøres naturvidenskaben til kommissærvidenskab (med fysikere som overkommisærer).

I kommissærrollen har fysikken ikke blot bidraget til at religion og videnskab er blevet splittet fra hinanden, men også tjent som argument for at videnskaben helt erstattede religionen, blev gjort til religion. Efter at Gud i begyndelsen af det 17. årh. blev matematiker, fremstod fysikken gennem det 19. årh's omfattende matematisk/fysiske synteser ved det sidste århundredeskifte som selvskreven bødde.

Men siden, siger Koestler, er fysikken mere blevet en yogividenskab på grund af relativitetsteorien (nye begreber om rum, tid, energi og masse) og kvantemekanikken (ubestemthedsrelationer, komplementaritet, nye begreber om stof, kausalitet og naturlove).

Ifølge Koestler er yogien og kommissæren to spektrale modsætninger (ultraviolet og infrarød). Yogien er helgen og kommissæren revolutionær. Yogiens følelsesliv rettes mod forbindelsen mellem individ og univers, kommissærens mod forbindelsen mellem individ og samfund. "Man kan ikke diskutere med en nøgen Kommissær - han begynder straks at slaa paa sit Bryst, og dernæst kvaler han Ven som Fjende i sit dødbringende Favntag. Man kan heller ikke diskutere med det ultraviolette Skelet, fordi Ord intet betyder for ham. Man kan diskutere med Efterkrigsøkonomer, Fabianere, Kvækere, Liberalister og Filantroper. Men Argumentationen fører ingen Steder hen, for den endelige Afgørelse forbliver mellem Yogien og Kommissæren, mellem de fundamentale Opfattelser af Forandring indenfra og Forandring udefra".⁵

Det er især kvantemekanikken, Koestler refererer til, når han mener, at fysikken mere og mere er blevet en yogividenskab: "Det 19. Aarhundredes Fysik beskriver en klart defineret Verden af dunkel Oprindelse. Nutidens Fysik beskriver en lige så dunkel Verden, der ligner en groftkornet Film (Granulationen angives ved Kvantemekanikkens "h" og defineres med Heisenbergs Usikkerhedsrelation). Om vi betegner denne Verden som "panteistisk", "fri", "determineret", "statistisk", "aandelig" eller "af fri Vilje" er mere

eller mindre en Smagssag. Det, der virkelig betyder noget, er, at Fysikerens Maaleinstrumenter antyder Tilstedeværelsen af fysisk umaalelige Faktorer. Og det er Grunden til, at Fysikeren maaske mere bevidst end nogen anden drager mod det ultraviolette."⁵

Jeg er ikke enig med Koestler i, at fysikken er blevet en yogividenskab.

Ved et møde, jeg var til for nylig på Marselisborg Gymnasium i Århus om fremtidens gymnasium, omtalte en venstreorienteret humanistisk/ pædagogisk forsker og skribent fra Vesttyskland i sit i øvrigt glimrende foredrag, hvordan nu også fysikerne tænkte anderledes om tilværelsens determinanter, idet han henviste til den "kendte fysiker" Fritjof Capra's bog, Fysikkens Tao. Og han mente, at det var et tidens tegn, at Fysikkens Tao et stykke tid havde været i toppen af bestsellerlisten i Vesttyskland. Det sidste er jeg enig med ham i. Men han tager, som Koestler gjorde det under 2. verdenskrig, fejl i at tro, at fysikerne drager mod det ultraviolette. De er mere kommissærer nu end ved århundredets begyndelse. Og grunden er, at deres bevidsthed i det store og hele mere præges af deres samfundsfunktion end af fysikkens grundlagsproblemer. Er jeg kommissær nok til at mene. (Selve referencen til fysikken fra både Koestler og foredragsholderen i Århus understreger jo i øvrigt dens kommissærrolle.)

Jeg er også kommissær nok til at regne den igenkommende interesse i tiden for fysikkens grundlagsproblemer for et krisefænomen. Koestler beskriver det således fra sit udgangspunkt som desillusioneret kommunist i 1942: "I visse historiske Klimaer begynder Massevandring fra den ene Ende af Spektret til den anden, almene Bevægelser fra infrarødt til ultraviolet eller omvendt, ligesom stærke Passatvinde glider over Havene. Det 19. Aarhundrede bragte en saadan almen Bevægelse henimod Kommissæren eller det infrarøde. Det nuværende Klima begunstiger den modsatte Retning. Fra først i 30'erne drager vi alle, mere eller mindre bevidst, mere eller mindre godvilligt, mod det ultraviolette."⁵

I alt det foranstående har jeg bestræbt mig på at omtale kvantemekanik og relativitetsteori så lidt som mu-

ligt. De fænomener, som de to teorier handler om, er så fjernt fra vores dagligdagserfaringer, at deres begrebsindhold normalt fejlfortolkes ved anelsesfulde betragtninger uden støtte i den nødvendige matematik ("alt er relativt", "intet kan forudsiges nøjagtigt"). Betydningen af kvantemekanikken og relativitetsteorien for vores bevidsthed ligger snarere i de fortolkningsmisbrug, der kan gøres af dem, end i deres begrebsindhold.

SANDHEDEN

Jesper Hoffmeyer har for nylig som en anden Koestler meldt kommissærerne krig. Han formulerer det således: "En ting er jeg ret sikker på: hvis sandhedens time nogensinde har været, så er den i hvert fald nu ved at løbe ud. Sandheden er bare out. Den er uinteressant for ikke at sige forkert."⁶ Han mener, at det sikkert er "praktisk at tro på de videnskabelige sandheder som partikulære funktionalitetsregler". Men sandheden er bare out. Det han så til gengæld tror på er menneskets "dialektiske nysgerrighed", som vil blive sat i højsædet i det kommende informationsamfund.

