

IMFUFA **tekst**

- I, OM OG MED MATEMATIK OG FYSIK

YDERLIGERE SPREDT FÆGTNING

Jens Højgaard Jensen

Juni 2010

nr. 470 - 2010

Roskilde University,
Department of Science, Systems and Models, IMFUFA
P.O. Box 260, DK - 4000 Roskilde
Tel: 4674 2263 Fax: 4674 3020

YDERLIGERE SPREDT FÆGTNING

Af: Jens Højgaard Jensen

IMFUFA tekst nr. 470/ 2010

– 72 sider –

ISSN: 0106-6242

”YDERLIGERE SPREDT FÆGTNING” er en samling artikler fra min hånd skrevet siden samlingen ”MERE SPREDT FÆGTNING”, IMFUFA-tekst nr. 404, 2001, der efterfulgte samlingen ”SPREDT FÆGTNING”, IMFUFA-tekst nr.199, 1990.

Jeg har kaldt artikelsamlingen ”YDERLIGERE SPREDT FÆGTNING”, fordi der som for de foregående artikelsamlings vedkommende umiddelbart er tale om spredt fægtning. Også her er artiklerne skrevet til forskellige lejligheder og til forskellige målgrupper. De fleste af artiklerne befinder sig i grænselandet mellem didaktik/pædagogik og uddannelsespolitik svarende til mit engagement i perioden i undervisningsudvikling og universitetspolitik. Udover for mig selv at tjene et ordenshensyn håber jeg, at sammenstillingen af artiklerne gør det muligt for andre end mig selv at øjne, at fægtningen trods alt ikke er mere spredt, end at en betydelig vedholdenhed gør sig gældende.

Jens Højgaard Jensen, juni 2010

INDHOLD

OM GULVVIPVALG OG MAYONNAISERØRING	5
KAN GRUNDTVIG LIDE UNIVERSITETER?	9
TRE GRUNDE TIL FYSIKUNDERVISNING.....	13
PROBLEMORIENTERET PROJEKTARBEJDE: HVAD ER PROBLEMET?	17
FAGLIGHED OG KOMPETENCER	23
RUCS 5 FAGKULTURER.....	25
GYMNASIEREFORMEN OG GALILEIS 3 REVOLUTIONER.....	29
HOLD RUC SAMMEN!.....	41
HVORFOR FYSIK ER SVÆRT.....	43
SAMMENLIGNENDE VIDENSKABSTEORI.	49
FORMELFRI FYSIKUNDERVISNING.....	53
PROBLEMLØSNINGSKOMPETENCE OPNÅET VED HJÆLP AF UFORMALISEREDE OPGAVER - ERFARINGER FRA ET FYSIKKURSUS PÅ RUC.....	57

Den følgende artikel har været trykt i RUCnyt 8/2000-2001.
Den er fra dengang der var demokrati på RUC, som gjorde
afgørende interessemodsatninger tydelige.

Om gulvvipvalg og mayonnaiserøring

Af Jens Højgaard Jensen, lektor i fysik, studieleder for NAT-BAS, observatør i konsistorium.

"Skiller mayonnaise under røringen, må man begynde forfra."

Kogebog for unge husmødre, 1960.

RUC's vipper har tilsyneladende delt sig i "de konservative" og "de reaktionære". For lille udveksling af ideer og erfaringer mellem "de gamle" og "de unge" kan være én af årsagerne til dette symptom på RUC-forfald.

Gulvvipvalg

Der var i januar en af de alt for sjældent forekommende valgkampe her på RUC. Det drejede sig om et suppleringsvalg til den ledige gulvvipplads i Konsistorium efter Inger Jensens valg til prorektor. "Gulvvip" er den brugte betegnelse for de to blandt det videnskabelige personale i Konsistorium, der er valgt til at varetage dette personalets interesser set fra gulvet. De øvrige vip-medlemmer af Konsistorium er formelt set ledelsesrepræsentanter. Forskellen mellem gulvvipperne og ledelsesvipperne mærkes dog ikke særlig tydeligt i Konsistorium til daglig. Og den nylige valgkamp, som på grund af tidspres mest foregik ved hjælp af e-mails, var først og fremmest interessant derved, at de to konkurrerende lister tegnede konturerne af to RUC-politiske partier blandt vip-erne på tværs af anskuelsen af dem som ledere eller ledede.

To partier

Det ene parti er "de konservative". Det mener, at tværfagligheden, det problemorienterede projektarbejde og den fælles studiestruktur på RUC skal forsvares og bevares som fundamentet for fremtidige udviklinger på og af RUC. Det andet parti er "de reaktionære". Det reagerer imod, at der ikke gøres nok for at støtte vipperne i udbygningen af forskningen på RUC. De konservative siger, at de er enige med de reaktionære i, at der finder forskningsfortrængning sted på RUC, at lærernes arbejdsvilkår er pressede, og at det er påtrængende problemer. Men de reaktionære tror ikke, at de konservative vil gøre noget ved det, fordi de først og fremmest tænker på RUC som et undervisningsuniversitet og har deres identitet bundet op på en række RUC-historiske hellige køer. De reaktionære siger, at de er enige med de konservative i, at tværfaglighed og problemorienteret projektarbejde fortsat skal være vigtige RUC-kendetegn. Men de konservative tror, at de reaktionære i praksis vil svække undervisningsprofilen på RUC, fordi de først og fremmest tænker på formodede bedre arbejdsforhold på de klassiske universiteter og har deres identitet bundet op på traditionelle forskningskarrierer.

Vækstinstitutter og stagnationsinstitutter

Ud fra tallene fra stemmeafgivningen og tilkendegivelserne fra enkeltpersoner i sammenhæng med valget ser det – med al mulig forbehold for usikkerheden ved en sådan vurdering - ud som om "de konservative" har fodfæste i institut II (matematik og fysik), institut IV (Tek-Sam), institut V (historie) og institut X (pædagogik). "De reaktionære" ser modsvarende ud til at have deres fodfæster i institut I (biologi og kemi), institut VII (kommunikation, journalistik og datalogi), institut VIII (forvaltning og erhvervsøkonomi) og institut IX (psykologi og filosofi). Medens institut III (geografi og IU) og institut VI (dansk, engelsk, tysk, fransk og sprog- og kulturmødestudier) er erklæret splittede.

Hvis det tegnede billede har noget på sig, er det påfaldende, at skillelinjen ved gulvvipvalget gik på tværs af naturvidenskab, samfundsvidenskab og humaniora. Ligeledes gik skillelinjen på tværs af anvendte fag og grundfag. Det fællestræk, der mest nærliggende falder i øjnene ved "de reaktionære"s hjemmebaner til forskel fra "de konservative"s hjemmebaner, er, at det er miljøer, der inden for de senere år er vokset kraftigt. "De konservative" dominerer i stagnationsinstitutterne, medens "de reaktionære" trives i vækstinstitutterne.

Hverken – eller

En mulig forklaring på mønsteret er, at det er udtryk for en generationskonflikt mellem "de gamle" og "de unge" blandt RUCs vipper. "De gamle" er de, der har gjort turen med fra RUCs ungdom, og for hvem etableringen af RUC som alternativt uddannelseseksperiment har været en hovedsag. "De unge" er de, der er kommet til siden, hvor hovedsagen har været forskningsmeritering for at få fast stilling og udbygning af uddannelseseksperimentet forskningsmæssigt. Der er selvfølgelig sådanne forskellige indgange til RUC for vipperne. Og det ville være mærkeligt, hvis det ikke gav sig udslag i forskelle i RUC-politiske vurderinger.

Polariseringen mellem "de konservative" og "de reaktionære" er imidlertid ildevarslende. Der er ikke noget godt fremtidsperspektiv i at skulle vælge mellem et undervisningstynget RUC uden forskning som fornyelsespotentiale og et traditionaliseret RUC i en sekunda universitetsrolle. Dette enten – eller må erstattes af et hverken – eller gennem dialog mellem "de gamle" og "de unge". Forhåbentlig er armbøjningen mellem "de konservative" og "de reaktionære" – med et billede fra Mogens Niss – ikke udtryk for, at mayonnaisen allerede er skilt. Så er der nemlig ikke andet for end at starte forfra et andet sted. Forhåbentlig kan vi overkomme at røre tilstrækkeligt i mayonnaisen i forhold til den ekstra tilførte olie. Forhåbentlig var gulvvip valgkampen en optakt hertil.

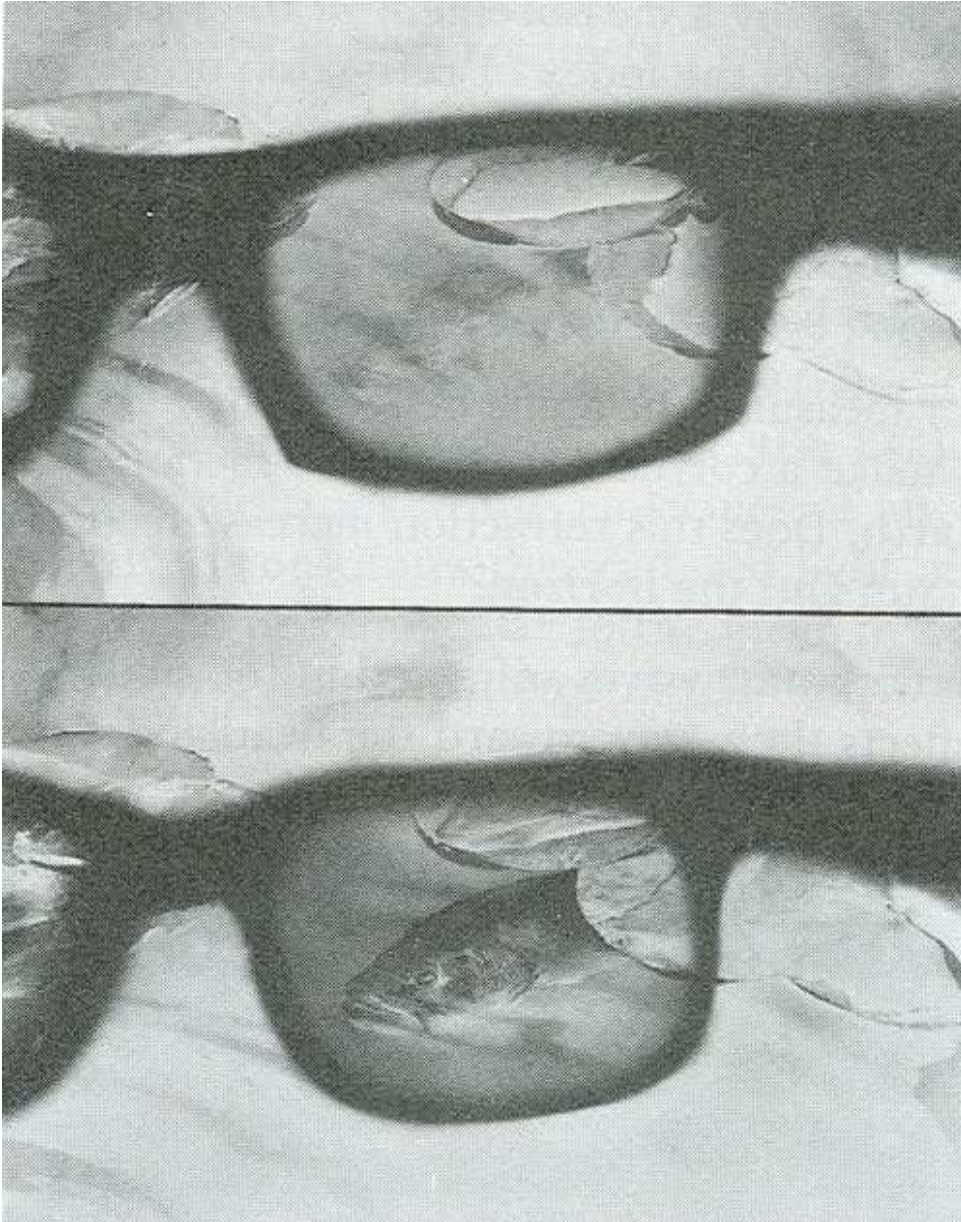


Fig. 37.32 When viewed through ordinary sunglasses (top), the fish is almost completely hidden by the glare reflected by the water. When viewed through Polaroid sunglasses (bottom), the fish becomes visible because the glare is reduced.

“Det sete afhænger af øjnene, der ser”

Den følgende artikel har været bragt i Forskerforum nr. 152, februar 2002. Forskerforum er medlemsblad for blandt andet DM`s og DJØF`s universitets- og forskningsinstitutionsansatte.

Kan Grundtvig lide universiteter?

20 års standardforringelser på universiteterne skyldes, at universitetsmiljøet har meget svært ved at stille offensive og konstruktive krav til det politiske system. Og så skyldes det, at hverken bønder eller arbejdere elsker universiteter...

Af fysiklektor Jens Højgaard Jensen, RUC

Regeringens første udspil til finanslov på universiteterne – **grønthøsteren** – kom i forlængelse af 20 års fortsatte standardforringelser på de danske universiteter - kun afbrudt af en midlertidig opbremsning i starten af 90-erne (med Ole Vig Jensens plan "Universiteter i vækst").

For 20 år siden var der i runde tal en folkeskolelærer for hver 10 elever, en gymnasielærer for hver 10 elever, en naturvidenskabelig universitetslærer for hver 7 studerende og en humanistisk eller samfundsvidenskabelig universitetslærer for hver 14 studerende. Nu er der heldigvis stadig en folkeskolelærer og en gymnasielærer for hver 10 elever. Hvorimod en naturvidenskabelig universitetslærer nu om dage skal løbe 14 studerende op og en humanistisk eller samfundsvidenskabelig universitetslærer 28.

Hvorfor har en sådan standardsænkning fundet sted for specielt universiteterne? Hvorfor diskuteres forskellen mellem handelsskolernes 45.000 kr. per elev og det almene gymnasiums 60.000 kr. per elev og ikke springet til de 24.000 kr. per universitetsstuderende i humaniora og samfundsvidenskab? Hvorfor lægges der i finanslovsudkastet fortsat op til politisk mishandling af universiteterne? Og hvorfor har de relative standardforringelser af universitetsundervisningen i lange tidsrum været større i Danmark end i de øvrige vesteuropæiske lande, bortset fra England?

Svarene må enten skulle findes i særlige forhold i det danske universitetsmiljø eller i særlige forhold i Danmark. Eller begge dele.

Det ene svar handler om universitetsmiljøet:

Det danske universitetsmiljø har meget svært ved at stille offensive og konstruktive krav til det politiske system. Man taler kun med én stemme, når det drejer sig om at forsvare status quo. Jeg har bl.a. oplevet det som medlem af DM's universitetslærerafdelings bestyrelse i to perioder tilbage i henholdsvis 70'erne og 80'erne. Hvis vi f.eks. dengang havde kunnet stå sammen om en enkel politik, der krævede, at undervisningsstandarderne på universiteterne blev fastholdt på niveau med det øvrige uddannelsessystem, og at behovet for forskning udover de undervisningsbegrundede behov skulle tilgodeses via forskningsrådsbevillinger, havde vi formentlig været bedre kørende end vi er. Men i stedet vogtede de nye og de gamle universiteter gensidigt på hinanden, humaniora og naturvidenskab gensidigt på hinanden osv., således at vi alene kunne stå sammen om et defensivt forsvar af den såkaldte UFA-norm. Tiltroen til universiteterne i offentligheden og i det politiske system ville øges, hvis vi var bedre organiserede og mindre splittede. Men desværre er universitetsmiljøet i Danmark svagt og dårligt organiseret. Så vi løber til pressen fra hvert sit hjørne af universitetsverdenen med hvert sit specialproblem. Frem for at kunne fremføre overordnede krav på universiteternes vegne, som der kunne tages sammenhængende politisk stilling til.

Mit andet svar på, hvorfor specielt universiteterne behandles så dårligt i specielt Danmark, handler om Danmark:

Hverken bønder eller arbejdere elsker uden videre universiteter. Og det er svært at befri sig fra den tanke, at de historiske og erhvervsmæssige forhold i jantelovens og Grundtvigs fædreland giver særlig grobund for antiintellektualisme og universitetsmodvilje.

Ikke bare i Danmark er det måske værd at analysere de politiske modsætninger mellem mennesker, der skyldes deres større eller mindre ekspertise, sammenholdt med de politiske modsætninger, der skyldes deres flere eller færre penge. Hvad er værst, at være rig og uinformeret eller fattig og indseende? Hvis fattigdommen er stor er det sidste selvfølgelig værst. Men hvad nu, hvis der ikke er tale om direkte nød? Så er det måske mere både marginaliserende og ydmygende at blive regnet for eller være dum, end det er at være forhindret i at køre på første klasse. Og så er janteloven måske et udtryk for, at der i samfundet finder en kamp om ”merinformation” sted, som der gør det om merværdi. En kamp som universiteterne stadig står centralt i ved at forbeholde lyset for de lærde på en måde, der måske ikke gør folkelig skepsis ubegrundet.

I Danmark, ikke blot Grundtvigs, men også Julius Bomholdts fædreland, hvor almue har skullet gøres til folk, og hvor ikke blot politik og økonomi men også uddannelse og kultur omfattes af demokratiske lighedsideal, kan den folkelige skepsis over for universiteternes elitære tilbøjeligheder godt tænkes at være større end i de fleste andre lande. Ikke fordi de danske universiteter er mere elitære end universiteterne andre steder. Men på grund af en højere grad af skuffede forventninger hos den danske befolkning til muligheden af ikke-elitære universiteter.

I forhold hertil bør universiteterne som de samfundsinstitutioner de er, og af egen interesse, åbne sig mere mod det danske samfund end tilfældet er. Men samtidig må vi kræve at blive respekterede og undlade at snobbe nedad. Med de nuværende forstærkede populistiske strømninger i Danmark er det netop vigtigt, at de danske universiteter på trods af deres trængthed insisterer på, at arven fra oplysningstiden **både** drejer sig om demokratisk lighed **og** oplysning. Og at oplysningen ikke skal ofres på ligemageriets alter. Tværtimod forestår der tydeligvis en kamp for at forsvare ”lyset” som universiteternes hjerteblod.

Af hensyn til samfundet.

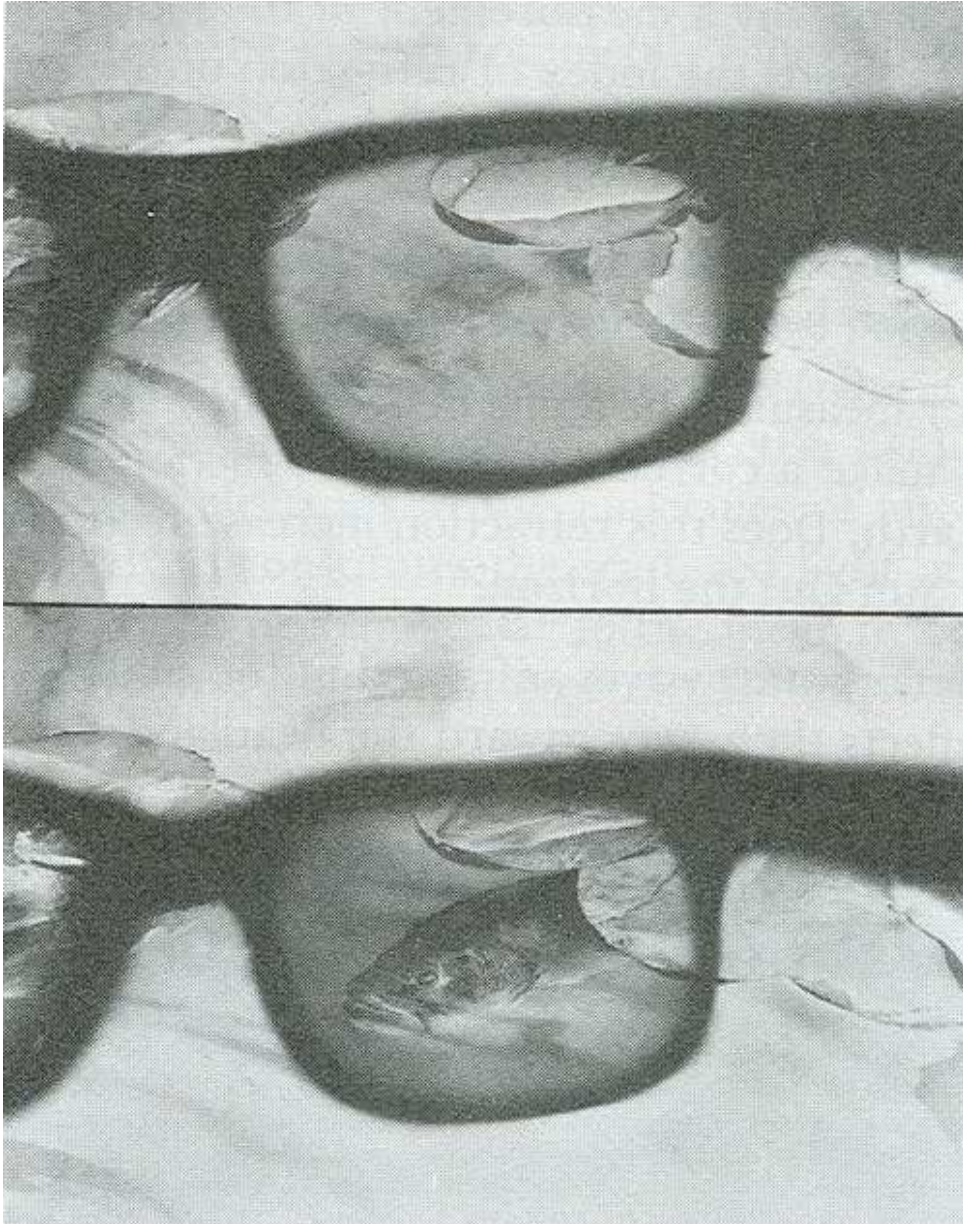


Fig. 37.32 When viewed through ordinary sunglasses (top), the fish is almost completely hidden by the glare reflected by the water. When viewed through Polaroid sunglasses (bottom), the fish becomes visible because the glare is reduced.

“At se er at se bort fra”

Som optakt til gymnasireformen redigerede formanden for Fysiklærerforeningen Gert Hansen og gymnasiefysikfagkonsulenten Carsten Clausen debathæftet "Hvorfor? – et spørgsmål om fysikundervisningen i det almene gymnasium", hæfte nr. 23, Uddannelsesstyrelsen, november 2002. Den følgende artikel er fra dette hæfte.

Tre grunde til fysikundervisning

Af Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, RUC.

En troværdig begrundelse af tilstedeværelsen af faget fysik også i det fremtidige gymnasium forudsætter nuancering. Faget fysik er både et fag om naturen, et eksperimentelt fag og et matematisk fag. Og grundene til i gymnasiet at have henholdsvis fag om naturen, eksperimentelle fag og matematiske fag er ikke de samme.

Videnskabsfaget fysik kan afgrænses ved, hvad det handler om, som ”den Videnskab, der har den uorganiske Naturs Tilstande og Virksomheder til Genstand, for så vidt de ikke høre ind under Astronomi og Kemi.” (Salmonsens Leksikon (1897) om ”Fysik”). Men denne afgrænsning er ikke tilstrækkelig. Fysikken har nemlig ikke til formål at *beskrive* ”den uorganiske Naturs Tilstande og Virksomheder”. Så kunne man også få nok at gøre; naturens tilstande og virksomheder er utallige. Tværtimod vil fysikken søge ind bagved den uorganiske naturs foranderlige umiddelbare fremtrædelser for at finde nogle grundliggende træk og for at udforme begreber hvormed man kan fastholde og forstå disse grundliggende træk - og dermed måske forklare de mere umiddelbare fremtrædelser. Og siden Galileis tid har midlerne i denne søgen været kvantitative eksperimenter og matematiske modeller i en sådan grad., at det eksperimentelle og det matematiske i måske højere grad end genstandsfeltet er karakteriserende for faget.

Undervisningsfaget fysik i gymnasiet behøver ikke - og bør nok ikke - nødvendigvis være en spejling af videnskabsfaget fysik. Men hvad skal undervisningsfaget fysik så være? Og hvorfor skal der undervises i fysik? Vi ligger jo i kølvandet på den videnskabscentrerede læseplanstænkning efter 2. verdenskrig, hvor man netop kunne undvige spørgsmål om hvad og hvorfor med henvisninger til videnskabsfaget, når det gjaldt gymnasiefag som matematik og fysik. Hvorfor vi står lidt på bar bund, når vi skal begrunde fysik i en tid, hvor faget ikke mere selvindlysende sælger sig selv. Hvilket selvfølgelig ikke gør spørgsmålene mindre påtrængende.

Jeg vil forsøge at give mit kortfattede bidrag til besvarelsen af, hvorfor der skal undervises i fysik i gymnasiet og hvad undervisningen skal dreje sig om, med udgangspunkt i, at gymnasiet i sin helhed skal være almindelig og studieforberedende. Og med udgangspunkt i at gymnasiets fysiklærere er uddannet i videnskabsfaget fysik. Eller sagt på en anden måde: Hvordan udnyttes fysiklærernes viden om naturen og kompetencer i at eksperimentere og i at anvende matematik fra deres videnskabelige uddannelse bedst muligt til at imødekomme gymnasieelevernes behov for almindelig og studieforberedelse?

Fysik som et fag om naturen.

Som naturorienteringsfag står fysik svagt i forhold til astronomi, kemi, biologi og geografi/geologi, som er bedre til at levere naturfortællinger, felt - og laboratorieoplevelser og hverdagsrelevans. Jeg hørte engang en pige på ruskurset på RUC illustrere det med følgende erindring: ”Fysiklæreren stod ved tavlen og gennemgik et eller andet. Men der var ingen af os, der hørte efter. I stedet sad vi alle og så på en lille fugl, der sad på en gren uden for vinduet og sang. Da læreren opdagede, at vi alle kiggede på fuglen, og da fuglen samtidig littede fra grenen således at grenen vippede op og ned, forsøgte han at fange vores opmærksomhed ved at sige: ” Er det ikke interessant? Hvis vi nu registrerede vippefrekvensen, så kunne vi udregne fuglens masse!” – Sådan er fysik”. Mente altså pigen, som må have misforstået noget fysikfagligt, men rigtigt havde opfattet, at man i fysik,

hverken interesserer sig for grene eller fugle, men for bagvedliggende (for hende uinteressante) naturlove.

Selvom fysiklærerne selvfølgelig kan bidrage til elevernes almene oplysning om både radioaktivitet, elektriske kredsløb og andre konkrete emner på linje med de øvrige naturfagslærere, er oplevelser af naturens lovbundethed det vigtigste særlige bidrag til elevernes dannelse fra fysiklærernes side. Forudsat det lykkes lærerne at formidle en sådan abstrakt sag. Hvilket kræver medinddragelse af eleverne i en fokuseret undervisningsdagsorden med sagen sat direkte på programmet og ikke forsøgt indsmuglet under dække af noget andet.

Oplevelser af naturens lovbundethed – som fysik er storleverandøren af - har selvsagt stor dannelsesmæssig betydning for både tilværelsestolkning og omverdensforståelse.

Fysik som et eksperimentelt fag.

Det eksperimentelle islæt regnes for vigtigt i gymnasiefysiktraditionen. Begrundelserne er dog varierende og uden indbyrdes sammenhæng. Der argumenteres for eksperimentelt arbejde som en motiverende måde at nærme sig teoretiske begreber på, som et middel til at lære måleteknik, talbehandling, at regne med enheder eller til at få sans for usikkerheder, eller som noget der kan være med til at udvikle respekt for empiri og sans for ”naturvidenskabelig metode”.

I forhold til eksperimentelt arbejde som en vej til begrebstilegnelse må man spørge, om den ikke er unødigt besværlig og dyr sammenlignet med henvisninger til hverdagsfænomener, tankeeksperimenter og tegninger som tankegangsillustrationer.

Hvad angår respekten for empiri og træning i talbehandling m.m. er spørgsmålet, om det ikke opnås lige så godt og måske bedre motiveret i kemi- og biologiundervisningen?

Hvorimod oplevelser med ”naturvidenskabelig metode”, hvis de skal udvikle forståelsen så langt, at det fornemmes at der i virkeligheden findes flere ”naturvidenskabelige metoder”, nødvendigvis også må inddrage oplevelser med det for fysik karakteristiske vekselspil mellem empiri og teori ved hjælp af matematiske modeller og de formålsbestemt tilrettelagte, kunstige situationer, som vi kalder eksperimenter. (Men er det det, der normalt sker ved eksperimentelt arbejde i gymnasiet?)

Under alle omstændigheder bør omfanget af undervisning, hvor der arbejdes selvstændigt og kritisk med tilvejebringelse og behandling af egne måleresultater, nærmere forstærkes, end svækkes i skolesystemet. I gymnasiet både af hensyn til studieforbereðelsen og almindannelsen. For eksempel oplevede jeg at blive uvenner med min datter i hendes folkeskoletid, fordi jeg ikke ville godtage hendes forsvar for pendulsvingning (Svinger pendulet på tværs eller på langs af forbindelseslinjen mellem undersøgelsesobjektet og personen, der holder pendulet?) som undersøgelsesmetode til at afgøre om mad var sund eller usund, om den gravide ville få en dreng eller en pige osv., sådan som hun havde lært det af læreren i skolen. Hvordan kunne jeg tillade mig at betvivle, hvad hun havde set med egne øjne, når jeg ikke engang selv havde været der? Her manglede tydeligvis både noget i almindannelsen og studie/job - forberedelsen fra gymnasiet hos læreren ved fraværet af sans for det kontrollerede eksperiment. (Man kan ikke forvente, at eleverne på eget initiativ udfordrer pendulsvingningsmetoden ved f.eks. at bede om at få et lagen hængt op mellem undersøgelsesobjektet og pendulsvingeren). Der er altså efter min mening ikke tvivl om nødvendigheden af eksperimentelt arbejde også i gymnasiet. Spørgsmålet er imidlertid i hvilket omfang fysikundervisningen er det mest oplagte sted for aktiviteten.

Under alle omstændigheder bør hovedbegrundelsen for det eksperimentelle arbejde i fysikundervisningen gøres klar, så arbejdet kan tilrettelægges i overensstemmelse hermed.

Fysik som et matematisk fag.

Selvom udviklingen af fysik og matematik indtil for 100 år siden har været tæt forbundne, repræsenterer matematik og fysik to ret så forskelligartede slags matematikorienterede kompetencer, hvis der med ”matematik” menes matematik i sig selv - ren matematik. Hvor den rene matematiks logiske ”hvis - så” undersøgelser er beslægtet med noget af det, der foregår i datalogi, drejer det sig i fysik - på samme måde som i dele af økonomi, statistik, kemi og ingeniørfag - om at bringe matematik i spil i situationer, der ikke foreligger matematisk forstrukturerede.

To opgaver fra første kursusgang på det såkaldte ”breddemodulkursus” på fysikoverbygningen på RUC til illustration af, hvad jeg mener: 1) *Hvor langt væk er horisonten?* , 2) *Hvad er den reale beskatningsprocent som funktion af moms, arbejdsmarkedsbidrag og indkomstskatteprocent?* Hvor jeg vil overlade arbejdet med at besvare opgaverne til læseren (Hvis svarene da ikke kendes i forvejen) og koncentrere mig om pointen i sammenhængen her. Den er, at begge opgaver, som de er stillet, udfordrer de studerende og ikke regnes for lette, selvom de set fra et rent matematisk synspunkt ikke kan regnes for at være på universitetsniveau. Den første drejer sig om at anvende Pythagoras sætning, den anden om procentregning og bogstavregning med de fire regningsarter. Et er søkort at forstå, et andet skib at føre. Og et er altså at kunne sin matematik, et andet at kunne bringe den i anvendelse. Et er matematikkompetence, noget andet er formaliserende problemløsningskompetence. Når der – blandt andre - er valgt to introduktionsopgaver, som drejer sig om henholdsvis geometri og økonomi og ikke fysikemner, er det netop for at komme i dialog med de studerende om, at fysik ikke kun er emne defineret. Det hører til uddannelsen af en fysiker, at hun/han udvikler formaliserende problemløsningskompetence i bredere almindelighed.

Spørgsmålet er om det på den gamle matematik- fysik gren ikke dybest set var fysik, der var redskabsfag for matematik, og ikke matematik, der var redskabsfag for fysik. Selvfølgelig forudsætter en del fysikundervisning matematik. Men måske er det en mere afgørende pointe, at fysik kan levere øvelsesbane for at lære at bringe matematik i anvendelse. Og at matematikken forbliver lukket om sig selv, hvis der ikke bruges meget tid på at lære at bringe den i anvendelse.

På samfundsplan er der ikke mangel på forståelse for nødvendigheden af matematikundervisning i uddannelsessystemet. Det ses af matematikundervisningens relativt store omfang både skemamæssigt og hvad angår elevsøgning. Spørgsmålet er imidlertid om samfundet får det, det tror det får, når matematikundervisningen i gymnasiet overlades til matematikere. Eller om fysikersocialiseringen hos fysiklærerne burde bringes mere bevidst i spil for at assistere udviklingen af formaliserende problemløsningskompetence hos eleverne

Sammenfattende mener jeg, at fysik selvfølgelig har en rolle at spille både som naturorienterings fag og som eksperimentelt fag i gymnasiet. Men hvor der er andre fag, der kan udfylde disse roller med måske større tyngde, så er der ikke andre af gymnasiets fag end fysik, der byder sig til på samme måde som øvelsesbane for at anvende matematik. Samtidig er oplevelser med *selv at regne den ud* noget dybt humanistisk personlighedsudviklende og kompetencen eller fraværet af den til at kunne gøre det noget af det, der sætter flest skel i uddannelsessystemet. Det vil derfor være et kæmpe svigt både i forhold til almindelsen og i forhold til studieforberedelsen i gymnasiet, hvis fysik undlader at involvere sig i en kommende gymnasireform som netop et matematisk fag.

Den 9. og 10. oktober 2003 holdt IMFUFA en et - dages 25 års jubilæumskonference med et til den følgende artikel modsvarende oplæg blandt flere. Den planlagte samlede udgivelse af konferenceoplæggene er ikke sket.

Problemorienteret projektarbejde: Hvad er problemet?

Af Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, RUC

Den lidt kryptiske titel kunne også havde heddet:

HOVEDERFARINGER FRA 30 ÅRS PROBLEMORIENTERET
PROJEKTARBEJDSUNDERVISNING PÅ RUC OG PÅ IMFUFA
--- PRÆSENTERET PÅ 30 MINUTTER

Det, jeg har sat mig for, er altså en slags statusopgørelse efter 30 år over vores arbejde med de hårde naturvidenskabsfag inden for rammerne af RUCs projektparadigme. Da det skal ske på 30 minutter vil statusopgørelsen blandt det meget, der kunne siges herom, bestå i udpegning af nogle få pointer, som for mig er de væsentligste.

----- o -----

Først vil jeg forsøge at besvare spørgsmålet:

1) Hvad er problemet, som det problemorienterede projektarbejde skal løse?

Jeg vil tage udgangspunkt i et citat fra en af mine yndlingsreferencer, den russiske anarkist og geograf P. Krapotkin's "Haandens og Hjærnens Arbejde", skrevet 1898 (side 198 i den danske udgave fra 1904):

*"Set i dette Lys er de Resultater, man har naaet i Moskva-Skolen, aldeles ikke forbavsende, og man kunde rimeligvis naa endnu videre, hvis man allerede i de første Undervisningsaar begyndte at anvende disse Principper for Opdragelsen. Vort nuværende Undervisningssystem udmærker sig især ved, at **Tiden bortødsles** paa rent uforsvarlig Maade. Ikke alene lærer vi en Mængde overflødige Ting, men det, der ikke er overflødigt, bliver bibragt os paa en Maade, saa at vi spilder saa megen Tid som vel muligt derved.*

*Vore nuværende Undervisningsmetoder stammer fra en Tid, da de Fordringer, der stilledes til et Menneskes Dannelse, var yderst beskedne, og vi er blevne staaende ved dem til Trods for, at Fordringerne til Kundskab er stegne uhyre, efter at Videnskaben saa stærkt har udvidet sit før meget begrænsede Felt. Deraf følger, at **Eleverne overlæsses**. Det bliver imidlertid tvingende nødvendigt at underkaste baade Undervisningsstoffet og Undervisningsmaaden en alvorlig Revision, der svarer til de nye Fordringer og til de Eksempler, som allerede nogle Skoler og enkelte Lærere har givet os." (mine fremhævninger)*

Som efterlignelsesværdigt eksempel omtaler Krapotkin først og fremmest den nævnte Moskvaskole, som er en teknisk skole i Moskva. Her bliver i f.eks. geometriundervisningen "hver Sætning stillet som en Opgave, Beviset gives ikke paa Forhaand, Eleven bliver nødt til selv at finde det." I modsætning til den normale geometriundervisning. Her "spildes Tiden ganske taabeligt ved at anvende en Metode, der nærmest lægger Vægt paa Udenadslæren. I de fleste Tilfælde læser Eleven Beviset for en Læresætning om og om igen, indtil det rent mekanisk fæster sig i hans Hukommelse."

Det problem, som det problemorienterede projektarbejde skal løse, er, som i Moskvaskolen, at levere en undervisning, hvor tiden ikke bortødsles og eleverne ikke overlæsses. Eller slet og ret: Ambitionen med det problemorienterede projektarbejde er at levere **bedre undervisning**.

Krapotkincitatet er trukket frem for at understrege, at brydningen mellem deduktivt, docerende og induktivt, aktiverende undervisningsstrategier, som projektpædagogikken placerer sig i, ikke er af ny dato. Den brydning har formentlig været der siden Sokrates dage. I statsministerens åbningstale for nylig foreslås den til paratviden kontra at sidde i rundkreds. Og det problemorienterede projektarbejde er altså RUC's 30 år gamle bud på en undervisning, der er bedre, fordi den er induktiv og aktiverende.

Hvordan er tilrettelæggelsen af den bedre undervisning så grebet an på RUC? Lad os se på nøglebegreberne for RUC's projektarbejde:

Problemorientering, deltagerstyring, tværfaglighed, samfundsrelevans, gruppearbejde og eksemplaritet.

(Hvor der her med en pædagogik baseret på "eksemplaritet" eller en "eksemplarisk" pædagogik ikke menes en forbilledlig pædagogik (for at prale), heller ikke en pædagogik, der benytter eksempler (det gøres ved al slags undervisning), men en pædagogik, hvor bevægelsen går fra sigende eksempler imod det almene.)

Blandt disse slagord er det kombinationen af problemorientering, deltagerstyring og eksemplaritet, der peger i retning af en bedre undervisning, som Krapotkin efterlyser den. Gruppearbejdet er karakteristisk for projektarbejdet på RUC, men hænger ikke tvingende sammen med Krapotkins dagsorden. Der er selvstændige begrundelser for det, som kunne fortjene sit eget foredrag, som ikke er det, jeg er i gang med her. Heller ikke slagordene tværfaglighed og samfundsrelevans hænger tvingende sammen med Krapotkins dagsorden. Tværtimod peger kombinationen af slagordene problemorientering, tværfaglighed og samfundsrelevans i retning af en ekstra dagsorden om **samfundsrelaterende undervisning**.

RUC satte sig altså fra starten med det problemorienterede projektarbejde for på én gang at løse de to uafhængige problemer, at levere en bedre undervisning og at levere en samfundsrelaterende undervisning. Som om der er tale om et hele.

----- O -----

I anden halvdel af mit foredrag vil jeg forsøge at besvare spørgsmålet:

2) Hvad er problemet, der skal takles for at realisere problemorienteret projektarbejde?

Også her er svaret, at der er **2** problemer:

A. IMFUFA's problem:

Da jeg i 1972 blev ansat på RUC, skete det blandt andet, fordi jeg i et par år forinden havde været i front med iværksættelsen af projektarbejde ved fysikstudiet på Københavns Universitet. Dels var jeg involveret i at erstatte et kursus i hydrodynamik med projektarbejde (det hed afløsningsopgaver) i hydrodynamik. Dels var jeg involveret i at indlægge projektforsøg i det indledende mekanikkursus

(de nuværende "frie øvelser"). Som det fremgår, var der ikke tale om problemorienterede, deltagerstyrede, tværfaglige, samfundsrelevante og eksemplariske gruppearbejdsprojekter. Der var tale om problemorienterede, deltagerstyrede og eksemplariske gruppearbejdsprojekter. Hvor det, der eksemplarisk skulle belyses, var fagdiscipliner og ikke samfundet. Formålet var kun den ene af de to formål for RUC's projektarbejde: Bedre undervisning. I et samtidigt reformudviklingsarbejde (ARF) for fysikstudiet i sin helhed forsøgte samfundsrelateringen realiseret gennem studiets samlede sammensætning. Og altså ikke i det enkelte projektarbejdsforløb.

I RUC's projektparadigme er ambitionen om bedre undervisning og ambitionen om samfundsrelaterende undervisning som sagt viklet ind i hinanden til en sammenkøbt ret. Inspirationen kom blandt andet fra den tyske sociolog og pædagog Oskar Negts overvejelser over samfundsrelaterende uddannelse af tillidsmænd, hvor sammenfaldet af samfundsrelaterende og induktivt aktiverende undervisning ved at tage udgangspunkt i oplevede samfundsproblemer naturligvis giver god mening. Men det forholder sig ikke lige sådan ved undervisning i matematik og fysik. Man kan **lære noget om** matematik eller fysik ved at tage udgangspunkt i tekniske eller samfundsmæssige problemer. Hvorimod en indfrielse af Krapotkins dagsorden for **tilegnelsen af** matematik eller fysik som sådan kræver, at udgangspunktet er matematiske eller fysiske problemer.

Ved RUC's internationale jubilæumskonference i 1997 om projektpædagogik var det påfaldende, at de udenlandske erfaringer med projektarbejde eller problembaseret læring helt overvejende var gjort inden for medicin- og sundhedsuddannelser, ingeniøruddannelser og "business-studies". Medens de klassiske humaniora- og naturvidenskabsfag var næsten fraværende. Også i udlandet var "problemer" altså blevet oversat til samfundsrelaterede/praktiske problemer som hos Oskar Negt og på RUC. Og så kommer "problemorienteret projektarbejde" alene til at fremstå som et fornyelsesprojekt for anvendte fag.

For at realisere problemorienteret projektarbejde i og om grundfag som IMFUFA's har det under RUC-paradigmet været vigtigt at betone, at der udover:

Tværfaglige, praktiske problemer

også her i verden findes

Faginterne, teoretiske problemer

Og at samfundsrelateringen af fag som matematik og fysik ikke nødvendigvis skal sikres i det enkelte projektarbejde, men i uddannelsen i sin helhed.

B. RUC's problem

Det andet problem, som jeg ud fra vores 30 års erfaring har valgt at nævne som vigtigt at takle ved realiseringen af problemorienteret projektarbejde, er ikke et specielt problem for f.eks. IMFUFA, men et fælles problem for hele RUC. Det drejer sig i korthed om synliggørelse af faglige kompetencer.

RUC's uddannelser er i høj grad kompetencetænkte. Og vi er i en minoritetsposition i forhold til en dominerende pensumtænkning omkring os. Hvilket naturligvis giver os legitimeringsproblemer både indadtil og udadtil. Ikke sådan, at det problemorienterede projektarbejde ikke anerkendes som værdifuldt. Men sådan, at dets betydning fejlagtigt først og fremmest anses at være de sociale og

generelle kompetencer, som gruppearbejdet og projektarbejdsprocesserne udvikler. En række kompetencer, som altså ligger udover de faglige. Og som altså realiseres i projektarbejdet. Hvorimod fagligheden – igen fejlagtigt - først og fremmest tænkes tilgodeset i de pensumtænkte kurser ved siden af. Hvorfor fagligheden anses for at være af begrænset omfang, da projektarbejdet optager så stor en del af tiden. Som eksempel på tankegangen var vores rektor for nogle år siden uheldig med at blive tillagt det svar på kritik i aviserne fra en RUC-studerende af lavt fagligt niveau på RUC, at de RUC-studerende til gengæld tilegnede sig generelle kompetencer. Den RUC-studerende argumenterede ud fra obligatorisk pensumindhold på RUC sammenlignet med andre steder.

Udviklingen af generelle kompetencer inden for rammerne af projektpædagogikken er vitterligt en af forcerne ved uddannelserne på RUC. Men projektpædagogikken er også – rigtig administreret – en effektivere måde at opnå specifikke faglige kompetencer på end traditionel kursuspædagogik, jævnfør Krapotkin og Moskvaskolen. Det er også den erkendelse, der ligger bag den vægt, der lægges på specialet ved de øvrige universiteter. Men hvordan beskriver man egentlig det faglige kompetenceudbytte af arbejdet med specialet? Hvad er det for faglige kompetencer specialearbejdet eksemplarisk skal rette sig imod? Det volder i almindelighed universiteterne vanskelighed at forklare på anskuelig vis, uanset enigheden om vigtigheden af specialerne. Og på samme måde har vi på RUC svært ved at sætte ord på det faglige udbytte af projektarbejdet, selvom de studerende oftest finder det større end det faglige udbytte af kurserne. Som til gengæld overfladisk set nemt lader sig karakterisere ved deres pensumindhold.

Jeg har ladet mig fortælle, at man tidligere i landsbyskoler langt fra badevand har undervist i disciplinen ”tørsvømning” ved at eleverne liggende på skamler skulle udføre svømmetag. Med henvisning hertil kan det problemorienterede projektarbejde siges at være et forsøg på at levere bedre undervisning på samme måde, som svømmeundervisning i vand er bedre end tørsvømningundervisning. Og i dette billede er det ikke så vanskeligt at forklare kompetencen, som undervisningen retter sig imod. Det drejer sig om noget enhver kan få øje på, nemlig at kunne svømme (til forskel fra blot at kunne svømmetag). Men hvordan beskriver man for en udenforstående f.eks. evnen til at tænke som en fysiker (til forskel fra blot at kunne genfortælle noget fysik)? Majoritetskulturen behøver normalt ikke anstrenge sig med den slags i øvrigt ønskelige beskrivelser, da de fleste er indforståede med dens normer. Men i den minoritetsposition, vi er i på RUC, er vi nødt til at tydeliggøre de faglige kompetencer, der opnås gennem det problemorienterede projektarbejde. Mere end vi gør. Og det er lige så svært, som det er nemt at opskrive en emneliste.