Jeg kan godt forstå hans skema: den dialektiske nysgerrighed (den decentrale yogi) mod sandheden (centralkommissæren). Poul Henningsen sagde, at sandheden altid er revolutionær, hvilket måske er at gå til en modsat yderlighed. Eller er det? Under alle omstændigheder er jeg bange for, at Jesper Hoffmeyers betragtninger kan lægge op til, at der ryger børn ud med badevandet.

Jeg er enig med Tor Nørretranders, når han i en leder i Information (på baggrund af en artikel (i øvrigt af Jesper Hoffmeyer) om den ideologiske kamp i USA om Darwins udviklingsteori) understreger, at "højrefløjens buldrende irrationalisme må bekæmpes". Især er jeg enig i konklusionen: "Her er en ny opgave, aldrig før løst i den kulturelle debat: at skabe en kultur, der på den ene side forsvare den sunde fornuft og videnskabeligheden og på den anden side fastholder kritikken af den ensidige videnskabelige styring af en højteknologisk verden."⁷

Fysikkens vigtigste positive betydning for vores bevidsthed er, synes jeg, at den har leveret eksistensbevis for,

at rationel tænkning er mulig. Sandhed er mulig.

Desværre skal der mere end nysgerrighed til for at få adgang til sandhed. Så det er rigtigt, når Jesper Hoffmeyer skriver, at "problemet med sandheden er, at når den er der, så er autoriteten der også altid". Herfra kan jo imidlertid ikke sluttes, at fraværet af andet end subjektive sandheder vil betyde bortfald af autoriteter. Autoriteter kan vel basere sig på mangt og meget udover sandhed. Og da kan sandheden netop være et antiautoritært våben.

Splittelsen mellem folk og fysikere og fysikken som en del af autoritetsstrukturerne i samfundet er emnet for næste kapitel.

III. FYSIKKENS SOCIALE REALITET OG VORES SAMFUNDSMÆSSIGE LIV

Fysik er to ting. Det er det, der står i lærebøgerne (fra folkeskole til universitet). Og det er en aktivitet i samfundet (som udføres af fysikere og fysikorienterede ingeniører).

Det forrige kapitels problemstillinger svarer til den første betydning af ordet fysik. Hvad er det for et verdensbillede, der fremgår af fysikbøgerne, og hvordan påvirker det vores bevidsthed? H.C. Ørsted ville hele verden ved hjælp af sandheden. Jesper Hoffmeyer vil sprænge sandheden i luften. Poul Henningsen ville sprænge hele verden i luften ved hjælp af sandheden. Hvordan forholder vor tids fysikere sig?

Min holdning skulle fremgå af forrige kapitel. Men jeg er ikke typisk. For de fleste fysikere opleves der ikke nogen sammenhæng mellem deres arbejde og den slags spørgsmål (bortset fra i overkommisærernes festtaler). Den almindelige fysiker forholder sig heller ikke i egenskab af fysiker til moralske og etiske spørgsmål. Og det er lige så meningsfuldt at bebrejde ham det som at gøre industriarbejderen ansvarlig for håndværkets forfald.

Offentligheden er offer for en særlig form for autoritetstro både de fleste gange, hvor moralske og politiske synspunkter fra fysikere (og videnskabsmænd i øvrigt) som sådanne tillægges særlig vægt, og de fleste gange, hvor

grundlæggende politiske og etiske problemer oversattes til moralske og etiske krav til specielt fysikerne (eller videnskabsmændene i øvrigt). Hvilket ikke betyder, at fysikken (som institution) ikke er en del (som militæret) af oprustningen og dommedagstruslen over vore hoveder, eller at rækken af fysikere (bestemte, enkelte mennesker) i atombombeprojektet under 2. verdenskrig ikke pådrog sig et tungt ansvar (selvom de næppe kunne have hindret bombens tilblivelse, kunne de have sinket i stedet for at forcere tidspunktet for den første sprængning). Men vi er langt fra den patriarkalske fysiker H.C.Ørsted, der samtidigt kunne kæmpe for "enheden af det Sande, det Gode og det Skønne" og for oprettelsen af Polyteknisk Lærestanstalt.

Teknologiseringen af videnskaben (driften af højenergifysikkens forsøgsopstillinger ved CERN involverer bl.a. i tusindvis af teknikere til sammenligning med Ørsteds ledning og kompasnål); videnskabeliggørelsen af teknologien (Bell Laboratorierne, American Telephone and Telegraph's forsknings- og udviklingsafdeling har skønsmæssigt 20000 ansat som videnskabeligt personale til sammenligning med Edison's uvidenskabelige enkeltmandsopfindsomhed); og i det hele taget den voldsomme ekspansion af teknik og videnskab efter 2. verdenskrig, har ført til specialiseringer og arbejdsdelinger, således at fysikere (siden Bohrs og Einsteins generation) kun i sjældne undtagelsestilfælde er i stand til at fungere i dobbeltrollen som både præst og ingeniør. Og de får næsten alle løn for at være "ingeniører" eller "ingeniørundervisere". (Jeg bør måske her indskyde, at jeg ikke selv er en af de omtalte undtagelsestilfælde: jeg tager mig tid til at skrive en artikel som denne og det forarbejde, der ligger bag, men ingeniørdelen af mig er desværre også svindende).

Det forrige kapitel giver altså et galt indtryk af fysikkens sociale realitet i vore dage. Og uanset, at dets problemstillinger er interessante og drejer sig om væsentlige holdningsspørgsmål, så er det min oplevelse, at vores liv nok så meget påvirkes af fysikkens sociale realitet som af dens verdensbillede.

DE TO KULTURER

Yogien og kommissæren repræsenterer måske ikke kun to modsatte temperamenter med to forskellige filosofiske grundholdninger? Er det ikke det samme skema, der genfindes sociologisk ved spaltningen af H.C.Ørsted's intellektuelle enhedskultur til C.P.Snow's to (den humanistisk/ samfundsvidenskabelige og den teknisk/naturvidenskabelige)⁸? (Piet Hein har benævnt de to mennesketyper tilhørende de to kulturer "kultister" (jvf. okkult) og "teknoter" (jvf. idiot)). Og måske er C.P.Snow's "to kulturer" toppen af et meget større isbjerg, som antydnet i skemaet?

YOGI	KOMMISSÆR
kultist	teknot
humaniora/ samfundsvid.sk.	teknisk vid.sk./ naturvidenskab
økologi	økonomi
natur	teknik/kultur
konkret	abstrakt
erfaring	spekulation
subjektiv	objektiv
praktisk	teoretisk
følelse	fornuft
familie	arbejde
reproduktion	produktion
kvalitet	kvantitet
helhed	opsplitning
harmonie	udvikling
"kvinde"	"mand"

DE TO KULTURER ?

Måske er det ikke kun vores tænkning, der er bygget op i modsætningspar, men hele samfundet, der fundamentalt er spaltet?

Skemaet er ikke udtryk for stor dybsindighed. Men jeg synes, at det er påfaldende, hvordan delene i hver af de to kolonner via fællestræk føjer sig sammen til noget, der ligner to adskilte helheder, et samfund delt i to kulturer.

Da skemaet som sagt ikke er særlig gennemtænkt, vil jeg stort set lade det tale for sig selv.

Det skal dog bemærkes, at humaniora/samfundsvidenskab og økonomi ikke er placeret i samme kolonne. Det er teknisk videnskab/naturvidenskab og økologi heller ikke. Og det ses, at jeg ikke mener, at der er slået bro over kulturkløften ved, at humanister finder tilbage til naturen. Det er naturvidenskab fremfor natur, det er nødvendigt at slå bro til.

H.C.Hansen (cand.scient. i matematik og fysik) citerer i KVAN 8 Snow: "Hvis vi ser bort fra den naturvidenskabelige kultur, så har de øvrige intellektuelle i den vestlige verden aldrig forsøgt, ønsket eller været i stand til at forstå den industrielle revolution, endsige acceptere den. - De intellektuelle - og især de litterært intellektuelle - er maskinstormere af naturen", og fortsætter således i indirekte referat: "Humanisten føler ingen skam ved ikke at kende Termodynamikkens anden hovedsætning eller ikke at have et elementært kendskab til biokemi (DNA-molekylets rolle som bærer af generne var da netop påvist), men i det pænere selskab i England kunne naturvidenskabsmanden ikke komme langt med en uvidenhed om Shakespeares skuespil".⁸

Nu og i Danmark er den "litterære intellektuelle" ikke en dækkende repræsentant for humanisterne. Men ellers synes jeg, at de numre, jeg har læst af KVAN, illustrerer det citerede: De få optrædende af min slags må som autodidakte vove sig ud på en humanistisk scene, medens der end ikke er en enkelt teknisk/naturvidenskabelig kulisse i temanummeret (nr.6) om skolen og informationssamfundet. Og jeg er bange for, at det er en "maskinstormer", der stikker hovedet frem, når Bent Nielsen (cand.pæd.) om en undervisning til sikring af demokratisk kontrol af eksperterne i informationssamfundet konkluderer: "Den undervisning måtte i folkeskole og folkeoplysning omfatte en indføring i eksperternes viden og metoder, men den måtte lægge hovedvægten på beskæftigelsen med de menneskecentrerede træk i fagområder som filosofi, historie, litteratur, religion og samfundsfag".⁹ Hvad med menneskecentrerede træk i fagområdet biologi (jvf. dette temanummer)? Eller en formulering som: Hovedsigtet skal være at kaste filosofisk, historisk osv. lys på eksperterne og

deres viden? Hvor min pointe er, at hovedsigte ikke er det samme som hovedvægt. Erfaring i og med en sag er en nødvendig (men ikke tilstrækkelig) forudsætning for dømmekraft om sagen. Og grunderfaringer i de matematisk prægede fag er tunge at etablere. Så tunge, at de fleste bliver enten mast eller fagidioter undervejs i den eksisterende fagtradition inden for de eksakte fag.

Hvis problemet med de to kulturer har det omfang, som skemaet antyder, så er den bedste kulturkløftmåler måske undervisning af piger i fysik.¹⁰

FYSIK - UNDERVISNING OG DANNEELSE

Men er der andre grunde til at undervise piger i fysik, end at man derigennem får konstateret dybden af en kulturkløft? Er der noget problem for pigerne i ikke at slå bro til fysikken?

Er det et problem, at

- børnehave- og fritidshjemspædagogernes emneundervisning normalt handler om "Sund mad", "Kend din krop", "Årets gang i naturen" og lignende, og ikke f.eks. "Maskiner"?
- fysikundervisningen i folkeskolen starter på et tidspunkt, hvor pigernes (og drengenes) opmærksomhed er stærkt koncentreret om deres udvikling af kønsidentitet?
- timetallet for fysik/kemi i den danske folkeskole er lavt? (I Østtyskland er der f.eks. op til og med 9. klasse 10 skematimer i fysik og 8 i kemi til sammenligning med 6 i fysik/kemi i Danmark).
- pigerne ikke søger metalområdet men handels- og kontor-fagene indenfor EFG?
- pigerne fravælger den matematisk-fysiske gren i gymnasiet?
- pigerne mest af alt fravælger at blive ingeniører (bortset fra kemiingeniør) og fysikere?

Eller skal de to kulturer opfattes som frontale modsætninger, der enten må bekæmpe hinanden (radikalt rødstrømpesynspunkt) eller må eksistere adskilte (hjemmegående husmødre)?

I kvindekampen er det ikke almindeligt at tænke sådan.