----- 0 -----

Det var, hvad jeg i korthed har valgt at trække frem fra 30 års erfaringer med problemorienteret projektarbejde og de hårde naturvidenskabsfag. I betragtning af, hvor meget der i denne sammenhæng kunne siges om erfaringerne med fag og tværfaglighed, kollektive og individuelle undervisningsforløb, uddannelser og samfund, lærer- og elevroller og meget mere, som jeg ikke er kommet ind på her, ligger den kraftigste meddelelse fra de 30 års erfaringer nok i selve udvalget af, hvilke pointer blandt de mange, jeg har fundet det væsentligst at fremdrage.

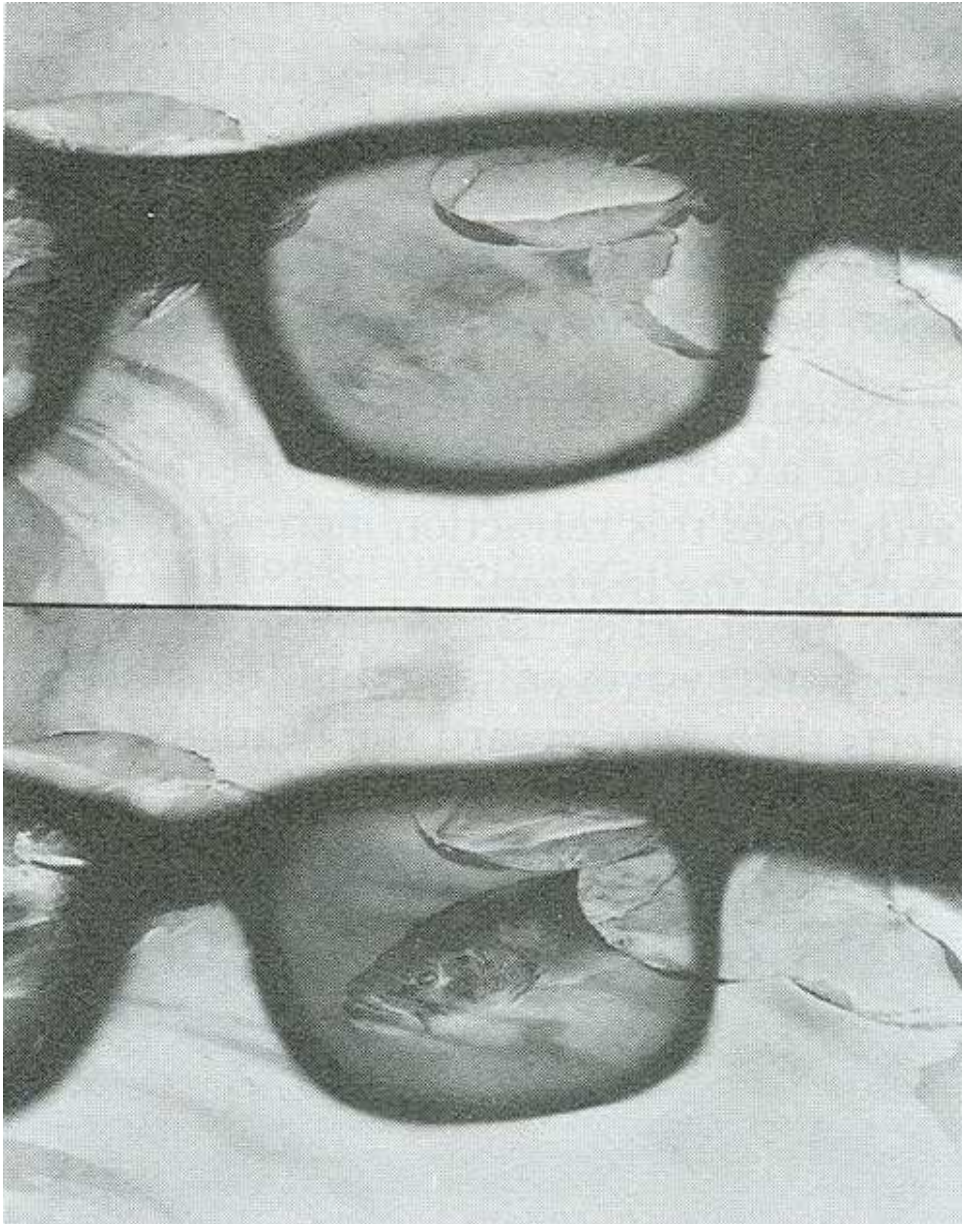


Fig. 37.32 When viewed through ordinary sunglasses (top), the fish is almost completely hidden by the glare reflected by the water. When viewed through Polaroid sunglasses (bottom), the fish becomes visible because the glare is reduced.

“Modsætningen til at overse er at se bort fra”

Det følgende debatindlæg som reaktion på Anders Fogh Rasmussens angreb på ”rundkredspædagogikken” blev forgæves forsøgt optaget i diverse aviser. Det har været bragt i RUCnyt 5/2003-2004.

Faglighed og kompetencer

Skal man lære paratviden eller sidde i rundkreds i skolen? Idiotisk spurgt. Men også på RUC kan debatten måske alligevel give anledning til klaring af nogle begreber.

Af Jens Højgaard Jensen, studieleder for den naturvidenskabelige basisuddannelse..

Tænk på faglighed som paratviden og kompetencer som sociale færdigheder. Så har du sammen med andre gode kræfter store muligheder for at kunne bidrage ødelæggende til den pædagogiske debat.

Faglighed er *også* paratviden. Og paratviden er uundværlig. Som ordforråd er det, for at kunne tale et sprog, selvom der findes ordbøger. Men faglighed er *ikke kun* paratviden, ligesom sprogbeherskelse ikke kun er et spørgsmål om ordforråd. Og i mange sammenhænge er paratviden måske den mindste del af fagligheden. Tænk f.eks. på fagligheden at være en god bilist. For at være en god bilist kræves paratviden om færdselsregler, færdselstavler osv. Men man kan ikke uddanne en god bilist alene ved den paratvidensorienterede teoriundervisning, fordi kørselsfærdighed i trafikken kræver meget mere end paratviden. Hvad dette mere er, er ikke så nemt at beskrive, selvom den motorsagkyndige godt kan genkende det ved køreprøven. Fagligheden at være en god bilist er snarere udtryk for en kompetence end for paratviden.

Kompetencer er *også* sociale færdigheder. Og sociale færdigheder er uundværlige i menneskers både private og professionelle liv. Hvorfor uddannelsessystemet derfor også bør give sine bidrag til udviklingen af dem. Ved at sidde i rundkreds eller på anden vis. Men kompetencer er *ikke kun* almene kompetencer. Kompetencer er også kernen i mange slags fag. Når der i forordet til en gammel filosofibog stod, at filosofi ikke er noget, der kan læres, hvorimod det lader sig gøre at lære at filosofere, er det f.eks. udtryk for en forståelse af faget filosofi som kompetence snarere end paratviden. Filosofihistorisk paratviden er oplagt hensigtsmæssig som reference, men i sig selv af begrænset værdi, hvis ikke den benyttes til at kommunikere selvstændige tanker med.

I de fleste fagligheder indgår kompetencer og paratviden i et høne - æg forhold på samme måde som sprogbeherskelse og ordforråd gør det i forhold til hinanden. Og spørgsmålet er, om det ikke er i arbejdet med at øge sprogbeherskelsen, at udvidelsen af ordforrådet mest effektivt finder sted. Og at denne pointe er nok så interessant at forholde sig til, som den banale, at sprog forudsætter ord. Måske er stedsans og kortforståelse, f.eks. udbygget af orienteringsløb, afgørende for, hvor nemt det er at huske, hvor Nakskov og andre byer ligger. Ikke blot er faglighed noget andet og mere end paratviden. Det er også tvivlsomt om faglighed typisk starter i paratviden.

Tilrettelæggelse af terperi kan enhver. Tilrettelæggelse af omstændigheder, der fremmer udvikling af både kompetencer og paratviden til fungerende fagligheder er en kunst, som uddannelsessystemet er sat til at varetage.

Giv det en chance!

Den følgende artikel er skrevet til RUCnyt og var trykt i nr. 4/2004-2005 med sigte på den kommende uddannelsesstrukturdiskussion på RUC. Jeg har også med udgangspunkt i artiklen holdt oplæg på DUN- konferencen ”Den faglige vending i universitetspædagogikken: fra almen pædagogik til fagdidaktik” 11.-12. maj 2010 på CBS. I oplægget stillede jeg spørgsmålet om artiklens 5 skitserede fagkulturer kunne vedrøre universiteterne i det hele taget og ikke blot RUC.

RUCs 5 fagkulturer

På RUC har vi 25 overbygningsfag, der indbyrdes kan kombineres på 294 forskellige måder. Den store tværfaglige udfordring ligger imidlertid ikke i mængden af fagkombinationer, men når der kombineres på tværs af RUCs 5 fagkulturer.

Af Jens Højgaard Jensen, lektor i fysik ved IMFUFA og studieleder for nat – bas.

Når vi på RUC for os selv og andre skal forklare de tværfaglige pointer i vores kombinationsstruktur, sker det på to ret så forskelligartede måder. Hver svarende til ret så forskelligartede opfattelser af, hvorfor tværfaglighed er godt.

To slags tværfaglighed

Den ene forklaring går ud fra en opfattelse af tværfaglighed som fagintegration rettet imod et problem- eller praksisfelt.. Hvor fidusen ved kombinationsstrukturen så er, at den på en ubureaukratisk måde inviterer til fagsamarbejder og ajourføring af fagsamarbejderne alene i kraft af initiativer fra involverede lærere og studerende. Den anden forklaring går ud fra gensidig fagperspektivering som en afgørende pointe ved tværfagligt samarbejde. Hvor kombinationsstrukturens dobbeltfaglighed som noget særligt for RUC er en invitation til at blive uddannet som faglig kosmopolit med to forskellige faglige fædrelande.

Faggeografi og RUCs kulturkløfter

I forhold til ambitionen om at uddanne faglige kosmopolitter i kraft af kombinationsstrukturens dobbeltfaglighed er kulturafstanden imellem de to fag afgørende. At være barn af en østriger og en tysker giver større spændvidde end at være barn af en sjællænder og en jyde. Men at være barn af en tysker og en franskmænd giver selvfølgelig en afgørende større forudsætning for at kunne spænde over europæiske kulturkløfter.

Hvor ligger da kulturkløfterne på RUC? At operere med 25 fagkulturer svarende til RUCs 25 overbygningsfag er som at beskrive kulturforskellene i Europa ved at henvise til EU's 25 medlemsstater. Så er der trods alt sagt mere ved f.eks. at sige, at Europa er præget af sammenstød imellem en empirisk og pragmatisk orienteret angelsaksisk kultur, en idealistisk og teoretisk orienteret germansk kultur og en formelt og rationalistisk orienteret romansk kultur. (Og? Og?)

Her er mit tilsvarende forsøg på en kvalitativ beskrivelse af RUCs faggeografi ved 5 fagkulturer:

RUCs 5 fagkulturer

Den matematisk modellerende fagkultur.

På RUC eksisterer kulturen først og fremmest i IMFUFA (Institut for Matematik og Fysik), hvor den er dominerende. Derudover eksisterer den på RUC som minoritetskultur i mindre enklaver i Kemi, Datalogi og Økonomi. På RUC spiller kulturen omfangsmæssigt ikke den store rolle, som den f.eks. gør på Danmarks Tekniske Universitet (DTU).

Den empirisk eksperimenterende fagkultur.

Denne kultur er på RUC først og fremmest hjemmehørende i Institut for Biologi og Kemi, hvor den er dominerende. Derudover findes den som minoritetskultur i IMFUFA, Geografi og Tek-Sam. Uden for RUC er den f.eks. den dominerende fagkultur på Landbohøjskolen (KVL).

Den dialektisk reflekterende fagkultur

Det er den klassiske universitetskultur, som på RUC særligt præger humaniorafagene Filosofi, Historie og sprogfagene. Men kulturen rækker også indover de øvrige humaniorafag, samfundsvidenskab og IMFUFA. Kulturens primære hjemsted uden for RUC er de humanistiske fakulteter på de traditionelle universiteter.

Den sagsorienteret analyserende fagkultur Kulturen er på RUC dominerende på Forvaltning, Erhvervsøkonomi, IU og Tek-Sam. Det er i det hele taget den dominerende fagkultur på RUC med baggrund i RUCs ambitioner om samfundsrelevans. Handelshøjskolerne er et eksempel på institutioner uden for RUC, der er domineret af kulturen.

Den konstruktivt skabende fagkultur

På RUC er kulturen samlet i Institut for Kommunikation, Journalistik og Datalogi (og nu Performance Design). Hvor de øvrige 4 fagkulturer er analytiske i deres karakter, orienterer kulturen sig nærmere imod konstruktion end analyse. Et eksempel på en institution uden for RUC, hvor kulturen dominerer, kunne være Arkitektskolen.

Og hvad så?

Jeg er godt klar over, at skitsen er grov og slet ikke kan bruges til klassifikation i almindelighed. En teoretisk fysiker kan med rimelighed placeres i den matematisk modellerende fagkultur. En eksperimentalfysiker på én gang i den matematisk modellerende fagkultur og den empirisk eksperimenterende fagkultur. Men hvad med en elektroingeniør? Her er ikke blot disse to, men også den konstruktivt skabende fagkultur eller den sagsorienteret analyserende fagkultur i spil. Eller hvad med en læge? Her er både den empirisk eksperimenterende fagkultur og den sagsorienteret analyserende fagkultur på banen. Eller en jurist placeret i en blanding af den sagsorienteret analyserende fagkultur og den dialektisk reflekterende fagkultur? Eller hvad med en fysiklærers behov for både at kunne modellere matematisk, kunne eksperimenter og kunne reflektere over sin undervisning? Pointen med de 5 fagkulturer er altså ikke, at de kan eller skal bruges til at putte folk i bås.

Tværtimod er det min hensigt at bidrage til, at RUC kan fortsætte med at udmærke sig ved at være et universitet, hvor der arbejdes med at bygge broer over fagkulturkløfter. Og det forudsætter en kortlægning af kløfterne. Ikke mindst i den aktuelle situation med optræk til både ny studiestruktur og ny ledelse kan det måske vise sig vigtigt med en fælles forståelse på RUC af, hvad det er RUC er sammensat af.

Den sædvanlige måde at beskrive faggeografien på, svarende til den måde vi er organiseret på i naturvidenskab, samfundsvidenskab og humaniora (eller hum, sam, nat og nat/sam) og 25 fag, røber efter min vurdering ikke, hvor *kulturkløfterne* er. En fagkombination af det empirisk eksperimentelle kemifag og det matematisk modellerende fysikfag eller et tilsvarende forskningssamarbejde vil f.eks. normalt kunne foregå uden brobygning, da der findes mange veletablerede både/og kulturer på grænseområder imellem de to fag. Hvorimod f.eks. en kombination af matematik og biologi afgjort forudsætter brobygning, fordi de to fag mere entydigt placerer sig i hver sin fagkultur. En kombination af Socialvidenskab og Geografi giver heller ikke anledning til store kultursammenstød, hvis det er socialgeografi, som Socialvidenskab kombineres med. Hvorimod en kombination af naturgeografi med f.eks. Erhvervsøkonomi er et krævende projekt (svarende til Tek-Sam's projekt gennem mange år med at få den empirisk eksperimentelle natkultur i miljøet og den sagsorienteret analyserende samkultur i miljøet til at spille sammen). Opdelingen i hovedområder og fag er nærmest en opdeling efter emner. Men det er ikke forskelle i emner så meget som forskelle i arbejdsmåder, der skiller fagkulturerne fra hinanden. Det er derfor det, jeg har forsøgt at indfange med skitsen af de 5 fagkulturer.

Jeg er klar over, at arbejdsmåderne i de 5 fagkulturer burde beskrives nøjere end blot ved overskrifter, som jeg har gjort. Men alligevel: Hvor skævt har jeg ramt?

Den følgende artikel har været trykt i det første nummer af MONA, september 2005 samtidigt med, at gymnasiereformen var vedtaget, men ikke indkørt og erfaret. MONA er et dansk matematik – og naturfagsdidaktisk tidsskrift for undervisere, forskere og formidlere.

Gymnasireformen og Galileis 3 revolutioner

Jens Højgaard Jensen

IMFUFA, Roskilde Universitetscenter

Galilei var på en gang revolutionær på tre fronter: Han var med til at ændre verdensbilledet, han var eksperimentalist på den nye måde, og han arbejdede ”som matematisk videnskabsmand” på den nye måde. Det er nok lige så vigtigt at gymnasiet introducerer til Galileis og efterfølgeres revolutionerende nye tankegange og arbejdsmetoder, som til nye naturvidenskabelige resultater fra Galilei og siden hen – begge dele er nemlig naturvidenskabeligt almendannende samtidig med at være studieforberevende til naturvidenskabelige og tekniske fag. Mon gymnasireformen vil levere varen?

Indledning

”Den videnskabelige revolution” fra historiebøgerne fandt først og fremmest sted inden for det hjørne af videnskaberne der bestod af matematik, astronomi og mekanik (bevægelseslære), hvorved kølen lagdes til det der nu kaldes fysik. På samme måde som fysik samtidigt er et fag om naturen, et eksperimentelt fag og et matematisk fag, var den videnskabelige revolution sammensat af tre revolutioner. Den revolutionære Galilei var således samtidigt nyskabende ved sit verdensbillede, sin brug af eksperimenter og sin brug af matematiske modeller. Og det er ikke mindst overførslen siden hans tid af hans eksperimentelle og matematiske metoder også udover fysikkens grænser der kan berettige den brede betegnelse ”den videnskabelige revolution” om det nybrud som han både demonstrerede og var en af de fremmeste talsmænd for i sin tid.

I den nye gymnasireform for det almene gymnasium er et af målene at sikre en større rekruttering til de naturvidenskabelige og tekniske videregående uddannelser. Men herudover satses der også bredere på at det almene gymnasium for alle i gymnasiet skal være naturvidenskabeligt dannende. Også naturvidenskabsundervisningen skal levere sit bidrag til opdragelsen af eleverne til omverdensforståelse, selvforståelse og personlig myndighed.

I artiklen her vil jeg forsøge at vurdere det nye gymnasiums muligheder for at leve op til reformmålet om at være naturvidenskabeligt almendannende og til reformmålet om at være studieforberevende til tekniske og naturvidenskabelige videregående uddannelser. På linje med mange andre fra den naturvidenskabelige verden er jeg skeptisk. Og det hænger for begge de to reformmåls vedkommende sammen med at der i almindelighed ikke er forståelse for sammensætheden af og dybden i ”naturvidenskabelig dannelse”. Det forstås i almindelighed ikke at udskiftningen af viden i skabet var den mindste del af Galileis revolution. Den mest afgørende del handlede om metoderne til at skaffe sig viden på.

Inden jeg forklarer mig nærmere, er det imidlertid måske på sin plads over for læseren at redegøre for hvad dette er for en slags artikel. Det er ikke en artikel der, angående de naturvidenskabelige fag, påtager sig at beskrive proces eller produkt i gymnasireformen i nogen detalje. Det er heller ikke en artikel der forsøger at kaste lys over gymnasireformens forhold til den aktuelle didaktiske litteratur om f.eks. kompetenceovervejelser i forhold til naturvidenskabelige fag. Og det er slet ikke en videnskabshistorisk artikel om Galilei. Artiklen er derimod et analytisk essay der forsøger at vurdere de naturvidenskabelige fags stilling i gymnasireformen i fugleperspektiv, først og

fremmest ud fra 35 års erfaringer med naturvidenskabelige uddannelsesproblemer. Og erfaringer med hvordan problemerne er blevet diskuteret gennem 35 år. Primært fra RUC, som jeg har deltaget i opbygningen af fra starten i 1972, og hvor jeg i disse år fungerer som studieleder for det naturvidenskabelige basisstudie. I forhold til gymnasiet har jeg i det væsentlige observeret fra sidelinjen. Folkeskolen ved jeg ikke så meget om.¹

Min overordnede vurdering er at indfrielsen af de naturvidenskabelige fags særlige potentielle bidrag til gymnasieundervisningen, i form af udviklingen af eksperimentelle og matematiske problemløsningskompetencer hos eleverne, vanskeliggøres af gymnasiets stærkt fagopsplittede organisering. Fordi fagene kan komme til at skygge for kompetencerne når det er fagene og ikke kompetencerne der dagsordensættes. Som modvægt forsøger jeg med min henvisning til ”Galileis 3 revolutioner” (mit udtryk) at italesætte de efter min vurdering afgørende kompetencer forud for fagene. Det næste afsnit tjener derfor alene det formål at tydeliggøre de ”3 revolutioner”. Afsnittet er først og fremmest skrevet på baggrund af en ældre populævidenskabelig artikel af videnskabshistorikeren Olaf Pedersen (Pedersen, 1966), som har inspireret mig. Og afsnittet gør som sagt ikke krav på at være videnskabshistorie.²

Galileis 3 revolutioner

Galileo Galilei (1564-1642) er kendt for processen imod ham, hvor pavekirken dømte ham til livsvarig husarrest og tvang ham til knælende og i bar skjorte at afsværge at jorden bevæger sig. At Galilei umiddelbart efter dommen skal have mumlet: ”Men den bevæger sig dog”, er en senere fabel. Det er også kendt at Galilei med sine nybrydende kikkertobservationer selv havde leveret en del af skytset til sit propagandafelttog for det copernicanske verdensbillede med jorden kredsende omkring solen. Han kunne se at planeterne ikke blot er lysende prikker, men at de havde udstrækning, og at de må befinde sig langt nærmere jorden end stjernerne. F.eks. havde Merkur og Venus faser på samme måde som månen. Og han kunne med sin kikkert se Jupiters måner, som sammen med Jupiter selv udgjorde et eget lille copernicansk system.

Udover for sine kikkertobservationer, sin kamp for det copernicanske verdensbillede og retssagen imod ham, er Galilei også kendt for sin opdagelse af faldloven, $s = \frac{1}{2}gt^2$. Men hvori ligger egentlig det revolutionerende i denne opdagelse? De fleste danske skoleelever vil enten i folkeskolen eller i gymnasiet (eller begge steder) ved hjælp af såkaldte timerstrimler selv have prøvet at kortlægge sammenhængen mellem faldvejen s (givet ved en længde timerstrimmel) og faldtiden t (givet ved et antal prikker afsat på den pågældende længde strimmel). Og også ofte være nået frem til $s = \frac{1}{2}gt^2$, som er Galileis resultat udtrykt i vore dages algebraiske notation. Og hvad så? Umiddelbart, så ikke mere. Der er egentlig ikke noget fantastisk revolutionerende ved faldloven isoleret set. Og der

¹ Artiklen skal som omtalt ikke læses for at få detailinformationer om hverken gymnasiet eller folkeskolen. Jeg har ved udarbejdelsen gennemlæst gymnasiereformens nye fagbeskrivelser af matematik og naturfagene (Undervisningsministeriet, 2005). Alligevel kan artiklen med sit meget overordnede greb på forskellige punkter godt være udtryk for fordomme hos mig. Blandt andet fordi jeg af erfaring nærer skepsis over for at tage uddannelsesbestemmelser som et for direkte udtryk for uddannelsespraksis. Derfor er mine vurderinger i høj grad udtryk for tolkninger.

² Jeg er blevet gjort opmærksom på, at nyere forskning i Galileis arbejde med faldloven har nuanceret billedet i forhold til Olaf Pedersens gennemgang. Interesserede læsere henvises til (Matthews, 1998).

havde ikke været noget revolutionerende i Galileis opdagelse af faldloven, hvis opdagelsen var gjort som en kortlægning ved hjælp af en timerstrimmel. Det revolutionerende hos Galilei lå nemlig ikke så meget i resultatet han nåede frem til, som i måden han nåede frem til resultatet på. Idet jeg følger Olaf Pedersens omtalte artikel (Pedersen, 1966) vil jeg forsøge kort at skitsere hvori det revolutionerende i Galileis arbejdsmetoder lå.

Galileis problem var ikke umiddelbart, hvordan faldvejen s afhang af faldtiden t . Hans problem var - i forlængelse af en diskussion middelalderen igennem - hvilken simpel beskrivelse der gjaldt for momentanhastigheden ved et frit fald: 1) voksede faldhastigheden proportionalt med faldvejen; $v(s) = ks$, eller 2) voksede faldhastigheden proportionalt med faldtiden; $v(t) = kt$? Hypotesen var altså, at der i det frie fald måtte være en simpel proportionalitet imellem v og enten s eller t . Og spørgsmålet var så, om det var s eller t som v voksede proportionalt med.

Men Galilei havde ikke nogen måde at måle momentanhastighed på. Derfor erstattede han undersøgelsen af hypotesen $v = kt$ med en undersøgelse af den matematisk ækvivalente hypotese $s = \frac{1}{2}kt^2$. (Franskmanden Nicole Oresme havde i det 14. århundrede udviklet en metode der for Galilei kunne gøre det ud for vore dages integration af $v = kt$ til $s = \frac{1}{2}kt^2$.) Og hypotesen $s = \frac{1}{2}kt^2$ havde den fordel fremfor $v = kt$ at den omhandlede de to målbare størrelser s og t . I princippet. For i praksis er faldtiden fra toppen til foden af f.eks. det skæve tårn i Pisa blot ca. 3 sekunder. Og med datidens kendte tidsmålere var det derfor ikke muligt – som det nu er med timerstrimlen - at måle s som funktion af t direkte for det frie fald. I stedet måtte Galilei gå en omvej rundt om at eksperimentere med kugler der ruller ned ad en skrånstillet kuglerende. Ved at gøre hældningen af kuglerenden tilstrækkelig lille kunne faldtiden gøres tilstrækkelig stor til at den kunne måles med de vandure som han havde til sin rådighed. Og for kuglernes bevægelse ned ad kuglerenden fandt han det bekræftet at s var proportional med t^2 .

Herudfra kunne det så konkluderes at hypotesen at hastigheden voksede jævnt med tiden, var den rigtige for kuglerne i kuglerenden. Men hvordan sætte denne konklusion i forbindelse med det frie fald? Det gjorde Galilei via forsøg med svingende penduler. Her kunne han nemlig ræsonnere sig til at hastigheden af et pendul i bundstillingen ikke afhang af pendulets bane, men alene var bestemt af den lodrette faldhøjde fra startstilling til bundstilling. Og tilsvarende gik han derfor ud fra at hastigheden af kuglen i kuglerenden var den samme som ved et frit fald med samme lodrette faldhøjde. Da dette gjaldt for enhver lodret faldhøjde betød det endeligt, at det frie fald og bevægelsen i kuglerenden afhænger af tiden på samme måde. Altså at hastigheden vokser jævnt med tiden også i det frie fald.

Jeg håber hermed at have fået antydning nok til, at afstanden fra den blotte kortlægning af $s = \frac{1}{2}gt^2$ ved hjælp af en timerstrimmel kan fornemmes. Galileis metode var ikke induktiv, som timerstrimmelforsøget i princippet gør det ud for at være, men tværtimod hypotetisk-deduktiv. Og hovedinstrumenterne han benyttede sig af var *kvantitative eksperimenter* og *matematiske modeller*. I vekselspil.

Ifølge Galilei var naturens store bog skrevet i matematik. Og for at undersøge naturen måtte der opstilles matematiske hypoteser om den som der kunne afledes matematiske konklusioner af. Disse skulle så konfronteres med eksperimenter. Og eksperimenterne skulle ikke som hos hans forgængere blot tjene til at demonstrere naturfænomener kvalitativt. Eksperimenterne skulle

tværtimod for at kunne sammenholdes med de matematiske konklusioner være kvantitative og munde ud i tal.

Stikordsmæssigt kan Galileis bidrag til ”den videnskabelige revolution” sammenfattes under de tre overskrifter:

1. Det copernicanske verdensbillede.
2. Kvantitative eksperimenter.
3. Matematiske modeller.

Galilei polemiserede imod samtidens Aristotelikere for hvem ”det at filosofere kun er (og ikke kan være andet end) at foretage en omfattende analyse af Aristoteles` skrifter”. (Pedersen, 2000, s.87). I stedet for at se naturen gennem Aristoteles` øjne burde de selv studere den direkte, som Galilei havde demonstreret det muligt ved brug af kvantitative eksperimenter og matematiske modeller. Og det var mere denne kritik end hans propaganda for det copernicanske verdensbillede der i begyndelsen lå bag forfølgelsen af ham (Pedersen, 2000, s.87).

Naturvidenskabelig almindelse

Ved et forsøg på at skyde sig ind på hvad det lidt svævende begreb naturvidenskabelig almindelse med rimelighed kan tillægges af betydning, kan en mnemoteknisk henvisning til Galilei, som jeg er i gang med, både være vildledende og vejledende.

Det vildledende opstår hvis Galileis metode, som jeg har forsøgt at antyde den ved gennemgangen af hans arbejde med det frie fald, tages som udtryk for ”den naturvidenskabelige metode”. Der eksisterer efter min erfaring nemlig ikke en enkelt, fælles naturvidenskabelig metode på tværs af de naturvidenskabelige fag. Og Galileis matematiske og empiriske, hypotetisk-deduktive metode er - uanset at den siden ”den videnskabelige revolution”, med rette eller urette, har været benyttet som forbillede bredt - rent faktisk først og fremmest til stede i faget fysik. Og her i sin rene form faktisk kun i dele af faget. Hvorimod der, når der tales om naturvidenskab i almindelighed, i meget højere grad er tale om induktive metoder, som den direkte kortlægning af det frie fald med timerstrimmel. Og f.eks. er de naturhistoriske fag i høj grad præget af ikke-matematiske modeller og kvalitative observationer der som navnet siger bl.a. drejer sig om at forstå naturfænomener ud fra tidlige udviklingsdynamikker. Hvilket er et ret så anderledes fagparadigme end Galileis.

Men selvom Galileis videnskabelige metode i praksis ikke gør det ud for en fælles naturvidenskabelig metode, så er henvisningen til ham i sammenhæng med naturvidenskabelig almindelse alligevel relevant på to væsentlige punkter.

For det første tjener henvisningen det relevante formål at få betonet at naturvidenskaberne i forhold til andre fagligheder både er karakteriseret ved at handle om naturen *og* karakteriseret ved deres arbejdsmetoder og tænkemåder. Og få betonet at det i mindst lige så høj grad er naturvidenskabelige arbejdsmetoder og tænkemåder der har interesse i et almindelsesperspektiv, som det er selve orienteringen om forskellige naturforhold. Hvor det sidste tenderer til at dominere forståelsen af fagenes indbyrdes betydning i gymnasiet på grund af fagopdelingen efter emner.

For det andet er henvisningen relevant ved at udpege naturvidenskabernes mulige, særlige bidrag til elevernes almindelse. Særligt for naturvidenskab, og i større eller mindre grad fælles for naturvidenskab, drejer det sig om, at give eleverne:³

1. Kompetence i anvendelse af eksperimenterende og systematiske empiriske arbejdsmetoder til problemafklarung.
2. Kompetence i anvendelse af formel abstrakt symboltænkning til problemløsning og modellering.

Og det svarer til de to metodiske af Galileis 3 revolutioner - men uden hans særlige måde at koble dem på.

På et af undervisningsministerens sommermøder i Sorø for måske 15 år siden sammenfattede den inviterede forsamling begrebet almindelse i formlen: almindelse = omverdensforståelse, selvforståelse og personlig myndighed. (Så vidt jeg husker. Jeg har desværre ikke referencen.) De, der var inviteret, var typisk nok næsten udelukkende humanister. Men det gør ikke sammenfatningen mindre anvendelig ved diskussion af naturvidenskabelige bidrag til almindelsen end ved diskussion af humanistiske bidrag. Så lad os antyde de potentielle bidrag til udviklingen af gymnasieelevernes omverdensforståelse, selvforståelse og personlige myndighed, der kan leveres af en naturvidenskabsundervisning med parallelitet til Galileis 3 revolutioner.

Erfaringer med eksperimenterende problemløsning som bidrag til almindelsen

For det første kan naturvidenskabsundervisningen bidrage til gymnasieelevernes udvikling af deres omverdensforståelse, selvforståelse og personlige myndighed ved gennem personlige erfaringer med eksperimentelt arbejde at udvikle kompetence til at angribe problemer empirisk på en systematisk måde. Og kompetence til at vurdere andres empiriske problemafkklaringer. Graden af patientens forståelse af lægen som en blanding af naturvidenskabsmand, håndværker og ”klog kone” og patientens fornemmelse for hvornår lægen optræder i hvilken rolle, er et eksempel på at empirisk-metodisk dømmekraft spiller en rolle for den personlige myndighed. Ligesom blandingen af fascination af forskellige naturfænomener og fravær af empirisk-metodisk dømmekraft er en del af baggrunden for den megen alternative okkultisme.

I de angelsaksiske lande er der tradition for på folkeskoleniveauet at samkøre fysik, kemi og biologi i et såkaldt ”science” fag hvor det empirisk- metodisk- eksperimentelle ikke er indlagt som element i formidlingen af henholdsvis fysikfænomener, kemifænomener og biologifænomener i egen ret, men hvor fysik-, kemi- og biologi- fænomenerne tværtimod er udvalgte som øvelsesterræner for at belyse begrebet ”fair test”. I den danske folkeskole er der ikke samme fokus på eksperimentel

³ Gennemtænkning af kompetencemål for matematik- og naturvidenskabsundervisning (og andre fag) har præget optakten til gymnasiereformen. Mest omfattende i (Niss & Jensen, 2002) angående matematik og (Dolin m.fl., 2003) angående naturfagene. Bestræbelsen er her først og fremmest at levere alternative beskrivelser til pensumbeskrivelser af fagene. Med mine ord for at undgå pensumitis (Jensen, 1995). I modsætning hertil er min bestræbelse i denne artikel at vende sagen på hovedet ved i udgangspunktet at fremhæve blot to overordnede (og selvfølgelig?) kompetencemål for derefter at spørge til matematik og naturfagernes bidrag til målopfyldelsen. Hvor netop adskillelsen af matematikdidaktik og naturfagsdidaktik fra hinanden viser sig som et hovedproblem. Herom har jeg i øvrigt ytret mig i forskellige sammenhænge ved en række mindre artikler, som bl.a. kan findes i artikelsamlingerne (Jensen, 1990) og (Jensen, 2001).

kompetence. Det eksperimentelle optræder her i højere grad som kvalitative demonstrationer af fænomener.

I modsætning til i folkeskolen er der i gymnasiet en indarbejdet tradition for kvantitativ og metodisk eksperimentelt arbejde i fagene fysik, kemi og biologi. Og det nye naturgeografifag er også designet i den retning. Men der hersker uklarhed om det eksperimentelle arbejde f.eks. primært skal bidrage til begrebs- og fænomenforståelse, til udvikling af laboratorie- og talbehandlingsfærdigheder, eller til den her efterspurgte eksperimenterende problemløsningskompetence.

Erfaringer med formaliserende problemløsning som bidrag til almendannelsen

Som den anden del af treklangen kan naturvidenskabsundervisningen bidrage til gymnasieelevernes udvikling af deres omverdensforståelse, selvforståelse og personlige myndighed ved gennem personlige erfaringer med anvendelse af formel abstrakt symboltænkning ved problemløsning at udvikle kompetence i selv at kunne regne ting ud. Lakmusprøven på kompetencen kunne til en start i gymnasiet være: Hvor stor en del af vareprisen er moms? Idet problemer af denne art vil være ofte forekommende stopklodser for elevernes videre færd, både personligt og professionelt. Og da mange elever erfaringsmæssigt allerede har vanskeligheder ved at stille skarpt her. Udover nytteværdien for den personlige myndighed af formaliserende problemløsningskompetence præger oplevelsen af *selv* at kunne regne den ud (frem for at læse sig til det i Aristoteles` skrifter) selvfølgelig selvforståelsen. Jeg tænker, ergo er jeg. Og oplevelser af at omverdenen undertiden lader sig gennemskue ved hjælp af matematiske modeller, bidrager selvfølgelig også til forståelsen af hvad omverdenen er for en størrelse.

Blandt gymnasiets fag indtager matematik selvsagt en særlig rolle i forhold til udviklingen af kompetence i anvendelse af formel abstrakt symboltænkning til problemløsning og modellering. Matematik og formel abstrakt symboltænkning har meget med hinanden at gøre. Men selvom kompetence i matematik er en nødvendig betingelse for kompetence i at anvende matematik, er det ikke en tilstrækkelig betingelse. Folkeskolens matematikundervisning integrerer i høj grad træning i matematik og træning i at anvende matematik. I de nye læseplaner for gymnasiet lægges der også i højere grad end hidtil op til en sådan integration. Imidlertid er der en lang tradition hos lærerne for først og fremmest at undervise i matematik i egen ret. Derfor har det først og fremmest været i fysik, at træningen i at anvende matematik til løsning af matematikesterne problemer har fundet sted. Og i kemi på A-niveau. Hvorimod matematikindholdet i biologi og naturgeografi traditionelt har været lille. I de nye læseplaner skal matematikindholdet i fysik på C-niveau være lille på samme måde som i folkeskolen, hvor fysik er et kvalitativt eksperimenterende fag. Der er en klar tendens i det almene gymnasium til, at kompetencen ”matematik i anvendelse” forsvinder i mellemrummet imellem matematikken i egen ret og naturfagene i egen ret. I modsætning til på det tekniske gymnasium, hvor den herskende ingeniørkultur traditionelt netop vil placere matematik i anvendelse som en central kompetence.

Naturvidenskabelig orientering og oplysning som bidrag til almendannelsen

Endelig kan naturvidenskabsundervisningen som den tredje hovedsag bidrage til gymnasieelevernes udvikling af deres omverdensforståelse, selvforståelse og personlige myndighed ved at sikre deres orientering om en lang række teknik- og naturforhold. Da dette tredje bidrag til elevernes

almendannelse i en hel anden grad er bredt erkendt og accepteret end de to vedrørende tankegange og metoder, vil jeg ikke uddybe det nærmere her.

Opsummerende er min pointe altså at selvom naturvidenskabelig almindelse selvfølgelig forudsætter orientering og oplysning, så er erfaringer med eksperimenterende og formaliserende problemløsninger mindst lige så afgørende for udviklingen af elevernes omverdensforståelse, selvforståelse og personlige myndighed. Ligesom en forståelse af Galileis revolutionære indsats i mindst lige så høj grad drejer sig om at forstå hans metoder og tankegang, som det drejer sig om at forstå den ændring i verdensbilledet, som han også bidrog til.

Studieforberedelse til tekniske og naturvidenskabelige videregående uddannelser

Forudsætningerne for at påbegynde en videregående uddannelse (og andre uddannelser) kan, så vidt jeg kan se, opdeles i to væsensforskellige typer. Dels kan der være tale om forudsætninger hvis fravær umiddelbart umuliggør meningsfuld deltagelse i undervisningen. Dels kan der være tale om forudsætninger hvis fravær betyder ekstraarbejde og/eller studietidsforlængelse, men hvor meningsfuld deltagelse trods alt er mulig. Den første type forudsætning kan billedligt talt sammenlignes med at have lært at holde balancen på en cykel forud for deltagelse i en cykeltur. Medens fraværet af den anden type forudsætninger tilsvarende kan sammenlignes med at deltage i et spil badminton uden at have haft en ketsjer i hånden før. Fravær af for mange forudsatte ”badminton”- forudsætninger risikerer at medføre nederlag og frafald. Ved fravær af nødvendige ”cykel”- forudsætninger er nederlaget og frafaldet næsten garanteret. Derfor burde den mere specifikke del af studieforberedelsen først og fremmest dreje sig om at sikre oparbejdelsen af de forudsatte ”cykel”- kompetencer.

Hvad angår de tekniske og naturvidenskabelige videregående uddannelser er den helt dominerende forudsætning af ”cykel” karakter, så vidt jeg kan vurdere, formaliserende problemløsningskompetence. Eller sagt på en anden måde: matematik i anvendelse. I forhold hertil kan alle andre forudsætninger regnes for at være af ”badminton” typen. Det kan give problemer, hvis de er fraværende. Men problemerne kan oftest klares ved studietidsforlængelse. Hvorimod fraværet af evner til at tænke aktivt ved hjælp af matematik i varierende grad på de forskellige tekniske og naturvidenskabelige videregående uddannelser næsten altid fører til frafald. Ligesom den der ikke har lært at holde balancen på cyklen, bliver ladet tilbage når de øvrige cykler af sted på cykelturen.

Set i det lys er der traditionelt to problemer i gymnasiets studieforberedelse.

For det første er der det problem at faget matematik både af dets udøvere og af dets omverden netop betragtes som et fag og ikke som den bredere kompetence der er grunden til at det har det store omfang i alverdens skolesystemer som det har. Derfor dyrkes matematik ikke som et fag hvis formål er at træne formel abstrakt symboltænkning til problemløsning og modellering, men i højere grad som ren matematik i egen ret. Hvilket er medvirkende til at eleverne på samme tid paradoksalt nok samtidig kan mene at man ikke kan bruges til noget uden matematik, og at matematik ikke kan bruges til noget.

For det andet er der det problem, at de naturvidenskabelige fag fysik, kemi, biologi (og nu naturgeografi) hver for sig også af både deres udøvere og af deres omverden primært betragtes som netop fag i egen ret omhandlende forskellige sider af naturvidenskaben man bør være orienteret om. Og ikke som øvelsesterræner for træning af matematik i anvendelse. Således at matematikken i anvendelse tendentielt falder mellem de rene fagstole i det fagtænkte gymnasium.

Ved gymnasireformen er der lagt vægt på samarbejde imellem fysik, kemi, biologi og naturgeografi om grundforløbet med mulighed for en eksperimentel orientering af undervisningen. Hvorimod der ikke i samme grad er tænkt på samarbejde mellem disse fag og matematik om matematik i anvendelse. Tværtimod er den obligatoriske fysikundervisning på C-niveau som sagt gjort formelløs, og fysik med formler på de højere niveauer gjort mere valgfrit end hidtil. I betragtning af den øgede valgfrihed vil træningen i gymnasiet i at anvende matematisk tankegang til løsning af problemer uden for matematikken derfor formentlig, som det er sket ved tidligere gymnasireformer, også blive svækket ved denne gymnasireform. Af betydning for studieforberedelsen til tekniske og naturvidenskabelige uddannelser. Men f.eks. også til økonomiske uddannelser.

I øjeblikket (april 2005) har Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling netop haft en høring om et udkast til bl.a. specifikke adgangskrav til universiteterne når de første studenter vil være uddannet fra gymnasiet efter reformen. Her opereres der med stribevis af forskolingskrav af ”badminton”- typen. F.eks. IT-fag B for at læse datalogi. Eller Naturgeografi B for at læse geografiske fag. Osv. Det er tankevækkende at der, i modsætning til denne almindelige tendens, til f.eks. medicinstudiet alene opereres med krav om redskabsfag af ”cykel”- typen. Nemlig Matematik A, Fysik B og Kemi B. Er det fraværet af et korresponderende gymnasiefag eller beskyttelsen bag den hårde adgangsbegrænsning der tillader denne saglighed? Som jo er prisværdig. Også fordi der afstås fra at tvinge gymnasieeleverne til et alt for tidligt uddannelsesvalg.⁴

Konklusion

Overordnet set kan de naturvidenskabelige fags særlige potentielle bidrag til gymnasieundervisningen karakteriseres som en treklang svarende til Galileis 3 revolutioner. For det første bør naturvidenskabsundervisningen sikre at eleverne på en ajourført måde er orienteret om centrale forskningsresultater fra naturvidenskaberne. For det andet bør naturvidenskabsundervisningen sikre at eleverne opnår forståelse for og træning i at løse problemer ved at angribe problemerne empirisk – eksperimentelt. Endelig bør naturvidenskabsundervisningen sikre at eleverne opnår forståelse for og træning i at løse problemer ved at angribe dem ved hjælp af matematiske modeller.

Gymnasiets stærkt fagopsplittede organisering vanskeliggør at sådanne overordnede perspektiver på undervisningen i sin helhed kan få gennemslag. Også den politiske tilblivelsesproces for bl.a. gymnasireformer gør det svært at få fagene til at fungere i forhold til en overordnet sammenhæng.

⁴ I den endeligt i maj 2005 vedtagne adgangsbekendtgørelse (Videnskabsministeriet, 2005) er matematik på A - niveau, fysik på B – niveau og kemi på B – niveau fornuftigvis, som for de videregående sundhedsvidenskabelige uddannelser, i højere grad også gjort til et fælles og gennemgående krav til adgang til de tekniske og naturvidenskabelige videregående uddannelser.

Uanset ønsker om det. Det legitime behov for i sidste instans Folketingets indflydelse fører nemlig nærliggende til en form for puslespil med fagene som brikker, hvor folketingspolitikere, embedsværk og mange slags lobbyister med forskelligartede interesser ender op med et puslespilmønster suppleret med en række færdselsregler. Men ikke med overordnede sammenhænge som fagene skal indordnes under. Som om det afgørende er om der står matematik, fysik, kemi, biologi eller naturgeografi på emballagen (skemaet), og ikke hvad der er inden i fagene (af eksperimentelle og/eller matematiske kompetencer). De øgede valgmuligheder for eleverne og den øgede konkurrence gymnasierne imellem med den nye gymnasireform vil forventeligt forstærke orienteringen imod appellerende emballager og svække orienteringen imod indholdet af nødvendige kompetencer.