Men i spørgsmålet om piger og fysik møder man ofte tanker af denne slags. F.eks.: "Jeg vil ikke have med fysik at gøre. Fysikken hænger sammen med militær og atomkraft og i det hele taget alt det, jeg er imod." (Jvf.: "Mænd skal bekæmpes. De rummer i sig alle samfundets degenererede træk.") Eller: "Jeg vil ikke bruge tid på fysik, fordi jeg ikke duer til det, og fordi der ligger større værdier i f.eks. musik." (Jvf.: "Jeg vil ikke være udearbejdende, fordi jeg ikke kan tjene forholdsvis så meget som ham, jeg bor sammen med, og fordi det rummer større tilfredsstillelse at give mine børn en god opvækst.")

Undertiden optræder den slags tankebaner forklædt som deres modsætning. Der tænkes i brobygning over kulturkløften. Men der gøres også tanker af ovenstående slags. Og de forstyrrer kortlægningen af kløften, så resultatet bliver et skitseprojekt for en bro mellem to brohoveder på samme side af kløften (gennemtænk selv mulighederne i skemaet over de to kulturer).

Men hvis vi nu antager, at det er et problem for pigerne at blive udelukket fra fysik. Er det så et stort problem? Selvom pigernes forhold til fysik er et af de tydeligste symptomer på kulturkløften, så behøver det jo ikke være her hovedhindringen for en brobygning befinder sig. Er der andre grunde til al denne snak om fysik, end at det er artiklens emne og mit fag? Er det ikke EDB-undervisning og informationssamfund, det drejer sig om nu?

Om EDB mener jeg, at situationen er præget af en del forvirring for tiden. Selvom EDB er ved at blive en nøgleteknik, er det ikke sikkert, at der skal undervises alment i den i større omfang. Jura og medicin spiller også en omfattende rolle i samfundet, men det er samfundsfag og biologi, der undervises i.

Men det er sikkert, at informationssamfundet vil medføre store ændringer af skolen. Industrisamfundet førte til en meget kraftig udvidelse af undervisningssystemet (til erstatning for opdragelse efter naturmetoden og for at kompensere for delingen mellem håndens og hjernens arbejde; det sidste mindre i Danmark end i Østeuropa med deres "polytekniske dannelse"). Og industrisamfundet førte - kort

fortalt - til afskaffelse af latin og græsk og indførelse af fysik, kemi ("realfagene") og moderne fremmedsprog (men ikke motorlære eller termodynamik). I informationssamfundet tror jeg, at hovedfocus i den almene undervisning vil rettes mod matematik og samfundsfag, når først den nuværende nærsynede tummel har lagt sig.

Hvad angår fysik, så er det for øjeblikket en af de bedre øvelsesbaner for "anvendt matematik". Og det er den anvendte, konstruktive matematik, der i endnu højere grad end nu vil blive knivsæggen, der skiller de to kulturer fra hinanden. Samtidig udgør fysik og samfundshistorie tilsammen det nødvendige udsigtspunkt til at få overblik over sammenhængen mellem videnskab, teknik og samfund. I informations-samfundet (som også kunne kaldes det videnskabeliggjorte samfund) vil et sådant overblik i tiltagende grad være betydningsfuldt.

IV. AFSLUTNING

Uddannelsessystemet er et produkt af samfundet og vil også i informationssamfundet være tvunget til bl.a. at lægge op til den for samfundet nødvendige arbejdsdeling. Men arbejdsdeling og kulturkløfter kan etableres på mange måder afhængig af påvirkningen fra bl.a. uddannelsessystemet.

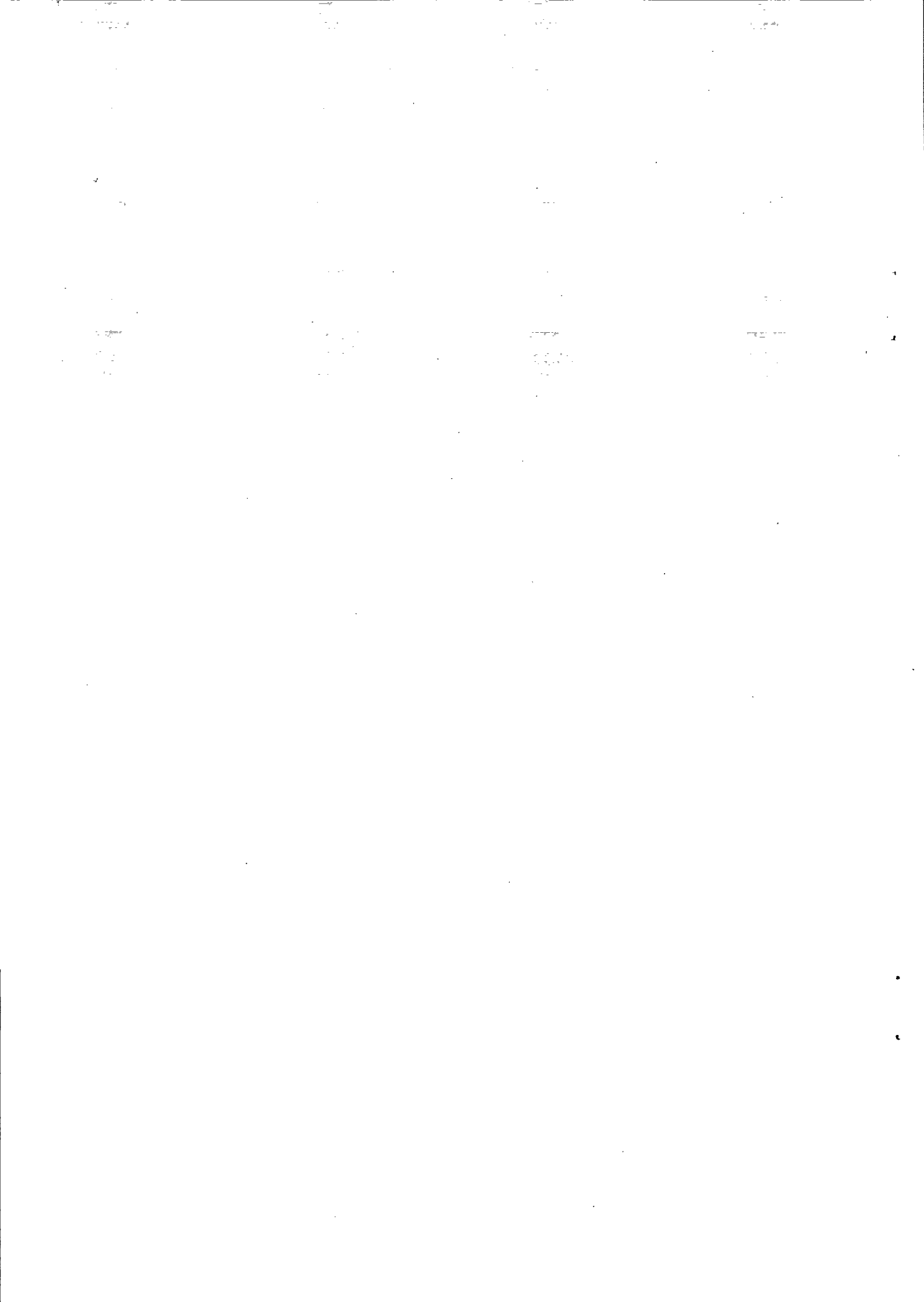
Jeg er som "fysiker" blevet bedt om at skrive om det første ord i overskriften "Natur - undervisning og dannelse" i erkendelsesteoretisk belysning. Men jeg har ikke, selvom der ellers er "pædagoger" til det, kunnet holde mig fra det uddannelsespolitiske, fordi jeg oplever også dem som ofre for den kulturkløft, de burde se som en udfordring i rækken af udfordringer efter "skolens isolation" og "delingen af håndens og hjernens arbejde". Det er ikke ønskeligt, at militaristiske og profitorienterede interesser løber med initiativet, som det er ved at ske i USA.¹¹ Med henvisning til oprustningen (nationens sikkerhed) og konkurrencen med Japan (nationens velfærd) (jvf. Sputnik chokket i slutningen af 50'-erne) lægges der op til skolereformer, hvor netop matematik og "science" (og i mindre grad EDB) står i centrum (jvf. "new math.").