Med gymnasireformen er der gode udsigter til, at orienteringen om naturvidenskabelige forhold og fænomener vil blive udbredt til at inddrage flere elever end hidtil. Dels på grund af ophævelsen af skellet imellem det sproglige og det matematiske gymnasium. Dels fordi naturvidenskab som en del af almindannelsen var et af pejlemærkerne for reformen. Mere usikkert er det om elevernes tilegnelse af eksperimentelle kompetencer som bidrag til deres almindelse generelt vil blive øget. Vil de fag der bidrager, blive anerkendt for det i praksis? Ret sikkert er det at elevernes tilegnelse af kompetence til selv at regne ting og sager ud for de fleste elever vil blive et af de mindre bidrag til deres almindelse.

Desværre er netop kompetencen at kunne bringe matematik i anvendelse den afgørende studieforberedelse til bl.a. de tekniske og de naturvidenskabelige videregående uddannelser. Da rekrutteringen til disse uddannelser ikke så meget afhænger af attituder til dem (som det ofte misforstået formodes i den offentlige debat), som af potentielle ansøgers fornemmelse af studieforberedthed i forhold til dem, må det forventes, at gymnasireformen øger rekrutteringsproblemerne til ingeniør- og naturvidenskabsstudierne.

Referencer

Dolin, J., Krogh, L. B. & Troelsen, R. (2003). En kompetencebeskrivelse af naturfagene. I: H. Busch, S. Horst & R. Troelsen (Ed.), *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser*. En antologi. København: Undervisningsministeriet, Uddannelsesstyrelsen.

Jensen, J. H. (1990). Spredt fægning. Tekst nr. 199. IMFUFA, Roskilde Universitetscenter.

Jensen, J. H. (1995). Faglighed og pensumitis. *Uddannelse*, (9), 464-468.

Jensen, J. H. (2001). Mere spredt fægning. Tekst nr. 404. IMFUFA, Roskilde Universitetscenter.

Matthews, M. R. (1998). *Time for Science Education. How Teaching the History and Philosophy of Pendulum Motion Can Contribute to Science Literacy*. New York: Plenum Press.

Niss, M. & Jensen, T. H. (2002). *Kompetencer og Matematiklæring – Ideer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark*. København: Undervisningsministeriet, Uddannelsesstyrelsen.

Pedersen, O. (1966). Om udviklingen af Galileis mekanik. I: Bostrup, O. & Meyer, M. (Ed.), *Debat om matematik-, fysik- og kemiundervisningen. Beretning fra den 6. nordiske kongres for lærere i matematik, fysik og kemi.*(s.78-92). Copenhagen: Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A/S.

Undervisningsministeriet (2005): <http://us.uvm.dk/gymnasie//vejl/>

Videnskabsministeriet (2005): http://www.retsinfo.dk/_GETDOCM_/ACCN/B20050036205-REGL

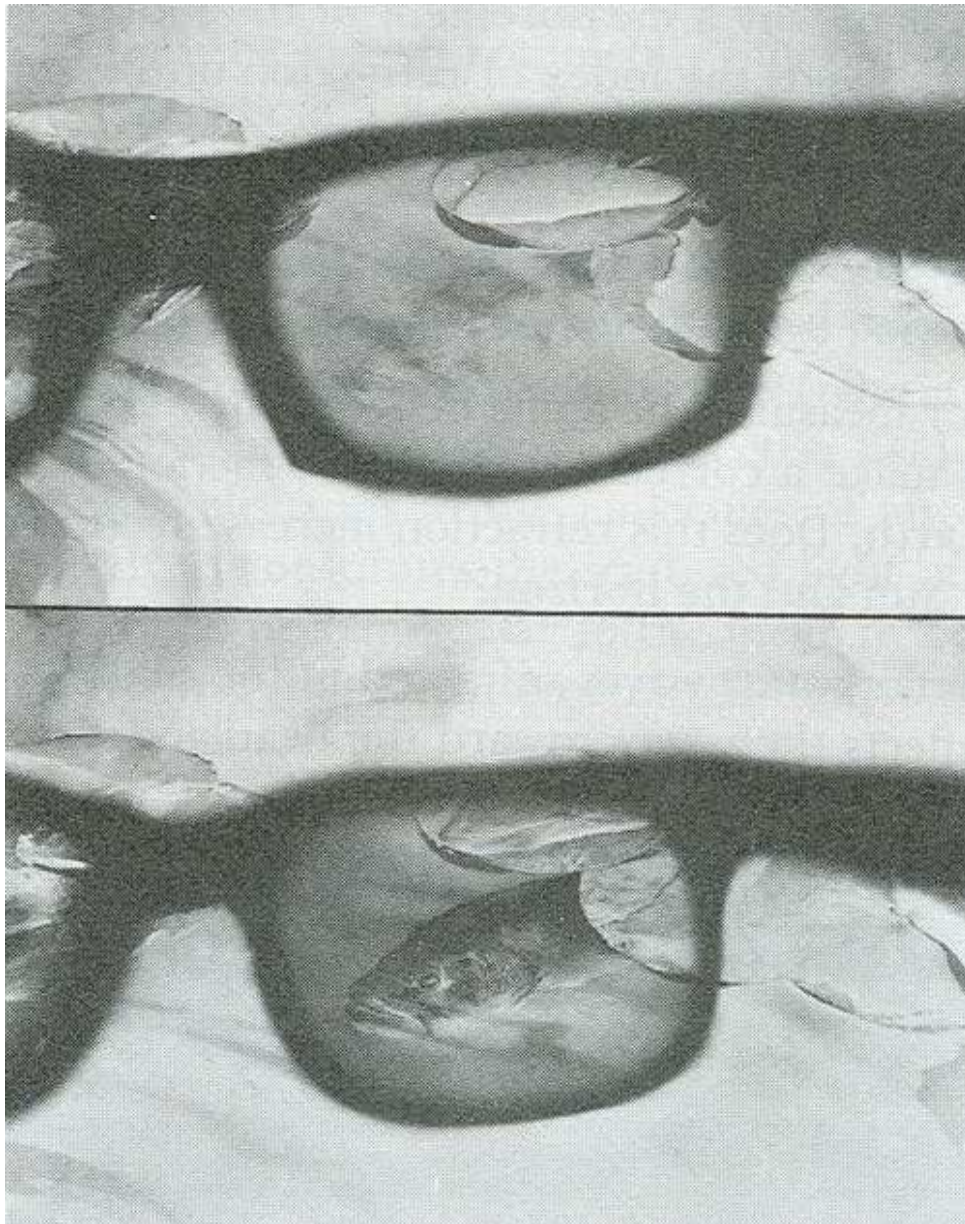


Fig. 37.32 When viewed through ordinary sunglasses (top), the fish is almost completely hidden by the glare reflected by the water. When viewed through Polaroid sunglasses (bottom), the fish becomes visible because the glare is reduced.

“Det sete afhænger af
øjnene, der ser”

Det følgende debatindlæg har været bragt i RUCnyt
4/2005-2006.

Hold RUC sammen!

Af Jens Højgaard Jensen, leder af Det Naturvidenskabelige Basisstudie, tidligere prorektor.

I RUC - NYT nummer 3 kom der for alvor gang i diskussionen af den forestående reform af RUC's uddannelsesstruktur i RUC – NYT's spalter. En samlet studenterfront, lederen af Det Samfundsvidenskabelige Basisstudie, repræsentanter for institut IV, repræsentanter for institut X, prorektor og rektor havde alle indlæg, der argumenterede for justerede 2-årige basisstudier og imod forkortning af basisstudierne til 1 år. Da jeg føler mig godt dækket ind af disse indlæg, vil jeg her nøjes med at betone en enkelt overordnet pointe, som fortjener forstærket opmærksomhed.

Institutionspolitik

Uddannelsesreformdiskussionen drejer sig ikke kun om 2- eller 1-årige basisuddannelser. Den drejer sig også om, hvorvidt kombinationsuddannelsesstrukturen skal være den karakteriserende uddannelsesstruktur for RUC. I det hele taget drejer diskussionen sig om, hvorvidt RUC's uddannelser netop 1) skal være RUC's uddannelser, som fagmiljøerne bidrager til. Eller om de 2) skal være uddannelser realiseret i RUC's fagmiljøer. Og herved er diskussionen dybest set ikke alene en afgrænset diskussion af uddannelserne. Det er også RUC's identitet som institution, der er til forhandling.

Ultrakort RUC historie

RUC blev i 1972 grundlagt på projektarbejde, tværfaglighed og en studiestruktur med gradvis fagspecialisering i kraft af basisstudierne som de afgørende kendetegn. I 1978 fandt der en faglig forankring sted af ikke mindst forskningen ved etableringen af institutter på RUC. I løbet af 1980'erne færdigudviklede RUC kombinationsuddannelsesstrukturen til sammen med de 2-årige basisstudier at være det samlende og fælles uddannelsesplot for RUC. Siden har de udviklede strukturer dannet rammerne om vekselspillet imellem forskningen og uddannelserne på RUC og vekselspillet imellem tværfagligheden og fagene på RUC.

Tværfaglighed

Kodeordet tværfaglighed rummer en dobbelthed. I starten af RUCs historie var forståelsen af tværfaglighed som en underordning af fagene under en praksisrettethed enerådende. Fagene skulle ud af elfenbenstårnet. Derudover er behovet for tværfaglighed siden også i stigende grad blevet forstået som en nødvendig imødegåelse af fagidioti. Den stadigt øgende fagspecialisering i takt med samfundets videnskabeliggørelse skaber samtidigt et øget behov for faglige kosmopolitter, der udover faglig(e) fordybelse(r) også er i stand til at kommunikere og operere på tværs af fagene.

RUCs særpræg

Projektarbejdet som bærende undervisningsform er RUCs adelsmærke. Men succesen er svær at monopolisere for os. Derimod er den fælles uddannelsesstruktur, der blandt andet muliggør uddannelse af faglige kosmopolitter og gør RUCs uddannelser til noget mere end fagsocialiseringer, ikke nem at gøre os efter. Den er – som rektor anfører i sit indlæg – kun mulig at lave på et universitet, når det grundlægges. Så der har vi – ikke mindst i forhold til et internationalt perspektiv – et særligt RUC-brand, som det vil være uklogt at udvande eller påbegynde en afvikling af. De indbyggede faglige celledelingsmekanismer på universiteter gør, at der ikke er nogen fortrydelsesret, hvis det fælles begynder at gå i opløsning.

Men vi skal selvfølgelig løbende justere og forandre for at bevare. Også i denne omgang.

Den følgende artikel har været trykt i Årsberetning for Roskilde Universitetscenter 2005.

Hvorfor fysik er svært

Af Jens Højgaard Jensen, IMFUFA

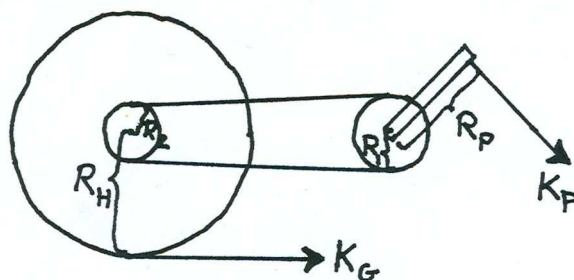
Fysik gør brug af to slags forklaringer: **nomologiske forklaringer** og **kausale forklaringer**. Ved en nomologisk forklaring (ordet nomos er fra græsk og betyder regel eller lov) består forklaringen af et fænomen i at redegøre for, hvordan fænomenet er udtryk for gennemsnævnningen af et overordnet mønster eller en overordnet lovmæssighed under de foreliggende omstændigheder. Ved en kausal forklaring (ordet kausal er fra latin og betyder årsagsbestemt) består forklaringen af et fænomen i at redegøre for, hvad i de foreliggende omstændigheder, der forårsager fænomenet. For fysiklæreren er nomologiske forklaringer essensen i fysik og målet for fysikundervisningen. Hvorimod fysikeleven ved problemløsning så langt som muligt vil forsøge at klare sig ved hjælp af kausale forklaringer. Forklaringstypen kendt fra dagligdagen og mest forekommende i andre fag.

Cykling

Kursussiden af bachelormodulet i fysikoverbygningen på RUC består af det såkaldte breddekursus. Før indførelsen af bachelorniveauet kaldtes bachelormodulet for breddemodulet. Deraf navnet på kurset. Kursets hovedsigte er primært, at de studerende ved hjælp af arbejdet med åbent formulerede opgaver trænes i at "tænke som fysikere". Sekundært leverer kurset en gennemgang i bredden af fysikkens emner, således at navnet "breddekursus" stadig kan siges at være dækkende. Følgende er en breddeeksamensopgave fra juni 1999:

Hvor stor er kraften mellem fod og pedal i forhold til gnidningskraften mellem vej og dæk ved cykling? Begrund svaret.

Til præcisering af problemet kan man f.eks. tegne denne figur:



Opgaven er da at finde forholdet mellem pedalkraften, K_P , og gnidningskraften, K_G , udtrykt ved længden af pedalarmlen, R_P , og radierne af de to tandhjul og baghjulet, R_1 , R_2 og R_H . Og svaret på opgaven er da: $K_P/K_G = (R_H R_1)/(R_P R_2)$. Men det er ikke dette svar på opgaven, der er pointen i sammenhængen her. Pointen er, at der er to væsensforskellige måder at forklare svaret på:

Man kan helt overordnet og uafhængigt af den detaljerede indretning af cyklen af energibevarelsesgrunde argumentere for, at pedalkraften gange flytningen af pedalen (pedalkraftens arbejde) må være lig med gnidningskraften gange flytningen af cyklen (gnidningskraftens arbejde). Og herfra forholdsvis hurtigt nå frem til den efterspurgte formel $K_P/K_G = \dots$. Det er den *nomologiske* måde at forklare svaret på, beroende på energibevarelse og mekanikkens arbejdssætning som noget alment gældende. Og det var den forklaring, som jeg havde i tankerne, da jeg stillede eksamensopgaven.

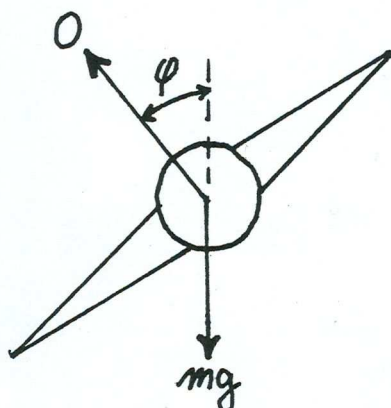
Man kan også nå frem til det samme svar ved at arbejde sig igennem cyklen *kausalt*: Først trædes der på pedalen. Det fører via det forreste tandhjul til et træk i kæden. Og det fører til et træk fra kæden i det bagerste tandhjul. Og det ville igen føre til, at cyklens baghjul spandt rundt, hvis vi var på glatis. Da vejen imidlertid er ru, opstår gnidningskraften som hindringen af at hjulet spinder. Via analyse af denne kausalkæde (undskyld!) kan den efterspurgte formel $K_P/K_G = \dots$ som sagt også forklares. Og det var alene denne forklaringsmodel der med større eller mindre held blev benyttet af de 11 studerende, der forsøgte at besvare opgaven ved eksamen.

Flyvning

For så vidt angår cykelopgaven er den antydede kausalt orienterede løsningsstrategi lige så god som min nomologisk orienterede. Den kausale giver en smule flere mellemregninger, men er klart gennemførlig. Hvorfor så ikke bygge undervisningen på kausale forklaringer, når de studerende åbenbart har større vanskeligheder med de nomologiske? Det kan antydes ved hjælp af den følgende breddeopgave, som er fra sommereksamen 2000:

Hvorfor hælder/vipper en flyvemaskine ved kursændring? Hvordan hænger vipningen og kursændringen sammen? Begrund svarene.

Til præcisering af problemstillingen kan man f.eks. tegne denne figur:



Hvordan vipningen og kursændringen hænger sammen er da et spørgsmål om at bestemme vinklen φ som funktion af dels radius, r , af den cirkelbane (vinkelret på papirets plan) flyveren følger, medens den ændrer kurs, dels flyverens fart, v , (ud af eller ind i papirets plan), og endelig størrelsen af tyngdefeltstyrken, g . (Størrelsen af flyverens masse viser sig at udgå af regnestykket.). Og svaret på opgaven er da: $\text{tg } \varphi = v^2/(rg)$. Men som ved cykelopgaven er det ikke dette svar, der er pointen i sammenhængen her. Pointen er, at svaret kun lader sig begrunde nomologisk:

En ligeud flyvende flyvemaskine holdes oppe af en opdriftkraft vinkelret på planet udspændt af vingerne og flyets krop. Opdriftkraften skyldes trykfordelinger omkring flyet i sammenhæng med luftstrømningerne omkring flyet. Når flyet vipper følges systemet af luftstrømme og fly ad. Derfor vipper opdriftkraften, O , (som vist på figuren) også, således at den får en vandret komponent. Og det er denne vandrette komponent, der sørger for kursændringen. Uden vipning ingen vandret komponent af opdriftkraften og ingen kursændring. Derfor vipper en flyvemaskine ved kursændring. Situationen er helt analog til, at der skal en hældning af vejen til for med en bil at komme rundt i en isglat vejkurve. Sammenhængen imellem den nødvendige hældning, φ , af vejen, bilens fart, v , vejkurvens krumningsradius, r , og tyngdefeltstyrken, g , er også her givet ved $\text{tg } \varphi = v^2/(rg)$. På flyvemaskinefiguren er indtegnet de to kræfter, der virker på flyvemaskinen: opdriftkraften, O , og tyngdekraften, mg . For bilen i vejkurven kan den samme figur benyttes, hvor det er reaktionskraften imellem vej og dæk, der indtager opdriftkraftens plads. Det er således et forholdsvis alment mønster, der tages udgangspunkt i ved løsning af opgaven.

Ved eksamen argumenteredes der i 3 ud af 11 af besvarelserne af flyvemaskineopgaven på den analoge måde til den måde, de studerende forud for eksamen havde arbejdet med vejkurveopgaven på. Blandt de øvrige besvarelser var mange i modsætning hertil præget af vanskelige overvejelser over, hvordan et fly bærer sig ad med at vippe, som en (ikke gennemførlig) vej frem mod at besvare spørgsmålet om sammenhængen imellem vipning og kursændring. Der tænkes i årsager og deres virkninger. Hvorimod der i de 3 succesfulde besvarelser tænkes i den lovmæssighed, at cirkelbevægelse og centripetalkraft hænger sammen. Den lovmæssighedsstyrede tankegang er åbenbart mere abstrakt og krævende end en tankegang, der efterforsker mekanismer. Det abstrakte i analogien gjorde det svært for flertallet af de studerende at overføre deres erfaringer fra vejkurveopgaven til flyopgaven. Men i modsætning til det, der er tilfældet ved cykelopgaven, findes der ikke en gennemførlig kausalt orienteret måde at besvare flyopgaven på. Den lader sig kun besvare nomologisk.

Perspektiver

Når fysiklærere, som mig, ikke drager den slutning af deres elevers større vanskeligheder med nomologiske forklaringer end med kausale forklaringer, at undgå nomologiske forklaringer i deres undervisning, skyldes det derfor blandt andet, at dele af fysikken ville forblive uforklarede. Men det skyldes også, at netop demonstrationen af nomologiske forklaringer er et tilbud, som specielt faget fysik er særlig leveringsdygtigt i. Det er fremfor andre fag først og fremmest i fysik, at der kan sættes fokus på, at det at forstå ikke kun er et spørgsmål om at kende til mekanismer, men også at indse lovbundetheder. Og den indsigt har betydning for såvel elevers og studerendes kognitive udvikling som for deres omverdensforståelse og for deres selvforståelse. Og når fysikere f.eks. undertiden har held til at medvirke ved udviklingen af ikke blot ingeniørfag, men også fag som biologi og økonomi, skyldes det formentlig netop deres træning i at trække pointer ud af komplekse sammenhænge ved at abstrahere til enklere og kendte matematiske mønstre. Der er således grunde

til at fastholde, at universitetsundervisning i fysik udover at introducere de studerende til fagets emner i høj grad også handler om at lære dem at ”tænke som fysikere”.

Men det er vigtigt, at såvel fysikunderviserne som deres elever eller studerende er opmærksomme på, at det måske også netop er de nomologiske forklaringer, der gør fysik til et svært fag.

Referencer

Det er Kirsten Ringgaard Jensen, der, med henvisning til den bredere erkendelsesteoretiske/filosofiske litteratur, har navngivet de to slags forklaringer som henholdsvis nomologiske og kausale. Det har hun gjort i sit RUC-fysikspeciale fra 2003: ”Fysiske forklaringer i undervisning” (IMFUFA tekst nr. 425). Her er den fagdidaktiske diskussion i det hele taget også placeret i forhold til mere overordnede filosofiske diskussioner.

En lidt udvidet gennemgang af de to illustrerende eksempler kan findes i: Jens Højgaard Jensen: ”Opgave-hjørnet – Vipning af flyvemaskine og diskussion af relativistisk tyngdepunktsforskydning”, KVANT nr. 2 i 2005, side 21-25.

I gymnasiet er fysik et fag på retur. Dyrkes det med formler er det for svært og elitært. Dyrkes det uden kan der sættes spørgsmålstegn ved dets specielle berettigelse. Denne parallelle problemstilling til den i artiklen her om universitetsundervisning er berørt i: Jens Højgaard Jensen: ”Gymnasireformen og Galileis 3 revolutioner”, MONA 2005-1, side 71-81.