Jeg har heller ikke skrevet om natur, men om fysik som pladsholder for eksakt naturvidenskab. Og det skyldes først og fremmest en trang til at propagandere for "faget" "naturvidenskabsorientering" fremfor "faget" "naturorientering" (som må indgå som en nødvendig forudsætningsdel). Ikke fordi jeg synes, at naturvidenskabsoplevelser er mere personligt givende end naturoplevelser. Men fordi en "naturvidenskabsorienteringsundervisning" i højere grad end en "naturorienteringsundervisning" vil dreje sig om samfundets dannelse. Vi har brug for en til informationssamfundet opdateret polyteknisk dannelsesdebat og et tværfagligt samarbejde i folkeskolen mellem fag som fysik, matematik, historie, arbejdskendskab, EDB, værkstedsundervisning.

Jeg har afleveret vores kassable vaskemaskine til klasselæreren (der også er dansk- og gymnastiklæreren) for 3.U., hvor min datter går. Når han har fået samlet "maskiner" nok, vil de gå i gang med at skille dem ad.

LITTERATUR

1. Niels I. Meyer m.fl.: Oprør fra Midten, Gyldendahl, 1978.
2. Søren Baggesen: Naturopfattelse, naturbeherskelse sekularisering, dupl.manus. til Projekt dansk litteraturhist., 1980.
3. Karl Marx: Kapitalen, 1.bog 1 s.92, Rhodos 1970.
4. Jens Højgaard Jensen og Søren Kjørup: Om fysik s.33, Reitzel, 1983.
5. Arthur Koestler: Yogien og Kommisæren, Samlerens Forlag, 1946.
6. Jesper Hoffmeyer: "Chipsen og den dialektiske Nysgerrighed" i Mikroteknologi, skole og opdragelse, Unge Pædagoger, 1983.
7. Thor Nørretranders: Abernes planet, leder i Information d. 10.08.1981.
8. H.C.Hansen: "Den historiske dimension i fagene matematik og fysik", KVAN 8, 1984.
9. Bent Nielsen: "Informationssamfundet og folkeskolens opgave", KVAN 6, 1983.
10. Karin Beyer m.fl.: "Piger og Fysik" - et problem og en udfordring for skolen, IMFUFA tekst nr. 71, RUC.
11. se f.eks. "A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform", National Commission on Excellence in Education, U.S.Government Printing Office.