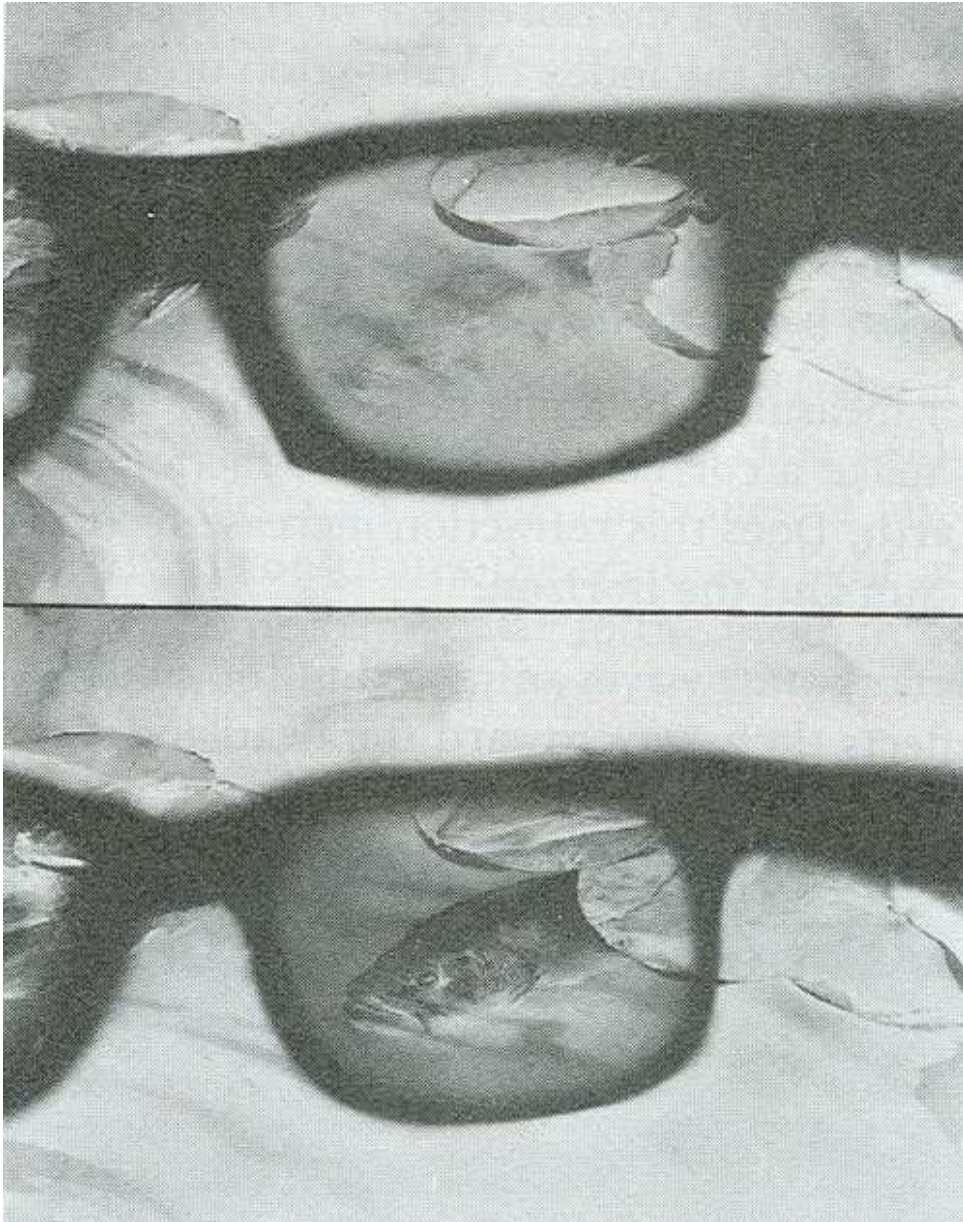


Fig. 37.32 When viewed through ordinary sunglasses (top), the fish is almost completely hidden by the glare reflected by the water. When viewed through Polaroid sunglasses (bottom), the fish becomes visible because the glare is reduced.

“At se er at se bort fra”

Den følgende artikel har været trykt i Hippocampus 2007 (5) i anledning af at bogen ”Arven efter Kuhn” lige var udkommet.

Sammenlignende videnskabsteori.

Af Jens Højgaard Jensen, lektor i fysik og studieleder for nat-bas.

For mange år tilbage i halvfjerdserne henvendte jeg mig som en dengang ung og grøn dekan for naturvidenskab på RUC til den noget mere etablerede professor i de eksakte fags videnskabshistorie ved Århus Universitet, Olaf Pedersen. Mit ærinde var at konsultere ham om opslaget af et professorat i videnskabsteori ved det naturvidenskabelige hovedområde på RUC. Men han kunne ikke hjælpe mig, sagde han. Hvis det havde drejet sig om videnskabshistorie eller videnskabsfilosofi havde det været en anden sag. Det vidste han, hvad var. Men videnskabsteori, det kendte han ikke til.

Denne noget afvisende reaktion dengang står jo i stærk kontrast til nu, hvor ”fagets videnskabsteori” på Folketingets forlangende er et obligatorisk element i alle universitetsstudier. Og når jeg her nævner episoden med Olaf Pedersen, er det fordi den for mig illustrerer, at videnskabsteori *mere* har etableret sig ved et *markedspull end* ved et *markedspush*. Når undervisning i videnskabsteori siden halvfjerdserne har etableret sig i den grad som tilfældet er, skyldes det nærmere uopfyldte behov end, at videnskabsteorien bød sig uafviseligt til.

De behov undervisningen i videnskabsteori har skullet og skal tjene er i det væsentlige af to slags. I en del uddannelsesforløb anskues videnskabsteori som et *redskabsfag*. Det gælder f.eks. for det samfundsvidenskabelige basisstudium på RUC. Videnskabsteorien er her – som jeg forstår det – et redskab til støtte for deklamationer af og begrundelser for teori- og metodevalg, som det er karakteristisk og nødvendigt inden for flerparadigmatiske fag. Men i sammenhæng med monoparadigmatiske fag, som er det typisk forekommende på f.eks. det naturvidenskabelige basisstudium på RUC, er videnskabsteoriens hovedfunktion i sammenhængen ikke at være et redskabsfag. Det er der normalt ikke det store behov for i betragtning af entydighederne i paradigmevalg. Til gengæld er der behov for videnskabsteori som et *anfægtelsesfag* til modvirkning af fagligt snæversyn, bl.a. ved at det tydeliggøres, at entydighederne ikke er naturgivne. Eller ved at supplere faget med f.eks. etiske betragtninger.

Hvordan tilgodeser den reelt eksisterende videnskabsteoriundervisning da behovene for ”fagets videnskabsteori”?

Da jeg studerede i tresserne eksisterede det såkaldte Filosofikum, som var et kursus, der blev udbudt af filosofferne, og som skulle bestå af alle universitetsstuderende uanset fag. Det blev afskaffet, fordi dets alment filosofiske indhold blev kritiseret for at være for lidt differentieret i forhold til fagenes forskelligartede behov. Derfor den nuværende betoning af fagrettetheden i ”Fagets videnskabsteori”. Men er den nuværende videnskabsteoriundervisning fagrettet?

Nej. Selvom undervisningen nu inddrager mange andre end filosofferne, så er det deres erkendelsesteoretisk rettede diskurs, der tages udgangspunkt i. Fra logisk positivisme over Popper til Kuhn. Og selvom f.eks. Kuhn var uddannet fysiker, er formålet med hans overvejelser over f.eks. overgangen fra Newtonsk mekanik til Einsteinsk relativitetsteori ikke så meget at forstå den faktisk eksisterende fysikvidenskab, som det er for at hente eksempler fra fysikken til en almen diskussion vendt bl.a. imod Popper. Fysikken er midlet, erkendelsesteorien målet. Ikke omvendt. Og for en fysiker som mig har f.eks. de implicite henvisninger til fysik i omtalen af paradigmer og

videnskabelige revolutioner i faglige sammenhænge fjernt fra fysik ofte virket stærkt ideologiske i kraft af den generaliserende sprogbrug. Der er således stadig brug for at betone vigtigheden af, at videnskabsteoriundervisning fagrettes, som det sker med udtrykket ”fagets videnskabsteori”. En endnu bedre erstatning for en filosofiinspireret generaliserende videnskabsteori ville imidlertid være en *sammenlignende videnskabsteori*, der i stedet for at behandle videnskabsfagene ens eller hver for sig gjorde os klogere ved at kortlægge deres forskelle. Det ville være en værdifuld almindennende erstatning for det gamle Filosofikum. Men er der nogen, der kan levere den vare?

Ja. Eller rettere: Der er gjort en god begyndelse: I den nys udkomne bog ”Arven efter Kuhn” har redaktionen af bogen bedt en række videnskabsteoretisk skolede fagfolk om i hver sit kapitel at redegøre for arven efter Kuhn i deres fag. Fagene, det drejer sig om, er sociologi, fysik, biologiske fag, geografi, antropologi, psykologi, sprogvidenskaber samt kunst og æstetiske videnskaber. Og i modsætning til de fleste antologier, hvor en række forfattere bliver sat til at skrive parallelt, virker denne ikke som spredt fægtning. Tværtimod er det netop rækken af forfattere, der i kraft af deres forskellige faglige udgangspunkter, giver sammenhængen. Nemlig den, at der kan sammenlignes på tværs af fagene.

Og hvad viser sammenligningen så? Ja, for mig viser den, at videnskabsteoriens generaliserende sprogbrug har klare instrumentelle funktioner i mange fag, selvom ordene skifter indhold ved overgang fra fag til fag. Den almene videnskabsteori tjener således redskabsfaglige formål. Til gengæld er det også åbenlyst, at de forskellige fag har arvet Kuhn på vidt forskellige måder. Og at de forskellige måder at arve Kuhn på spejler karakteristika ved de forskellige fag. Altså en start på en sammenlignende videnskabsteori til forståelse af ens eget fag relativt til andre fag. Nu venter vi kun på ”Arven efter Popper”, ”Arven efter den logiske positivisme” osv. efter samme koncept.

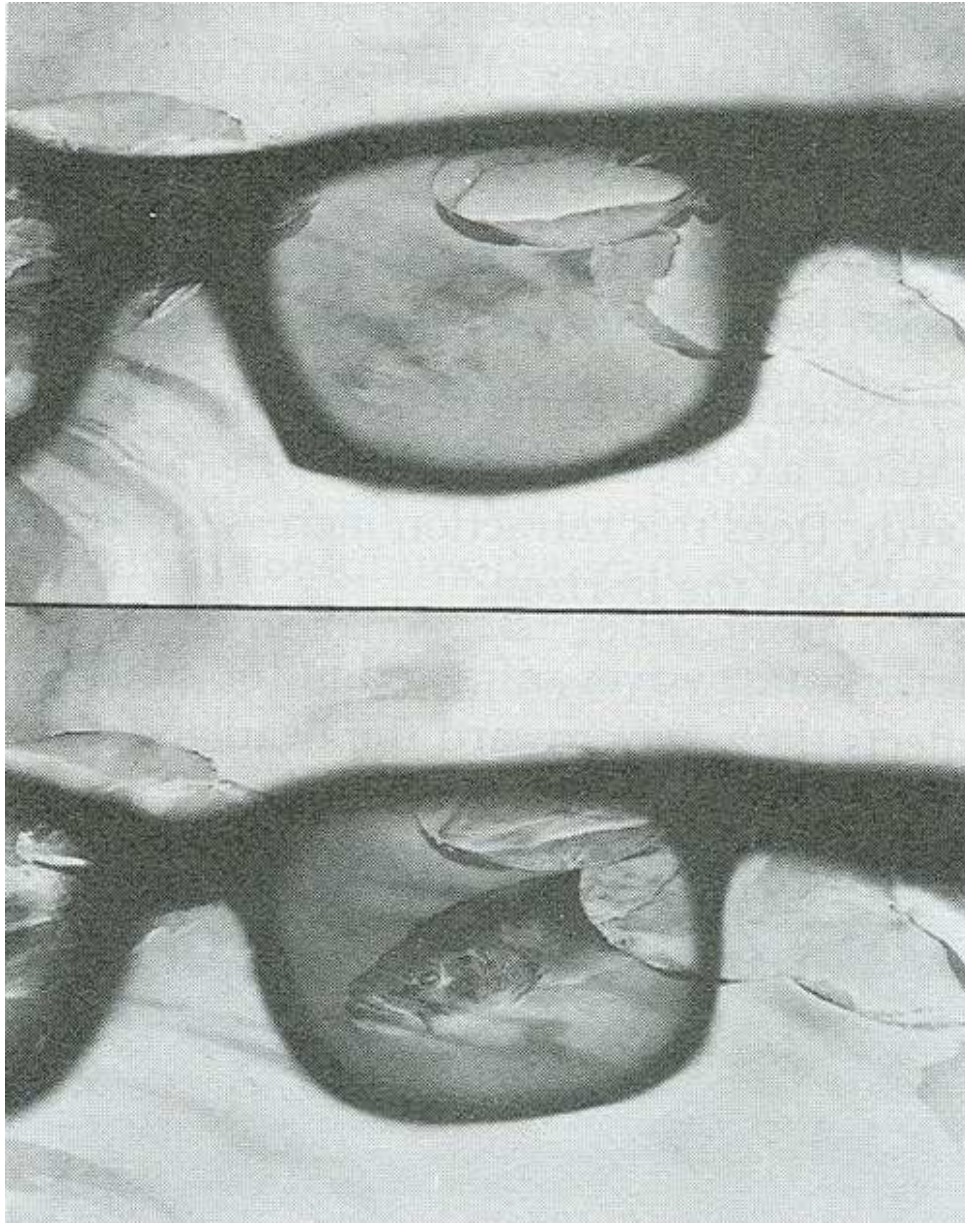


Fig. 37.32 When viewed through ordinary sunglasses (top), the fish is almost completely hidden by the glare reflected by the water. When viewed through Polaroid sunglasses (bottom), the fish becomes visible because the glare is reduced.

“Modsætningen til at overse er at se bort fra”

Den efterfølgende artikel er fra MONA 2007-3.

Formelfri fysikundervisning

Bjarke Skipper Petersen og Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, Institut for Natur, Systemer og Modeller, RUC.

Kommentar til artiklen "Naturvidenskab efter gymnasireformen – intentioner og resultater" i MONA, 2007(2).

I forrige nummer af MONA (2007-2) gør Jens Dolin (JD) i artiklen "Naturvidenskab efter gymnasireformen – intentioner og resultater." status over naturfagernes og især fysiks nye identitet under den nye gymnasieordning. Vi deler JD's vurdering af reformen som ikke blot et modefænomen, men også en nødvendig tilpasning. (Selvom det jo som RUC-ere falder os lidt for brystet, at JD daterer indførelsen af projektarbejde og tværfaglighed i uddannelsessystemet til begyndelsen af 1980'erne, altså 10 år efter indførelsen af det på RUC.) Vi kan også følge mange af JD's overvejelser over didaktiske udfordringer i reformens kølvand. Derimod finder vi JD's tilsyneladende traditionelt instrumentalistiske opfattelse af sammenhængen mellem matematik og fysik i fysikundervisningen overfladisk og bekymrende. Og det er emnet for kommentaren.

Matematik i anvendelse

De specielle adgangskrav fra gymnasiet til både naturvidenskabelige, tekniske og sundhedsvidenskabelige videregående uddannelser er fremover typisk matematik på A-niveau, fysik på B-niveau og kemi på B-niveau. Altså krav til indholdet af eksakte fag i gymnasieuddannelsen. Under et er kerneindholdet i de specielle adgangskrav efter vores vurdering krav til omfanget af forudgående træning i at løse problemer ved hjælp af matematik. Både på de naturvidenskabelige, de tekniske og de sundhedsvidenskabelige videregående uddannelser skal de studerende kunne bringe matematik i anvendelse. Det samme gælder på de videregående økonomiske uddannelser. Og JD's forestilling om, at fraværet af denne forudsatte kompetence opbygget gennem hele det forudgående skoleforløb "kan de pågældende studier heldigvis selv gøre noget ved" (side 27), holder desværre ikke. Forestillingen svarer f.eks. til at forveksle musikalitet (som udvikles gennem mange års træning) med f.eks. at kunne læse noder (som kan læres på et turbokursus). Kompetencen at kunne forstå og bringe matematik i anvendelse oparbejdes på samme måde som musikalitet igennem år. Og det vil svække en meget stor del af de videregående uddannelser, hvis gymnasiet efter reformen ikke leverer varen.

Nu drejer JD's artikel sig i øvrigt først og fremmest om det naturvidenskabelige grundforløb og Fysik C, altså om de dele af fysikundervisningen, der skal være alment dannende for alle, og ikke de dele, der skal være decideret studieforberedende. Men for os adskiller det alment dannende for alle og det studieforberedende for færre sig ikke kvalitativt.

JD vurderer som vi (jf. dog Hansen, 2005), at fysikfagets identitet med den nye gymnasieordning har ændret sig, således at metafagligheden styrkes og matematikindholdet i fysikfaget nedjusteres:

"Der skal meget kortfattet udtrykt ske en bevægelse fra regning af standardopgaver, indlæring af formler og udførelse af standardøvelser til opstilling af nye problemstillinger og brug af viden på ukendte områder og i kontekstrige, autentiske situationer." (side 23)

I dette citat reduceres matematikindholdet i fysikundervisningen til regning af standardopgaver og indlæring af formler, hvilket er en mangel på nuancering, der er gennemgående for måden JD omtaler matematikindholdet i fysikundervisningen. Et andet eksempel:

”Inden for fagets egne rammer har vi opbygget en forestilling om forståelse baseret på evnen til at kunne gennemføre fagets vigtigste processer (regne opgaver, udføre øvelser, kende formler etc.). Men i en hverdagskontekst er kompetence snarere evnen til at kunne argumentere og handle med brug af fagets viden i komplekse situationer – at kunne tilpasse faget en hverdagslogik.” (side 24)

Vi kan ud fra også et almen dannelses synspunkt kun være enige i det ønskelige i en forskydning bort fra formelterperi imod kontekstrige, komplekse og autentiske situationer. Men er det fair at fremstille fysikkens formelle og matematiske sider som ”regneteknik”? Findes der ikke fysiklærere, der er i stand til at give deres elever autentiske oplevelser af selv at tænke skarpt om verdens indretning, når fysikundervisningen fungerer som øvelsesterræn for matematik i anvendelse? Og er det rigtigt, at faget skal tilpasses en hverdagslogik? Er det karakteristiske fysik kan levere ikke netop en tydelig demonstration af, at hverdagen kan anskues ud fra andre logikker end netop hverdagens? Svarene på disse spørgsmål er knyttet til, hvorvidt matematikindholdet i fysikundervisningen primært opfattes traditionelt instrumentalistisk eller primært som optræning af en anskuelsesform.

Ohms lov

Det er svært at vurdere fornuften i at matematikindholdet i fysikundervisningen nedtones, hvis man ikke udfolder det til mere end blot ”opgaveregning”. Matematikindholdet i ”opgaveregning” og dermed dette indholds bidrag til almindelig og studieforbereelse kan jo have vidt forskellig karakter.

Eksempelvis kan matematikken knyttet til opgaveregning med Ohms lov have meget forskellig karakter. Advarselstrekanten i nedenstående figur fungerer i folkeskolen som hjælpemiddel til at løse opgaver, hvor enten strømstyrke, spænding eller modstand kan findes ved at holde hånden over den ukendte størrelse og således se, hvorvidt de to kendte størrelser enten skal multipliceres eller divideres for at finde den ukendte.

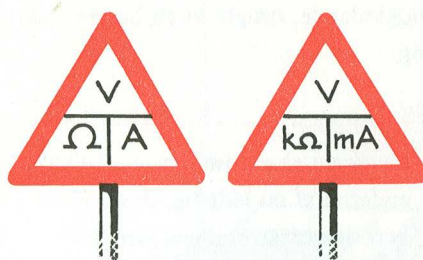


Fig. 34. En ny og nyttig form for Ohms lov!

Læg mærke til skiltet til højre.

$$V = \Omega \cdot A$$

$$V = k\Omega \cdot mA$$

Figuren er hentet fra Andersen og Norbøll, 1979, side 20-1

Rækkeviden af indtænkningen af en sådan manual er begrænset til konkrete håndværksmæssige situationer. Anderledes ville det være, hvis emnet Ohms lov blev benyttet som afsæt for at ræsonnere over direkte og omvendt proportionalitet. Og over hvordan noget sådant kan beskrives

formelt algebraisk. Så ville undervisningen også kunne have betydning for elevernes omgang med f.eks. klassestørrelse · antal klasser = antal elever og tilsvarende sammenhænge i problemløsningsituationer. Men det forudsætter selvfølgelig, at undervisningen netop undviger manualer som den viste.

Grunden til, at vi udpensler dette med et eksempel, er, at vi er bange for, at JD har en tilsvarende rent redskabsorienteret opfattelse af matematikkens rolle i fysikundervisningen, som den manualstrategien i eksemplet er udtryk for.

Dannelse

Den anskuelsesform som anvendelse af matematik i fysikundervisningen giver, mener vi, er almindelig, idet evnen til selv at kunne analysere, formulere, løse og vurdere kvantitative problemstillinger giver eleverne en større forståelse af 1) *at* dele af virkeligheden og 2) *hvordan* dele af virkeligheden kan beskrives kvantitativt, og giver derved i Oplysningstidens ånd eleverne en større myndighed, når de oplever at kunne betjene sig af deres egen forstand og ikke forskellige autoriteter til at blive klogere på dele af omverdenen. (jf. f.eks. Jensen, 2002; Jensen, 2005; Petersen, 2007; Schilling, 2002.)

I vurderingen af fysiks særlige bidrag til almindelig dannelse kan det måske synes mere naturligt at træning i matematikanvendelse sker i matematikfaget end i fysikfaget. I princippet er der intet til hinder for at matematikfaget kan favne matematikanvendelse og at de dele af virkeligheden matematikken anvendes på rækker udover fysikkens genstandsfelt. Men som det fagkulturelle landkort ser ud i øjeblikket i gymnasiet, så er det primært i fysiktimerne der leveres undervisning i matematikanvendelse.

Referencer

Andersen, Ingolf og Norbøll, K. W. "Fysik og kemi for 9. klasse. Grundbog". P. Haase & Søns Forlag, København, 1979.

Hansen, Gert. "Gymnasireformen – hvilken vare er bestilt?". MONA, 2, side 104-106, 2005.

Jensen, Jens Højgaard. "Tre grunde til fysikundervisning". I Gert Hansen og Carsten Claussen, udgivere, "Hvorfor? – et spørgsmål om fysikundervisning i det almene gymnasium", side 37-40. Uddannelsesstyrelsen, 2002.

Jensen, Jens Højgaard. "Gymnasireformen og Galileis 3 revolutioner". MONA, 1, side 71-81, 2005

Petersen, Bjarke Skipper. "Fysiks bidrag til almindelig dannelse. Metafaglighed over for fagfaglighed", RUC, 2007.

Schilling, Verner; "Den 'hårde' fysik – overvejelser over fysik i gymnasiet". I Gert Hansen og Carsten Claussen, udgivere, "Hvorfor? – et spørgsmål om fysikundervisning i det almene gymnasium", side 37-40. Uddannelsesstyrelsen, 2002.

Den efterfølgende artikel er fra MONA 2010-1.

Problemløsningskompetence opnået ved hjælp af uformaliserede opgaver – erfaringer fra et fysikkursus på RUC

Martin Niss & Jens Højgaard Jensen, IMFUFA/NSM, Roskilde Universitet

Abstract. Denne artikel omhandler en bestemt type fysikopgaver, såkaldte uformaliserede opgaver, og deres brug på et fysikkursus på RUC. Uformaliserede opgaver kræver at problemløseren præciserer opgaverne nærmere således at de kan gøres til genstand for fysisk analyse. Vi argumenterer for at sådanne opgaver kan bruges til at udvikle væsentlige aspekter af problemløsningskompetencen. Disse aspekter trænes ikke ved de problemer der typisk bruges i fysikundervisningen. Disse pointer illustreres ved en analyse af hvad der kræves for at løse to specifikke opgaver, samt en præsentation af studerendes løsninger af det ene problem. Desuden beskrives mere end 30 års erfaringer med at bruge uformaliserede opgaver på et fysikkursus på RUC.

Introduktion

Opgaveløsning spiller en fremtrædende rolle i fysikundervisning på alle niveauer. En hovedgrund er at evnen til at anvende fysikviden på virkelige problemer ses som en kernekompetence inden for fysikbeherskelse og -udøvelse. Hvis vi ønsker at dette skal afspejles i fysikundervisning og -læring, så følger det mere eller mindre umiddelbart at løsning af opgaver skal indtage en fremtrædende rolle i fysikundervisning. Det er imidlertid ikke klart hvilke metoder der skal bruges for at udvikle de fysikstuderendes efterspurgte problemløsningskompetencer (Ogilvie, 2007).

Traditionelle opgaver, som kaldes *standardopgaver* fordi der bruges så meget tid og kræfter på dem i traditionel fysikundervisning (Maloney, 1994), virker utilstrækkelige i denne henseende: Sådanne opgaver, som bl.a. findes i traditionelle fysiklærebøger, præsenterer typisk en situation og nogle informationer, ofte som numeriske værdier for variable som beskriver situationen, og opgaven består så i at bestemme værdien af en anden variabel (Maloney, 1994). Didaktiske forskere påpeger at standardopgaver adskiller sig fra virkelige problemer: Standardopgaver er produktet af visse konventioner, har mere til fælles med krydsogtværs-opgaver end fysik og kan karakteriseres som kunstige, opdigtede gåder (Schultz & Lochhead, 1991; Rigden, 1987). Flere skriver at standardopgaver er veldefinerede i modsætning til de ufuldstændigt definerede problemer som videnskabsfolk sædvanligvis møder (Maloney, 1994): Standardopgaver angår objekter og hændelser som er blevet idealiseret (såsom blokke der glider på skråplaner), de specificerer hvad der skal kigges efter som en ukendt variabel (Heller & Hollabaugh, 1992), de kræver ofte kun en hurtig lineær løsningsproces (Schoenfeld, 1992; Yerushalmi & Magen, 2006), de studerende kan roligt antage at der kun er en korrekt løsning selv hvis der er mere end en mulig løsningsvej (Schultz & Lochhead, 1991), og opgaveformuleringen giver al den krævede information (Rigden, 1987) og ofte i konsistente enheder (Heller & Hollabaugh, 1992).

Disse forskelle rejser spørgsmålet om de kompetencer der udvikles for standardopgaver, er tilstrækkelige til at man kan løse virkelige problemer. Flere forfattere mener nej og argumenterer for at løsningen af virkelige problemer kræver evner der ikke kræves af standardopgaver, såsom at foretage beslutninger om hvilke variable der vil svare på det stillede spørgsmål, hvilke fysiske

begreber og principper som kan bruges, hvilken information der kræves og hvordan denne information kan opnås. Nogle påpeger at de opgaver man løser i skolen, er mere lukkede end virkelige problemer (Herron, 1971; Guidoni, 1984; Gil Perez & Martinez-Torregrosa, 1984; Johsua, 1984; Johsua & Dupin, 1991). Alle disse punkter gør at flere forfattere tvivler på at løsning af standardopgaver udstyrer de studerende med de nødvendige kompetencer til at løse virkelige problemer (Maloney, 1994; Schultz & Lochhead, 1991; Rigden, 1987).

Siden 1976 har IMFUFA (instituttet for fysik og matematik) ved RUC afholdt det såkaldte Bredekursus (som nu hedder Fysisk Problemløsning I og II) der er et obligatorisk kursus for fysikstuderende. Kurset, som er udviklet af den ene af os (JHJ), stræber efter at udvikle de studerendes problemløsningskompetencer ved at fokusere på uformaliserede opgaver. Et typisk eksempel, som vil blive diskuteret i detaljer nedenfor, er kanonopgaven (se tekstboksen).

Kanonopgaven

Hvordan afhænger ildkraften af en kanon af kanonløbets længde? Begrund svaret.

Der er to mål med denne artikel. Det første er at argumentere for at arbejdet med sådanne uformaliserede opgaver kan udvikle væsentlige aspekter af de studerendes problemløsningskompetencer i fysik; disse kompetencer dækkes ikke ved at løse standardopgaver. Argumentet illustreres ved en undersøgelse af hvad der kræves for at løse kanonopgaven og en anden uformaliseret opgave. Som det vil blive klart nedenfor, har uformaliserede opgaver ikke, i modsætning til standardproblemer, ét endegyldigt svar. Det er imidlertid stadig muligt at bedømme de studerendes fysiske forståelse ud fra deres svar på uformaliserede opgaver. Vi eksemplificerer denne påstand ved at præsentere tre autentiske studenterbesvarelser af kanonopgaven som blev givet ved en eksamen hvor kanonopgaven blev stillet. De tre besvarelser er udvalgt så de *illustrerer* påstanden ved at vise bredden i de studerendes besvarelser; det er vigtigt at understrege at disse eksempler ikke skal opfattes som systematisk empirisk evidens. Det andet mål med artiklen er at kommunikere de vigtigste praktiske erfaringer med kurset på RUC som et eksempel på hvordan uformaliserede opgaver kan implementeres i et fysikkursus på det tertiære niveau. Rationalet bag kursets design beskrives, og der gives nogle generelle konklusioner angående dets implementering.

Artiklen er en oversættelse og bearbejdning (ved forfatterne) til et dansk publikum af en endnu ikke offentliggjort artikel sendt til American Journal of Physics. Den forskning der præsenteres, er en del af et større projekt rettet mod at forstå uformaliserede opgavers didaktiske potentiale og de særlige udfordringer disse opgaver stiller de studerende over for.

Problemløsning i fysik

Problemløsningskompetence

Der findes flere beskrivelser af de fysikkompetencer som studerende skal lære i løbet af deres uddannelse (Dalle Rose et al., 2003; Institute of Physics, 2006). Os bekendt understreger alle disse vigtigheden af problemløsningskompetence. Det britiske Institute of Physics har i deres *Physics*

Degree – Graduate Skills Base and the Core of Physics fx følgende beskrivelse af de to ud af fire kompetencer som angår problemløsning:

De studerende skal lære

– at takle fysikproblemer og at formulere passende løsninger.

De skal fx lære at identificere egnede fysiske principper, at bruge special- og grænsetilfælde, dimensionsanalyse og størrelsesordensoverslag til at guide deres problemanalyse og at præsentere løsningen så antagelserne bliver eksplicitte.

– at bruge matematik til at beskrive den fysiske verden.

De skal lære at oversætte et fysikproblem til matematisk form, og de skal have en forståelse af matematisk modellering og af approksimationers rolle. (Institute of Physics, 2006, s. 3, forfatterens egen oversættelse)

Hvori består fysisk problemløsningskompetence? Den inkluderer evnen til at konvertere et virkeligt problem til en model som kan underkastes kvantitativ analyse ved at abstrahere væsentlige elementer: at analysere modellens opførsel, foretage de nødvendige approksimationer og være klar over konsekvenserne af disse samt foretage overslag over størrelsesorden og indse hvornår disse approksimationer kan være brugbare (Thompson, 1987).

Generel karakterisering af opgaver

Opgaver er eksplicit formulerede udfordringer. De beskrives ofte som enten ”lukkede” eller ”åbne”, men det er en lidt upræcis karakterisering, for opgaverne kan være åbne eller lukkede med hensyn til i hvert fald to dimensioner. En opgave som er lukket i sit løsningsrum, har kun én løsning, mens en opgave som er åben i dette rum, tillader en række forskellige meningsfulde løsninger (Munson, 1988; Bolton & Ross, 1997; Garrett et al., 1990).

Et eksempel på en lukket opgave er følgende: En 500 kg tung bil kører med en fart på 20 m/s. Den bremses med en kraft på 10.000 N. Hvad er dens fart 75 m efter at den begyndte at bremse? En åben udgave kunne lyde: En bilist begynder at bremse når hun ser det gule lys. Hvad er bilens fart når den kommer til trafiklyset?

Opgaver som er lukkede i denne forstand, har et forudbestemt mønster som løsning (Christiansen, 2009), og et væsentligt aspekt ved løsningsprocessen består i at identificere dette mønster.

Den anden dimension som kan bruges til at karakterisere opgaver, er om deres formuleringer er veldefinerede eller ej (Christiansen, 2003; Christiansen, 2009), hvilket man kunne kalde hhv. åbent og lukket formuleret. En åbent formuleret opgave er ikke på en form hvor den kan løses med det samme, fordi begyndelsessituationen ikke er veldefineret. Opgaveløseren bliver nødt til at præcisere opgaven nærmere for at bringe den på en form hvor den kan løses. I princippet er der en opgave for hver præcisering. Opgaver med lukkede formuleringer kræver modsat ikke en sådan nærmere præcisering. En opgave kan karakteriseres efter disse to dimensioner. De fleste standardopgaver i fysik er lukket formuleret fordi de specificerer den efterspurgte variabel i fysiske termer, og har lukkede løsninger fordi der er forudbestemte mønstre som løser dem.

De uformaliserede opgaver som vi fokuserer på her, har en lukket formulering fordi opgavesituationen er veldefineret. Det er klart for fx kanonopgaven i figur 1 hvad der spørges efter.

Opgaverne er imidlertid formuleret i dagligdagssprog så opgaveløseren skal formalisere dem i *fysiske* termer, dvs. hun eller han skal fortolke, oversætte og idealisere problemet og således komme frem til en fysisk model af situationen. De er derfor *uformaliserede*. De opgaver der bruges på Breddekurset, er udvalgt på en sådan måde at fysikken bag situationen er entydig. For hver opgave er der ideelt én fysisk måde at anskue den på, og præciseringsprocessen bør føre til en bestemt fysisk model. På denne måde er opgaven *lukket* i sit løsningsrum fordi der er et forudbestemt løsningsmønster. Kanonopgaven er uformaliseret fordi opgaveløseren bliver nødt til at præcisere den i fysiske termer: hvilke egenskaber ved kanoner der er relevante for opgaven, hvordan problemet kan tages fra den dagligdags formulering over i fysikken, hvilken fysik der er anvendelig osv. Kanonopgaven er lukket i sit løsningsrum fordi denne proces bør føre til det forudbestemte mønster der beskrives nedenfor.

Beskrivelse af kurset

I dette afsnit redegøres der for hvordan uformaliserede opgaver er blevet og bliver brugt på fysikkurset.¹

Kursets struktur og mål

På RUC sker specialiseringen i fysik (og et andet fag) først på det tredje studieår. De to første år består af et fælles naturvidenskabeligt basisstudium. De studerende som starter på fysik, kommer med varierende fysikerfaringer fra dels traditionelle fysikkurser med standardopgaver, dels evt. deltagelse i fysikprojekter på basisstudiet. For at sikre de studerendes fysiske fundament starter specialiseringen med Breddekurset. Det eksplicit deklarerede hovedmål med kurset er, populært sagt, at lære de studerende at tænke som fysikere, dvs. at opfatte og løse problemer vha. fysik. Kurset fokuserer derfor på at udvikle de studerendes kompetencer snarere end deres viden om et specifikt fysikpensum. De anvendte opgaver falder inden for de fundamentale fysiske discipliner: mekanik, herunder den specielle relativitetsteori, elektrodynamik, termodynamik og statistisk fysik, indledende kvantemekanik og hydrodynamik, moderne fysik samt astronomi og astrofysik. Bredden af emner og de studerendes beherskelsesniveau defineres af lærebogen som er en af de traditionelle, indledende lærebøger, såsom Ohanian (1989) eller Tipler (1991). Lærebogen suppleres med noter; astronomi- og astrofysikdelen dækkes af en selvstændig lærebog. Da kursets primære fokus er opgaver frem for fysikemner, bruges lærebogen hovedsagelig som et redskab når behovet opstår under problemløsning. Det forudsættes desuden at de studerende har en stor fysisk bagage når de kommer på kurset, opnået under deres basisstudium, idet der ikke bruges meget tid på en systematisk gennemgang af de fysiske emner.

Kurset, som består af seks konfrontationstimer hver uge i et år, bryder med den traditionelle model for forelæsninger og problemløsning. Konfrontationsundervisningen er stort set udelukkende fokuseret på regning af tidligere eksamensopgaver; der er ikke noget laboratoriearbejde. Fysik- og matematikinstituttet ved RUC er ikke stort, og derfor er antallet af studerende som følger det obligatoriske kursus, lille og af størrelsesordenen 10 studerende pr. år.

¹ Kurset er kun blevet lidt ændret i de første 30 år, men det undergik en større revision for nogle få år siden pga. undervisningsreformer og altså ikke pga. en utilfredshed med kurset. Det nuværende kursus adskiller sig derfor fra den beskrivelse der gives her, men kun på punkter som er irrelevante for vores formål.

Opgaverne

Baggrunden for at bruge uformaliserede opgaver er at virkelige problemer sjældent optræder formaliserede uden for klasseværelset, dvs. de er ikke på den parametriserede og formelle form som standardopgaver er. Filosofien er at evnen til at formalisere virkelige problemer vha. fysik er flaskehalsproblemet i fysisk problemløsning, og at uformaliserede opgaver er det mest effektive redskab til at udvikle denne evne. På samme måde som matematikbeherskelse ikke skal være bundet udelukkende til situationer hvor den uafhængige variabel kaldes x , den afhængige variabel y , og den vilkårlige konstant a , kræver fysikbeherskelse evnen til at se igennem symboler og sprogbrug. Det uformaliserede aspekt opnås ved opgavernes dagligdagsformulering, sådan at præciseringen af problemet i fysiske termer er en central del af løsningsprocessen.²

Opgaverne er udvalgt så der er et løsningsmønster som de studerende forventes at identificere. Dette er der to grunde til: For det første er det en bekvem måde at give læreren kontrol på. Opgaverne skal jo hjælpe de studerende til at tænke som fysikere, men ikke alle problemer er velegnede til at udvikle denne evne: Nogle problemers løsning kræver overhovedet ikke brug af fysik, mens andre er for svære at behandle. Opgaverne skal derfor designes omhyggeligt, og dette kan gøres vha. opgaver der er lukkede i deres løsningsrum. Den anden grund er at lukkede opgaver ofte motiverer de studerende mere end åbne opgaver; de studerende kan godt lide at være på ”skattejagt”.

Hver opgave omhandler en virkelig, og ikke en fortænkt, problemstilling. Dette skyldes dels et motiveringshensyn i forhold til de studerende, dels at det ønskes illustreret at fysikkens karakter af teoretisk forklarende videnskab netop gør den brugbar til at overskue dele af virkeligheden med, og at fysikken ikke er det skolastiske, selvbestemmende system som den på grund af sit stærkt teoretiske præg ofte forveksles med. Svarene på opgaverne bør give mening når de fortolkes i forhold til de virkelige situationer. Det er imidlertid vigtigt at understrege at opgaverne er designede til en undervisningssituation, dvs. til at udvikle de studerendes evner til at anvende *fysik* og ikke en *generel* problemløsningskompetence. Dette betyder at læreren prøver at finde problemer som opfylder de ovenstående krav sammen med de følgende mere specifikke hensyn: Rimelig behandling af opgaverne skal forudsætte fysisk forståelse. Opgaverne skal angå centrale begrebsdannelse og forståelsesmåder i fysikken og kræve elementær matematik på niveau med indledende matematisk analyse. Kurset er desuden baseret på den fundamentale antagelse at det væsentligste udbytte af fysikundervisning først opnås gennem opøvelse af evnen til aktiv anvendelse af tillærte begreber og forståelsesmåder på problemer som ikke i forvejen er velkendte eller tilrettelagte. For at tilgodese dette hensyn er en stor del af problemstillingerne nogle der allerede behandles i gymnasiet. Kursets historie har ført til den konklusion at opgavernes uformaliserede karakter gør dem meget sværere end standardopgaver. Så for at sikre en passende sværhedsgrad er det nødvendigt at slække på deres tekniske sværhedsgrad.

De uformaliserede opgaver, som de bruges på kurset, indeholder en verbal beskrivelse af en problemsituation hvor der stilles et spørgsmål hvis svar kan opnås ved at anvende diverse teoretiske redskaber fra den fysiske værktøjskasse. Opgaverne er små tekster som beskriver det væsentligste ved en given situation, men giver så få informationer som muligt. Opgaveløseren afkræves eksplicit en begrundelse for det afgivne svar, underforstået ud fra fysik.

² Inden for nogle af de dækkede emner kan det være svært at finde opgaver som kan formuleres i dagligsprog. Dette er f.eks. tilfældet for elementarpartikelfysik som i høj grad er indlejret i et teknisk sprog.

Eksamen

Da kurset blev designet, var det afgørende at finde frem til en opgaveform der frem for afprøvning af matematiske/tekniske manipulationsfærdigheder og detailviden afprøvede de studerendes overblik over fysikken som helhed, deres forståelse af de centrale begrebsdannelser og deres evner til at anvende dem. Uformaliserede opgaver blev – og bliver – opfattet som i stand til at opfylde disse formål.

Eksamensformatet er ret traditionelt. Eksamen, som er med ekstern censur, udgøres af to skriftlige prøver a fire timer, og der gives én karakter baseret på begge prøver. Den studerende skal ved hver prøve udvælge fire ud af fem opgaver.³ Eksamen er uden hjælpemidler, så de studerende er nødt til at kunne de fundamentale fysiske og matematiske ligninger, typiske konstanter og størrelsesordener udenad. Det skal understreges at de studerendes vanskeligheder med problemerne ikke skyldes kommunikationsproblemer med at videregive opgavernes mening. Erfaringen med kurset er at andelen af studerende som misforstår opgaverne ved eksamen, er sammenlignelig med andelen ved mere traditionelle opgaver.

To illustrative opgaver

Kanonopgaven som blev præsenteret ovenfor, er illustrativ for de uformaliserede opgaver der bliver brugt på kurset. Nedenfor vises en mere udfoldet version af det ”samme” problem, dvs. som involverer den samme fysik, for at vise hvad der kræves for at løse opgaven. Det skal imidlertid understreges at for både dette og det følgende problem skal de studerende løse den originale opgave.

³ Antallet af opgaver til eksamen har varieret gennem kursets historie før det endte med fire ud af fem. Gennem kursets historie har de studerendes faglige forudsætninger og kompetencer ændret sig, mens opgavernes sværhedsgrad ikke er blevet ændret. Det er erfaringen at ændringerne i de studerendes faglige ballast ikke ændrer nævneværdigt ved hvor svært de har ved opgaverne. Vores fortolkning er at opgavernes sværhedsgrad skyldes vanskeligheder ved den fundamentale problemløsningskompetence.

Kanonopgaven – udfoldet version

En kanons ildkraft er et mål for hvor destruktive dens projektiler er. Antændingen af kanonens krudt starter en eksplosion som udvider luften under kanonkuglen, hvilket driver kuglen fremad. Vi lader ildkraften være lig med kuglens kinetiske energi når den forlader løbets munding. Lad V_0 være det lille volumen bag kuglen før affyring, V være volumenet bag kuglen under affyring og V_L være løbets totale volumen. Vi antager at processen foregår uden udveksling af varme mellem gassen og kanonløbet.

Lad γ være forholdet mellem luftens varmekapaciteter for hhv. konstant tryk og konstant volumen. Lad P være lufttrykket under ekspansion og P_0 være trykket lige efter eksplosionen når volumenet stadig er V_0 .

1. Udtryk P som funktion af V_0 , V og γ .
2. Bestem arbejdet der udføres på kuglen, som funktion af V_0 og V_L .

Vi antager at løbet er cylinderformet; lad L_0 betegne løbets længde svarende til begyndelsesvolumenet V_0 og L betegne løbets længde.

3. Udtryk arbejdet der udføres på kuglen, som funktion af L_0 og L .
4. Hvordan afhænger en kanons ildkraft af kanonløbets længde?

Det originale problem er formuleret i hverdagsprog. I stedet for at spørge til projektilens kinetiske energi når det forlader munden, anvendes bevidst upræcis, almindelig sprogbrug idet der spørges til ildkraften. Den studerende bliver nødt til at fortolke ”ildkraft” i fysiske termer såsom den kinetiske energi (eller lignende størrelser som beskriver projektilens destruktionssevne, fx fart) ved udgangen. Den udfoldede version illustrerer lærerens idé med problemet: at eksplosionens luftudvidelse udfører arbejde på kanonkuglen som driver den fremad. Dette er kernen i løsningen. Hvordan luftudvidelsen nærmere forløber (adiabatisk, som i den udfoldede version, eller isobarisk osv.), skal vælges, men det præcise valg er af mindre betydning fordi eksplosionens natur ikke er klar på forhånd (antændes alt krudtet før projektilet bevæger sig, hvorved adiabatisk ekspansion er det fornuftige valg, eller antændes en væsentlig del af krudtet under projektilens bevægelse?). Selv om der således er flere forskellige acceptable løsninger, er problemet stadig essentielt lukket fordi dets kerne er at indse sammenhængen mellem luftudvidelsen og projektilens bevægelse, dvs. at identificere løsningsmønsteret.

Den udfoldede problemformulering afslører de ”skjulte” skridt der kræves for at løse det oprindelige problem. Løseren skal for det første klargøre problemets fysiske basis ved at indse at den kinetiske energi (eller en lignende størrelse) er et mål for ildkraften, og at projektilens bevægelse er forårsaget af luftens udvidelse. Dernæst skal denne fysiske basis konverteres til en matematisk model ved at bruge arbejdssætningen, og der skal opstilles en antagelse om at luftudvidelsen sker adiabatisk (eller en anden tilsvarende fornuftig antagelse). For det tredje skal den resulterende model analyseres matematisk. Denne opgave kræver altså at løseren foretager de trin der kræves for at omdanne problemet fra den virkelige verden til en matematisk model som kan udsættes for matematisk analyse. Dette er forbundet afgørende med problemets uformaliserede karakter. Problemet kræver også at løseren foretager valg eller beslutninger om følgende punkter:

1. Den fysiske teori som siger noget om problemet
2. De variable som vil løse det stillede problem
3. De fysiske begreber og principper som kan anvendes på problemet
4. Den krævede information
5. Hvordan denne information kan opnås.

Som vi har set, er standardopgaver blevet kritiseret for at være for veldefinerede, og det kræves sjældent at man skal foretage ovenstående valg/beslutninger.

En anden illustrativ opgave er vist nedenfor. Denne opgave, som gives i denne form til de studerende, kan også udfoldes.

Tørretumbleropgaven

Hvor hurtigt roterer en tørretumbler? Begrund svaret.

Tørretumbleropgaven – udfoldet version

En tørretumbler består basalt set af en roterende cylinder. Lad cylinderen have radius R og rotere med vinkelfrekvensen ω om sin akse som er horisontal i gravitationsfeltet. Vi ønsker at bestemme hvor hurtigt tumbleren roterer, dvs. dens rotationsperiode. Tyngdeaccelerationen kaldes g . En genstand med massen m befinder sig på cylinderens inderside hvor den tvinges med rundt i cylinderens rotation.

1. Hvor stor er normalreaktionen N fra cylinderen på genstanden når denne befinder sig i toppunktet af sin bevægelse?
2. Hvad er den mindste vinkelfrekvens hvor genstanden følger med rundt i cylinderens rotation uden at være fasthæftet til den?
Vi antager at cylinderens radius er omkring $R = 0,5m$.
3. Hvor hurtigt roterer en tørretumbler?