- 1/78 "TANKER OM EN PRAKSIS" - et matematikprojekt.
Projektrapport af Anne Jensen, Lena Lindenskov, Marianne Kesselhahn og Nicolai Lomholt.
Vejleder: Anders Madsen.
- 2/78 "OPTIMERING" - Menneskets forøgede beherskelsesmuligheder af natur og samfund.
Projektrapport af Tom J. Andersen, Tommy R. Andersen, Gert Kreinøe og Peter H. Lassen.
Vejleder: Bernhelm Booss.
- 3/78 "OPGAVESAMLING", breddekursus i fysik. Nr. 3 er a jour ført i marts 1984
Lasse Rasmussen, Aage Bonde Kræmmer, Jens Højgaard Jensen.
- 4/78 "TRE ESSAYS" - om matematikundervisning, matematiklæreruddannelsen og videnskabsrindalismen. Nr. 4 er p.t. udgået.
Mogens Niss.
- 5/78 "BIBLIOGRAFISK VEJLEDNING til studiet af DEN MODERNE FYSIKS HISTORIE". Nr. 5 er p.t. udgået.
Helge Kragh.
- 6/78 "NOGLE ARTIKLER OG DEBATINDLÆG OM - læreruddannelse og undervisning i fysik, og - de naturvidenskabelige fags situation efter studenteroprøret".
Karin Beyer, Jens Højgaard Jensen og Bent C. Jørgensen.
- 7/78 "MATEMATIKKENS FORHOLD TIL SAMFUNDSØKONOMIEN". Nr. 7 er udgået.
B.V. Gnedenko.
- 8/78 "DYNAMIK OG DIAGRAMMER". Introduktion til energy-bound-graph formalismen.
Peder Voetmann Christiansen.
- 9/78 "OM PRAKSIS' INDFLYDELSE PÅ MATEMATIKKENS UDVIKLING". - Motiver til Kepler's: "Nova Stereometria Doliorum Vinarioum".
Projektrapport af Lasse Rasmussen.
Vejleder: Anders Madsen.
-
- 10/79 "TERMODYNAMIK I GYMNASIET".
Projektrapport af Jan Christensen og Jeanne Mortensen.
Vejledere: Karin Beyer og Peder Voetmann Christiansen.
- 11/79 "STATISTISKE MATERIALER"
red. Jørgen Larsen
- 12/79 "LINEÆRE DIFFERENTIALLIGNINGER OG DIFFERENTIALLIGNINGSSYSTEMER". Nr. 12 er udgået
Mogens Brun Heefelt
- 13/79 "CAVENDISH'S FORSØG I GYMNASIET".
Projektrapport af Gert Kreinøe.
Vejleder: Albert Chr. Paulsen

14/79 "BOOKS ABOUT MATHEMATICS: History, Philosophy, Education, Models, System Theory, and Works of Reference etc. A Bibliography".

Else Høyrup.

15/79 "STRUKTUREL STABILITET OG KATASTROFER i systemer i og udenfor termodynamisk ligevægt".

Specialeopgave af Leif S. Striegler.

Vejleder: Peder Voetmann Christiansen.

16/79 "STATISTIK I KRÆFTFORSKNINGEN".

Projektrapport af Michael Olsen og Jørn Jensen.

Vejleder: Jørgen Larsen.

17/79 "AT SPØRGE OG AT SVARE i fysikundervisningen".

Albert Christian Paulsen.

18/79 "MATHEMATICS AND THE REAL WORLD", Proceedings of an International Workshop, Roskilde University Centre, Denmark, 1978. Preprint.

Bernhelm Booss & Mogens Niss (eds.).

19/79 "GEOMETRI, SKOLE OG VIRKELIGHED".

Projektrapport af Tom J. Andersen, Tommy R. Andersen og Per H.H. Larsen.

Vejleder: Mogens Niss.

20/79 "STATISTISKE MODELLER TIL BESTEMMELSE AF SIKRE DOSER FOR CARCINOGENE STOFFER".

Projektrapport af Michael Olsen og Jørn Jensen.

Vejleder: Jørgen Larsen.

21/79 "KONTROL I GYMNASIET - FORMAL OG KONSEKVENSER".

Projektrapport af Crilles Bacher, Per S. Jensen, Preben Jensen og Torben Nysteen.

22/79 "SEMIOTIK OG SYSTEMEGENSKABER (1)".

1-port lineært response og støj i fysikken.

Peder Voetmann Christiansen.

23/79 "ON THE HISTORY OF EARLY WAVE MECHANICS - with special emphasis on the role of reality".

24/80 "MATEMATIKOPFATTELSE HOS 2.G'ERE".

Nr. 24 a+b er p.t. udgået.

a+b 1. En analyse. 2. Interviewmateriale.

Projektrapport af Jan Christensen og Knud Lindhardt Rasmussen.

Vejleder: Mogens Niss.

25/80 "EKSAMENSOPGAVER", Dybdemodulet/fysik 1974-79.

26/80 "OM MATEMATISKE MODELLER".

En projektrapport og to artikler.

Jens Højgaard Jensen m.fl.

27/80 "METHODOLOGY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE IN PAUL DIRAC'S PHYSICS".

Helge Kragh.

28/80 "DIELEKTRISK RELAXATION - et forslag til en ny model bygget på væskernes viscoelastiske egenskaber".

Projektrapport, speciale i fysik, af Gert Kretnøe.

Vejleder: Niels Boye Olsen.

- 29/80 "ODIN - undervisningsmateriale til et kursus i differentialligningsmodeller".
 Projekt rapport af Tommy R. Andersen, Per H.H. Larsen og Peter H. Lassen.
 Vejleder: Mogens Brun Heefelt
- 30/80 "FUSIONSENERGIEN - - - ATOMSAMFUNDETS ENDESTATION".
 Oluf Danielsen. Nr. 30 er udgået.
 Udkommer medio 1982 på Fysik-, Matematik- og Kemilærernes forlag.
- 31/80 "VIDENSKABSTEORETISKE PROBLEMER VED UNDERVISNINGSSYSTEMER BASERET PÅ MÆNGDELÆRE".
 Projekt rapport af Troels Lange og Jørgen Karrebæk.
 Vejleder: Stig Andur Pedersen. Nr. 31 er p.t. udgået
- 32/80 "POLYMERE STOFFERS VISCOELASTISKE EGENSKABER - BELYST VED HJÆLP AF MEKANISKE IMPEDANSMÅLINGER OG MOSSBAUER-EFFEKTMÅLINGER".
 Projekt rapport, speciale i fysik, af Crilles Bacher og Preben Jensen.
 Vejledere: Niels Boye Olsen og Peder Voetmann Christiansen.
- 33/80 "KONSTITUERING AF FAG INDEN FOR TEKNISK-NATURVIDENSKABELIGE UDDANNELSER. I-II".
 Arne Jakobsen.
- 34/80 "ENVIRONMENTAL IMPACT OF WIND ENERGY UTILIZATION".
 ENERGY SERIES NO.1. Nr. 34 er udgået.
 Bent Sørensen. Publ. i "Renewable Sources of Energy and the Environment",
 Tycooli International Press, Dublin, 1981.
- 35/80 "HISTORISKE STUDIER I DEN NYERE ATOMFYSIKS UDVIKLING".
 Helge Kragh.
- 36/80 "HVAD ER MENINGEN MED MATEMATIKUNDERVISNINGEN ?".
 Fire artikler.
 Mogens Niss.
- 37/80 "RENEWABLE ENERGY AND ENERGY STORAGE".
 ENERGY SERIES NO.2.
 Bent Sørensen.
-
- 38/81 "TIL EN HISTORIE TEORI OM NATURERKENDELSE, TEKNOLOGI OG SAMFUND".
 Projekt rapport af Erik Gade, Hans Hedal, Henrik Lau og Finn Physant. Nr. 38 er p.t. udgået
 Vejledere: Stig Andur Pedersen, Helge Kragh og Ib Thiersen.
- 39/81 "TIL KRITIKKEN AF VÆKSTØKONOMIEN".
 Jens Højgaard Jensen.
- 40/81 "TELEKOMMUNIKATION I DANMARK - oplæg til en teknologivurdering".
 Projekt rapport af Arne Jørgensen, Bruno Petersen og Jan Vedde. Nr. 40 er p.t. udgået
 Vejleder: Per Nørgaard.
- 41/81 "PLANNING AND POLICY CONSIDERATIONS RELATED TO THE INTRODUCTION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES INTO ENERGY SUPPLY SYSTEMS".
 ENERGY SERIES NO.3.
 Bent Sørensen.