Denne opgave er ligeledes formuleret i hverdagsprog. I stedet for at spørge til rotationsperioden, hvilket ville være den teknisk korrekte måde at formulere opgaven på, spørges der til "hvor hurtigt". Som den udfoldede formulering viser, er det løsningsmønster som skal identificeres, baseret på den idé at en tørretumbler virker ved at det tøj som skal tørres, tages med langs cylinderen. Der er to grænser: Hvis cylinderen roterer meget hurtigt, virker den som en centrifuge, mens en meget langsom rotation betyder at tøjet bliver liggende i bunden af tumbleren. En effektiv tumbler

opererer mellem disse to grænser sådan at tøjlet deltager i rotationen, men falder ned før det når cylinderens toppunkt. For at simplificere antager vi at tøjlet falder ned netop ved toppunktet. Ved at anvende fysik på denne idé kan vi nå frem til et matematisk udtryk for perioden. Opgaveløseren skal altså præcisere opgaven ved at definere hvad ”hvor hurtigt” betyder i fysiske termer, dvs. identificere både at det er perioden der spørges til, og hvordan denne størrelse kan bestemmes ud fra tørretumblerens funktionsmåde. Det ses igen at den originale version af problemet skjuler flere valg og beslutninger der skal tages for at konvertere det virkelige problem til en matematisk model. Opgaveløseren skal faktisk foretage de samme beslutninger som ovenfor.

Følgende opgaver er yderligere eksempler på opgaver der har været anvendt på kurset:

- Hvad er temperaturen i en gnistudladning eller et lyn?
- Hvor mange gange større er strømforbruget om vinteren i en dybfryser placeret i køkkenet frem for i udhuset?
- Ved ankomsten til et koldt hus tændes elvarmepanelerne. Hvordan ændrer temperaturen i huset sig som funktion af tiden?
- Hvad er forholdet mellem typiske temperaturer i brændende havebål og eksploderende brintbomber?
- I en stikkontakt hvortil der er tilsluttet en vandvarmer, sker der en varmeudvikling på grund af en løs forbindelse i stikkontakten. Hvor stor varmeudvikling kan der komme på tale?

Siden marts 2000 har *KVANT – Tidsskrift for Fysik og Astronomi* bragt JHJ's løsninger og didaktiske kommentarer til disse samt en række andre uformaliserede opgaver.

Studerendes løsninger til kanonopgaven

Ifølge opgavernes karakter findes der ikke altid bestemte, entydige og autoriserede svar på dem. At dette ikke umuliggør en bedømmelse af de studerendes besvarelser, illustreres i dette afsnit ved at undersøge hvordan kanonopgaven rent faktisk blev løst ved eksamen. Besvarelserne er udvalgt blandt de ni eksamensbesvarelser af denne opgave. Formålet med dette afsnit er ikke en systematisk undersøgelse, men at illustrere at det faktisk er muligt at bedømme studenterbesvarelserne trods opgavernes særlige natur.

Flere studerende løste opgaven i stil med modelløsningen i appendiks A som afspejler lærerens tanker med opgaven. Et eksempel er studerende 1 som omdanner problemet fra den virkelige verden til en opgave som kan underkastes fysisk analyse, ved at specificere at krudtet frigiver energi som gennem et øget tryk accelererer projektilet langs kanonløbet. For at omsætte denne idé til en matematisk model bruger den studerende at luftens arbejde på projektilet tilfører kinetisk energi til projektilet. Mens denne løsning følger modelløsningen på det væsentlige punkt om den basale mekanisme, afviger den med hensyn til valget af en isotherm proces snarere end en adiabatisk luftudvidelse og ved at medtage friktion.

Studerende 1's løsning af kanonopgaven

Lad os antage at alt krudtet afgiver sin energi momentant. Til tiden t_0 opstår der et tryk p_0 . Lad os endvidere antage at temperaturen T er konstant, og benytte gasligningen:

$$pV = nkT, V = A \cdot x, \beta = nkT$$

[x er afstanden projektilet har bevæget sig langs røret].

$$\text{Vi får nu: } p(x) = \frac{\beta}{A \cdot x}.$$

Projektilet må accelereres langs hele kanonløbet [med længden L], så den tilførte energi ΔW [er]:

$$\Delta W = \int_0^L p(x) A dx = \int_0^L \frac{\beta}{A \cdot x} A dx = \beta \int_0^L x^{-1} dx \quad [1]$$

$$\Delta W = \beta \log(L) \quad [2]$$

Energiltæksten er altså proportional med logaritmen til løbets længde L . Udgangshastigheden bliver da:

$$\Delta W = \frac{1}{2} mv^2 = \beta \log(L) \Rightarrow v = \sqrt{2 \frac{\beta}{m} \log(L)} \quad [3]$$

Tager vi hensyn til friktion og antager at den ikke er hastighedsafhængig, får vi

$$E_{tab} = \alpha \int_0^L dx = \alpha L,$$

hvor α er en friktionskoefficient.

Ændringen i projektilets kinetiske energi bliver nu:

$$\Delta W = \beta \log(L) - \alpha L = \frac{1}{2} mv^2 \quad [4]$$

$$\Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2}{m} (\beta \log(L) - \alpha L)}$$

Mens studerende 1 åbenlyst behersker de basale fysiske principper der kræves for at løse opgaven, er løsningen ikke uden fejl. For det første fører integralet på højre side af ligning 1 ikke til udtrykket i ligning 2 fordi et uendeligt led er forsvundet. Den studerende skulle have introduceret en længde

L_0 for kammeret bag ved projektilet sådan at ligning 2 bliver til: $\Delta W = \beta \log\left(\frac{L}{L_0}\right)$. For det andet er

ingen af løsningerne for v fysisk meningsfulde. Ligning 3 kan ikke være korrekt i grænsen af store L fordi energien der overføres til kuglen, bliver uendelig i denne grænse. Ligning 4 er også

problematisk for store værdier af L fordi v på et tidspunkt antager en kompleks værdi. Ingen af disse to vanskeligheder ville have optrådt hvis opgaveformuleringen havde været mere præcis (for eksempel ved at følge den udfoldede version) og havde defineret en længde L_0 og specificeret at den adiabatisk antagelse er gældende.

Nogle studerende er på rette spor, men kan ikke gennemføre løsningsprocessen. Studerende 2 er et typisk eksempel. Denne studerende giver en beskrivelse af situationen som stemmer overens med den generelle idé bag modelløsning og lærerens idé med opgaven: Kuglen skydes frem af trykket som opstår fra affyringen af krudtet, og impulsændringen kan beregnes fra trykket der på sin side kan beregnes fra udtrykket som den studerende giver. Selv om den studerende åbenbart har styr på situationens fysik, er vedkommende imidlertid ikke i stand til at løse problemet. Det virker som om den umiddelbare forhindring er at tiden der optræder i integralets grænser i ligning 5 og 6, afhænger af løbets længde. Denne forhindring optræder fordi den studerende benytter en impulstilgang frem for en energitilgang i stil med modelløsningen. Studerende 2's problemer skyldes ikke en mangel på fysisk forståelse, men snarere problemer med at anvende denne forståelse på situationen, i dette tilfælde at vælge den rigtige matematiske tilgang. Kanonopgavens formulering giver ikke nogen hentydninger til en gennemførlig tilgang i modsætning til den udfoldede version.

Studerende 2's løsning af kanonopgaven

Jeg forestiller mig at en kanonkugle fyres af ved at krudtet brændes af og forårsager et tryk på kuglen. Ved kanonløbets munding udlignes trykket med trykket i omgivelserne, og kuglen påvirkes ikke længere af nogen kraft. Den hastighed som kuglen har når den forlader kanonløbet, afhænger af den samlede impulsændring der er tilført kuglen på dens vej gennem løbet. Jeg forstår at ildkraften er denne samlede impulsændring, hvor kuglens impuls fra starten er nul:

$$p_{sam} = \int_0^t F dt \quad [5]$$

Den kraft F kuglen påvirkes af undervejs ud af løbet, er kraften pga. trykket P_{tryk} :

$$F = A \cdot P_{tryk}$$

Den samlede impuls bliver da:

$$p_{sam} = \int_0^t AP_{tryk} dt \quad [6]$$

Tiden der skal integreres over, afhænger af kanonløbets længde l (jo længere l , jo længere tid) og hvordan trykket i løbet aftager.

Når kanonløbet bliver så langt at kraftpåvirkningen fra trykket inde i løbet på kuglen har samme størrelse som tyngdekraften i løbets retning på kuglen, kan det ikke betale sig at gøre kanonløbet længere.

Trykket er omvendt proportionalt med volumenet i røret:

$$P_{tryk} \propto \frac{1}{V} = \frac{1}{A \cdot l}$$

Flere studerende har diverse vanskeligheder med at vælge den rigtige tilgang til problemet på et mere fundamentalt niveau. Nogle af dem anvender en ren mekanisk tilgang uden at relatere det til forbrændingens termodynamik. Et eksempel er studerende 3 som bruger at accelerationen er konstant, baseret på en antagelse om at forbrændingstrykket er konstant. Denne antagelse simplificerer opgaven drastisk fordi den nu kan behandles som et udelukkende mekanisk problem. Den studerende begrundet imidlertid overhovedet ikke denne antagelse om isobarisk bevægelse, og det virker udelukkende som en bekvem måde at simplificere problemet på snarere end en fysisk baseret påstand. Det er åbenlyst at studerende 3 ikke har samme styr på problemets fysik som studerende 1 og 2. Studerende 3's løsning giver desuden ikke mening i grænsen af lange kanonløb: Farten kan blive vilkårligt stor ved at øge længden, hvilket betyder at energien som overføres til kuglen fra løbet, kan blive vilkårligt stor.

Studerende 3's løsning af kanonopgaven

Når krudtet forbrænder (eksploderer), sker det løbende. $F = \Delta P \cdot A$, hvor ΔP er trykforskellen under eksplosionen. Kuglen får så tilført en kraft hele vejen ud gennem løbet. Kraften medfører at kuglen accelererer hele vejen ud. $F = ma$. Ildkraften må afhænge af mundingshastigheden (den hastighed kuglen har når den forlader løbet) og nok også kuglens masse ($p = mv$, impulsen nok lig ildkraft). Men det ser vi ikke på nu. Vi antager at krudtet i kanonen er lavet sådan at accelerationen på vejen ud gennem løbet er konstant. (Forbrændingstryk er konstant). $\frac{dv}{dt} = \text{konstant}$.

Vi er så interesserede i at finde en sluthastighed af kuglen. $a = \frac{\Delta P}{m} A = \text{konstant}$.

Vi har: $l = \frac{1}{2}at^2$ og $v = at$. Heraf fås: $t = \sqrt{\frac{2l}{a}}$ og

$$v = a\sqrt{\frac{2l}{a}} = \sqrt{2la}$$

[Studerende 3 laver nu en enhedsanalyse af denne ligning].

$$\text{Ildkraft} = p = mv = m\sqrt{2la}.$$

Disse tre studerendes løsninger af kanonopgaven illustrerer en generel erfaring med de uformaliserede opgaver der bruges på kurset: Disse opgaver kræver at de studerende mestrer to forskellige aspekter af problemløsningskompetence, nemlig at udpege den relevante fysik og at anvende den på den specifikke situation. For forskellige uformaliserede opgaver kan det ene eller andet aspekt give anledning til vanskeligheder, men de er begge til stede. Studerende 1 er i stand til at gøre begge dele (men har vanskeligheder med at fortolke den opnåede løsning i forhold til den virkelige verden), mens studerende 2 er i stand til at udpege den rigtige fysik, men har problemer med at anvende den effektivt. Studerende 3 har mere fundamentale vanskeligheder med at komme på rette spor. Disse vanskeligheder angår formalisering af problemstillingen. Det virker derfor sandsynligt at de ikke ville optræde i forbindelse med de mere udfoldede opgaver.

Der er to væsentlige erfaringer med eksamenerne på kurset. Den første er at censor og eksaminator i høj grad er enige om vurderingen af de studerendes besvarelser, så det er faktisk muligt at skelne en

god fra en dårlig løsning baseret på om den er fysisk meningsfuld, dvs. udviser den forventede opførsel, ikke bryder fysiske principper osv. For det andet får den enkelte studerende stort set samme karakter for eksamenens to skriftlige prøver selv om de indeholder fuldstændig forskellige opgaver – det er kun sjældent sket at deres karakterer afveg med mere end én karakter på 13-skalaen. Eksamen og dermed opgaverne har således en høj grad af pålidelighed.

Konklusion

Vi har argumenteret for at uformaliserede opgaver bestemt har noget at tilbyde fysikundervisning: De har potentialet til at træne de aspekter af problemløsningskompetence som ses som relevante for fysikere, men som ikke praktiseres ved løsning af standardopgaver. Der er altså et behov for sådanne opgaver i fysikundervisning. Det betyder at det eksamensformat vi har beskrevet, faktisk er *validt*. Ud over Roskilde Universitet har andre institutioner gjort brug af tilsvarende problemer af tilsvarende grunde (Thompson, 1987; Kapitza, 1977; Kapitza, 1980). Vi har desuden argumenteret for at opgaverne er *pålidelige*.

Der kan drages tre overordnede konklusioner ud fra mere end 30 års erfaring med kurset. Den første konklusion er at det er afgørende at adressere kursets dagsorden eksplicit for de studerende og at beskrive de særlige udfordringer som uformaliserede opgaver stiller. De studerende har nemlig hovedsagelig været udsat for standardopgaver i deres forudgående uddannelse. At løse uformaliserede opgaver kræver ikke bare andre kompetencer, men også andre forestillinger om problemløsning end standardopgaver, fx om de tilladte antagelser. Erfaringerne viser at overgangen fra den ene til den anden type ikke er let. På kurset bruges der meget tid på at diskutere forskellene mellem de uformaliserede versioner og deres mere udfoldede modparter på samme måde som det gøres i denne artikel.

Den anden konklusion er at for dette specifikke kursus har eksamen en positiv indflydelse på de studerendes opførsel. Der er faktisk perfekt overensstemmelse mellem kursets mål – at træne de studerende til at tænke som fysikere – og det som testes til eksamen, nemlig problemløsningskompetence karakteristisk for fysik. Kurset definerer evnen til at tænke som fysiker som evnen til at løse opgaverne til eksamen. Denne perfekte overensstemmelse gør det let at kommunikere kursets plot til de studerende. Der er ikke en skjult dagsorden om at de faktisk skulle lære noget andet end det der testes på kurset. Så ”hvad du tester, er hvad du får”-syndromet er ikke et problem for dette kursus – tværtimod. Dette gør det pædagogiske plot både meget simpelt og effektivt: De foregående eksamensopgaver udgør ”pensum”, og kursets undervisning er rettet mod at sætte de studerende i stand til at løse disse opgaver der, som det fremgår af de ovennævnte eksempler på opgaver fra kurset, falder inden for fysikkens grunddiscipliner.

Den tredje konklusion er at selv om der har været en udbredt accept af relevansen af kursets plot fra alle de involverede parter, har det krævet en fortsat kamp at få lov til at gøre det nødvendige for faktisk at opfylde plottet. Som noteret ovenfor er en af erfaringerne med kurset at uformaliserede opgaver er meget krævende, så for ikke at forråde de studerende til eksamen er det nødvendigt at bruge opgaver som ikke er for teknisk krævende. Gennem kursets historie har der imidlertid været en udtalt forventning om at kurset ikke bare skal tilfredsstille kursets egne præmisser, men også standarderne for mere traditionelle universitetskurser med deres fokus på de studerendes evne til at løse opgaver som er mere teknisk krævende, men også skræddersyede og inden for et snævert område. Dette forventningspres kommer både udefra og indefra i forhold til studiemiljøet og både fra lærere og studerende. En hovedgrund til at det har været muligt at holde kursets fokus så længe at kurset er blevet en integreret del af fysikuddannelsen på vores universitet, er sandsynligvis

instituttets lidenhed som har gjort det muligt at skabe en mere end overfladisk forståelse af kurset i miljøet.

Appendiks A – en modelløsning af kanonproblemet

Arbejdet der udføres på projektilet, er:

$$\begin{aligned} W &= \int_{V_0}^{V_L} P dV \\ &= V_0^\gamma P_0 \int_{V_0}^{V_L} V^{-\gamma} dV \\ &= \frac{V_0^\gamma P_0}{\gamma-1} \left(\frac{1}{V_0^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_L^{\gamma-1}} \right) \\ &= \frac{V_0 P_0}{\gamma-1} \left(1 - \left(\frac{L_0}{L} \right)^{\gamma-1} \right) \end{aligned}$$

Arbejdssætningen giver at ændringen i kuglens kinetiske energi er lig med arbejdet der udføres på den:

$$W = \Delta K$$

Kuglens begyndeshastighed er 0, så ildkraften, dvs. den kinetiske energi når kuglen forlader munden, er derfor:

$$\begin{aligned} K &= \frac{V_0 P_0}{\gamma-1} \left(1 - \left(\frac{L_0}{L} \right)^{\gamma-1} \right) \\ &= U_0 \left(1 - \left(\frac{L_0}{L} \right)^{\gamma-1} \right). \end{aligned}$$

Her er U_0 luftens indre energi efter eksplosionen. Ildkraften går således mod U_0 når kanonløbets længde går mod uendelig, hvilket virker rimeligt.

Appendiks B – en modelløsning af tørretumbleropgaven

Normalreaktionen N på genstanden i toppunktet er:

$$N = \frac{mv^2}{R} - mg$$

Her er v genstandens fart.

Der er to grænser: Hvis cylinderen roterer meget hurtigt, virker den som en centrifuge, mens en meget langsom rotation betyder at tøjet forbliver i bunden af tumbleren. En effektiv tumbler opererer mellem disse to grænser så tøjet medtages men falder før det når toppunktet. For at simplificere antager vi at tøjet falder netop i toppunktet. Tøjet falder i toppunktet hvis $N = 0$. I dette tilfælde er farten:

$$\frac{mv^2}{R} = mg \Rightarrow v = \sqrt{gR}.$$

Vinkelfrekvensen kan bestemmes ud fra:

$$v = \omega R \Rightarrow \omega = \frac{v}{R}$$

Ved at kombinere disse ligninger får vi:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{R}}$$

Så perioden er:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$$

Ved at bruge at $R = 0,5$ m, får vi endelig en omløbstid på omkring et sekund.

Referencer

- Bolton, J. & Ross, S. (1997). Developing students' physics problem-solving skills. *Physics Education*, 32(3), s. 176-185.
- Christiansen, F.V. (2009). *Making sense of problems: A matrix of problem types*. Upubliceret foredrag ved ESERA 2009.
- Christiansen, F. V. (2003). *Problemtyper i problemorienteret undervisning – på og udenfor RUC*. Upubliceret foredrag ved IMFUFA's 25-års-jubilæumskonference 2003.
- Dalle Rose, L.F.D. et al. (2003). Physics Subject Area Group. I: J. Gonzalez & R. Wagenaar (red.), *Tuning Educational Structures in Europe*. Bilbao: University of Deusto.
- Garrett, R.M., Satterly, D., Perez, D.G. & Martinez-Torregrosa, J. (1990). Turning exercises into problems: An experimental study with teachers in training. *International Journal of Science Education*, 12(1), s. 1-12.
- Gil-Perez, D., Dumas-Carré, A., Caillot, M. & Martinez-Torregrosa, J. (1990). Paper and pencil problem solving in the physical sciences as a research activity. *Studies in Science Education*, 18(1), s. 137-151.
- Gil Perez, D. & Martinez-Torregrosa, J. (1984). Problem solving in physics: A critical analysis. I: *Recherche en Didactique de la Physique, les Actes du Premier Atelier International, La Londe les Maures 1983* (s. 289-296). Paris: CNRS.
- Guidoni, P. (1984). Phenomenology of the understanding and misunderstanding of physics. I: *Recherche en Didactique de la Physique, les Actes du Premier Atelier International, La Londe les Maures* (s. 411-422). Paris: CNRS.
- Heller, P. & Hollabaugh, M. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups. *American Journal of Physics*, 60(7), s. 637-644.
- Heron, M.D. (1971). The nature of scientific enquiry. *School Rev.*, 79(2), s. 171-212.
- Institute of Physics. (2006). *The Physics Degree*. Lokaliseret den 28.12.2009 på www.ioppublishing.com/activity/policy/Degree_Accreditation/file_26578.pdf.
- Jensen, J.H. & Niss, M. Why physics is difficult – nomological versus causal explanations in Problem Solving. Sendt til *American Journal of Physics*.

- Johsua, S. (1984). La 'métaphore du fluide' et le 'raisonnement en courant'. I: *Recherche en Didactique de la Physique, les Actes du Premier Atelier International, La Londe les Maures 1983* (s. 321-330). Paris: CNRS.
- Johsua, S. & Dupin, J.J. (1991). In physics class, exercises can also cause problems... *International Journal of Science Education*, 13(3), s. 291-301.
- Kapitza, P.L. (1977). *Le livre du problème de physique*. Paris: CEDIC.
- Kapitza, P.L. (1980). *Experiment, theory, practice*. Dordrecht: Reidel.
- Maloney, D.P. (1994). Research on problem solving: Physics. I: D.L. Gabel (red.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (s. 327-354). New York: MacMillan.
- Munson, P. (1988). Some thoughts on problem solving. I: J. Heaney & D.M. Watts (red.), *Problem solving: Ideas and approaches from the secondary science curriculum review*. London: Longmans.
- Ohanian, H.C. (1989). *Physics* (2. udgave). New York: Norton.
- Ogilvie, C.A. (2007). Moving students from simple to complex problems. I: D.H. Jonassen (red.), *Learning to solve complex scientific problems* (s. 159-186). New York og London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rigden, J.S. (1987). Editorial: Problem-solving skill: What does it mean? *American Journal of Physics*, 55(10), s. 877.
- Schoenfeld, A.H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, meta cognition, and sense making in mathematics. I: D.A. Grouws (red.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (s. 334-370). New York: MacMillan.
- Schultz, K. & Lochhead, J. (1991). A view from physics. I: M.U. Smith (red.), *Toward a unified theory of problem solving: Views from the content domains* (s. 99-114). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Tipler, P.A. (1991). *Physics for scientists and engineers* (3. udgave). New York: Worth Publishers.
- Thompson, N. (1987). *Thinking like a physicist*. Bristol: Adam Hilger.
- Yerushalmi, E. & Magen, E. (2006). Same old problem, new name? Alerting students to the nature of the problem-solving process. *Physics Education*, 41(2), s. 161-167.

Abstract

This paper is concerned with a certain kind of physics problems, called non-formalized problems, and their use in a university physics course. Non-formalized problems require the problem solver to give a more precise specification of the problems so as to make them amenable to physical analysis. At the same time the problems have definite solutions. It is argued that such problems can help develop essential aspects of problem solving competency, in particular the ability to turn a real world problem into a model amenable to mathematical analysis. These aspects are not needed for solving standard problems typically used in physics education. The argument is illustrated by analysis of what is required to solve two specific problems as well as students' solutions to one of them. Moreover, some pertinent experiences from a course of long standing at Roskilde University based on non-formalized problems are offered.