42/81 "VIDENSKAB TEORI SAMFUND - En introduktion til materialistiske videnskabsopfattelser".

Helge Kragh og Stig Andur Pedersen.

43/81 1. "COMPARATIVE RISK ASSESSMENT OF TOTAL ENERGY SYSTEMS".

2. "ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF DECENTRALIZATION".
ENERGY SERIES NO.4.

Bent Sørensen.

44/81 "HISTORISK UNDERSØGELSE AF DE EKSPERIMENTELLE FORUDSÆTNINGER FOR RUTHERFORDS ATOMMODEL".

Projektrapport af Niels Thor Nielsen.

Vejleder: Bent C. Jørgensen.

45/82

46/82 "EKSEMPLARISK UNDERVISNING OG FYSISK ERKENDELSE - I+II ILLUSTRERET VED TO EKSEMPLER".

Projektrapport af Torben O. Olsen, Lasse Rasmussen og Niels Dreyer Sørensen.

Vejleder: Bent C. Jørgensen.

47/82 "BARSEBÄCK OG DET VÆRST OFFICIELT-TÆNKELIGE UHELD".

ENERGY SERIES NO.5.

Bent Sørensen.

48/82 "EN UNDERSØGELSE AF MATEMATIKUNDERVISNINGEN PÅ ADGANGSKURSUS TIL KØBENHAVNS TEKNIKUM".

Projektrapport af Lis Eilertzen, Jørgen Karrebæk, Troels Lange, Preben Nørregaard, Lissi Pedersen, Laust Rishøj, Lill Røn, Isac Showiki.

Vejleder: Mogens Niss.

49/82 "ANALYSE AF MULTISPEKTRALE SATELLITBILLEDER".

Projektrapport af Preben Nørregaard.

Vejledere: Jørgen Larsen & Rasmus Ole Rasmussen.

50/82 "HERSLEV - MULIGHEDER FOR VEDVARENDE ENERGI I EN LANDSBY". ENERGY SERIES NO.6.

Rapport af Bent Christensen, Bent Hove Jensen, Dennis B. Møller, Bjarne Laursen, Bjarne Lillethorup og Jacob Mørch Pedersen.

Vejleder: Bent Sørensen.

51/82 "HVAD KAN DER GØRES FOR AT AFHJÆLPE PIGERS BLOKERING OVERFOR MATEMATIK?"

Projektrapport af Lis Eilertzen, Lissi Pedersen, Lill Røn og Susanne Stender.

52/82 "DESUSPENSION OF SPLITTING ELLIPTIC SYMBOLS"

Bernhelm Booss & Krzysztof Wojciechowski.

53/82 "THE CONSTITUTION OF SUBJECTS IN ENGINEERING EDUCATION".

Arne Jakobsen & Stig Andur Pedersen.

54/82 "FUTURES RESEARCH" - A Philosophical Analysis of Its Subject-Matter and Methods.

Stig Andur Pedersen & Johannes Witt-Hansen.

- 55/82 "MATEMATISKE MODELLER" - Litteratur på Roskilde
Universitetsbibliotek.
En bibliografi.
Else Høyrup.
- Vedr. tekst nr. 55/82:
Se også tekst 62/83.
- 56/82 "ÉN - TO - MANGE" -
En undersøgelse af matematisk økologi.
Projektrapport af Troels Lange.
Vejleder: Anders Madsen.
-
- 57/83 "ASPECT EKSPERIMENTET" -
Skjulte variable i kvantemekanikken?
Projektrapport af Tom Juul Andersen.
Vejleder: Peder Voetmann Christiansen.
- Nr. 57 er udgået.
- 58/83 "MATEMATISKE VANDRINGER" - Modelbetragtninger
over spredning af dyr mellem småbiotoper i
agerlandet.
Projektrapport af Per Hammershøj Jensen &
Lene Vagn Rasmussen.
Vejleder: Jørgen Larsen.
- 59/83 "THE METHODOLOGY OF ENERGY PLANNING".
ENERGY SERIES NO. 7.
Bent Sørensen.
- 60/83 "MATEMATISK MODEKSPERTISE" - et eksempel.
Projektrapport af Erik O. Gade, Jørgen Karrebæk og
Preben Nørregaard.
Vejleder: Anders Madsen.
- 61/83 "FYSIKS IDEOLOGISKE FUNKTION", som et eksempel på
en naturvidenskab - historisk set.
Projektrapport af Annette Post Nielsen.
Vejledere: Jens Høyrup, Jens Højgaard Jensen og
Jørgen Vogelius.
- 62/83 "MATEMATISKE MODELLER" - Litteratur på Roskilde
Universitetsbibliotek.
En bibliografi. 2. rev. udgave
Else Høyrup
- 63/83 "CREATING ENERGY FUTURES: A SHORT GUIDE TO
ENERGY PLANNING".
ENERGY SERIES No. 8
David Crossley & Bent Sørensen
- 64/83 "VON MATHEMATIK UND KRIEG".
Bernhelm Booss og Jens Høyrup
- 65/83 "ANVENDT MATEMATIK - TEORI ELLER PRAKSIS".
Projektrapport af Per Hedegård Andersen, Kirsten
Habekost, Carsten Holst-Jensen, Annelise von Moos,
Else Marie Pedersen, Erling Møller Pedersen.
Vejledere: Bernhelm Booss & Klaus Grünbaum
- 66/83 "MATEMATISKE MODELLER FOR PERIODISK SELEKTION I
ESCHERICHIA COLI".
Projektrapport af Hanne Lisbet Andersen, Ole
Richard Jensen og Klavs Frisdahl.
Vejledere: Jørgen Larsen og Anders Hede Madsen

- 67/83 "ELIPSOIDE METODEN - EN NY METODE TIL LINEÆR PROGRAMMERING?"
Projektrapport af Lone Billmann og Lars Boye
Vejleder: Mogens Brun Heefelt
- 68/83 "STOKASTISKE MODELLER I POPULATIONSGENETIK"
- til kritikken af teoriladede modeller.
Projektrapport af Lise Odgård Gade, Susanne Hansen, Michael Hviid, Frank Mølgård Olsen.
Vejleder: Jørgen Larsen.
- 69/83 "ELEVFORUDSÆTNINGER I FYSIK"
- en test i l.g med kommentarer
Albert Chr. Paulsen
- 70/83 "INDLÆRINGS- OG FORMIDLINGSPROBLEMER I MATEMATIK PÅ VOKSENUNDERVISNINGSNIVEAU"
Projektrapport af Hanne Lisbet Andersen, Torben J. Andreasen, Svend Age Houmann, Helle Glerup Jensen, Keld Fl. Nielsen, Lene Vagn Rasmussen.
Vejleder: Klaus Grünbaum & Anders H. Madsen
- 71/83 "PIGER OG FYSIK"
- et problem og en udfordring for skolen?
Karin Beyer, Sussanne Blegaa, Birthe Olsen, Jette Reich & Mette Vedelsby
- 72/83 "VERDEN IFØLGE PEIRCE" - to metafysiske essays, om og af C.S. Peirce.
Peder Voetmann Christiansen
- 73/83 "EN ENERGIANALYSE AF LANDBRUG"
- økologisk contra traditionelt
ENERGY SERIES No. 9
Specialeopgave i fysik af
Bent Hove Jensen
Vejleder: Bent Sørensen
-
- 74/84 "MINIATURISERING AF MIKROELEKTRONIK" - om videnskabeliggjort teknologi og nytten af at lære fysik
Projektrapport af Bodil Harder og Linda Szkotak Jensen.
Vejledere: Jens Højgaard Jensen og Bent C. Jørgensen
- 75/84 "MATEMATIKUNDERVISNINGEN I FREMTIDENS GYMNASIUM"
- Case: Lineær programmering
Projektrapport af Morten Blomhøj, Klavs Frisdahl, Frank Mølgaard Olsen
Vejledere: Mogens Brun Heefelt & Jens Bjørneboe
- 76/84 "KERNEKRAFT I DANMARK?" - Et høringssvar indkaldt af miljøministeriet, med kritik af miljøstyrelsens rapporter af 15. marts 1984.
ENERGY SERIES No. 10
Af Niels Boye Olsen og Bent Sørensen
- 77/84 "POLITISKE INDEKS - FUP ELLER FAKTA?"
Opinionsundersøgelser belyst ved statistiske modeller
Projektrapport af Svend Age Houmann, Keld Nielsen, Susanne Stender
Vejledere: Jørgen Larsen & Jens Bjørneboe

- 78/84 "JÆVNSTRØMSLEDNINGSEVNE OG GITTERSTRUKTUR I AMORFT GERMANIUM"
Specialerapport af Hans Hedal, Frank C. Ludvigsen og Finn C. Physant
Vejleder: Niels Boye Olsen
- 79/84 "MATEMATIK OG ALMENDANNELSE"
Projektrapport af Henrik Coster, Mikael Wennerberg Johansen, Povl Kattler, Birgitte Lydholm og Morten Overgaard Nielsen.
Vejleder: Bernhelm Booss
- 80/84 "KURSUSMATERIALE TIL MATEMATIK B"
Mogens Brun Heefelt
- 81/84 "FREKVENSafhængig LEDNINGSEVNE I AMORFT GERMANIUM"
Specialerapport af Jørgen Wind Petersen og Jan Christensen
Vejleder: Niels Boye Olsen
- 82/84 "MATEMATIK- OG FYSIKUNDERVISNINGEN I DET AUTOMATISEREDE SAMFUND"
Rapport fra et seminar afholdt i Hvidovre
25-27 april 1983
Red.: Jens Højgaard Jensen, Bent C. Jørgensen og Mogens Niss
- 83/84 "ON THE QUANTIFICATION OF SECURITY"
PEACE RESEARCH SERIES NO. 1
af Bent Sørensen
- 84/84 " NOGLE ARTIKLER OM MATEMATIK, FYSIK OG ALMENDANNELSE".
Jens Højgaard Jensen, Mogens Niss m. fl.

ISSN 0106-6242