

Naturfagsdidaktiske problematikker

Jens Dolin

DIG, Syddansk Universitet

Artiklen giver et bud på hvilke centrale problemstillinger undervisningen i naturfagene står over for, både på et mikroniveau, dvs. i den enkelte time, på et meso-niveau, dvs. i en skole/organisationssammenhæng, og på et makroniveau – i et samfundsmæssigt perspektiv. Det er en vigtig pointe at de tre niveauer hænger sammen, og enhver stillingtagen til problemerne må forholde sig til disse sammenhænge. Artiklen introducerer nogle temaer som forfatteren mener man på det naturfagsdidaktiske område kunne lægge vægt på i de kommende numre af MONA.

Naturfagene har mediernes bevågenhed, og det har de vel haft lige så længe de har været i uddannelsessystemet. Én af grundene er at de mere end andre fag bliver set som garant for fortsat økonomisk vækst. Samtidig tillægges de en række krisetegn (såsom manglende rekruttering til naturvidenskabeligt orienterede uddannelser, svag elevmotivation, stor kønsskævhed, ringe resultater i internationale tests etc.), hvorfor der er stor interesse fra såvel politisk, civilsamfundsmæssig som erhvervsmæssig side i fagenes stilling i det samlede uddannelsessystem, og i hvad eleverne rent faktisk lærer i naturfagene.

Skolen som institution skal desuden løfte stadig flere opgaver – social udjævning, demokratisk sindelag, almen dannelse osv. – og naturfagene har også en vigtig rolle i denne proces, ud fra en forestilling om at de moderne samfund formes af naturvidenskaberne. Dette forstærker presset på naturfagene i retning af at skulle leve op til en række stillede krav. Krav som ud over at lære naturvidenskabelig viden også handler om at kunne begå sig som borger i et demokratisk samfund.

En lang række rapporter og evalueringer har beskæftiget sig med disse problemstillinger og givet forskellige bud på udveje. Som nogle af de senere kan nævnes rapporten "Fysik og kemi – naturvidenskab for alle" (den såkaldte FyKom-rapport) (Arbejdsgruppe for fysik og kemi, 2002). Den analyserede fysik og kemi i hele uddannelsessystemet, og med inspiration fra store amerikanske og engelske naturfagsprogrammer anbefalede den at satse på naturfag for alle, dvs. en breddestrategi frem for en elitestrategi, kombineret med en kompetenceorientering af fagene og en fagdidaktisk satsning. Danmarks Evalueringsinstituts evaluering af fysik (Evalueringsinstitut, 2001) fremhævede mange

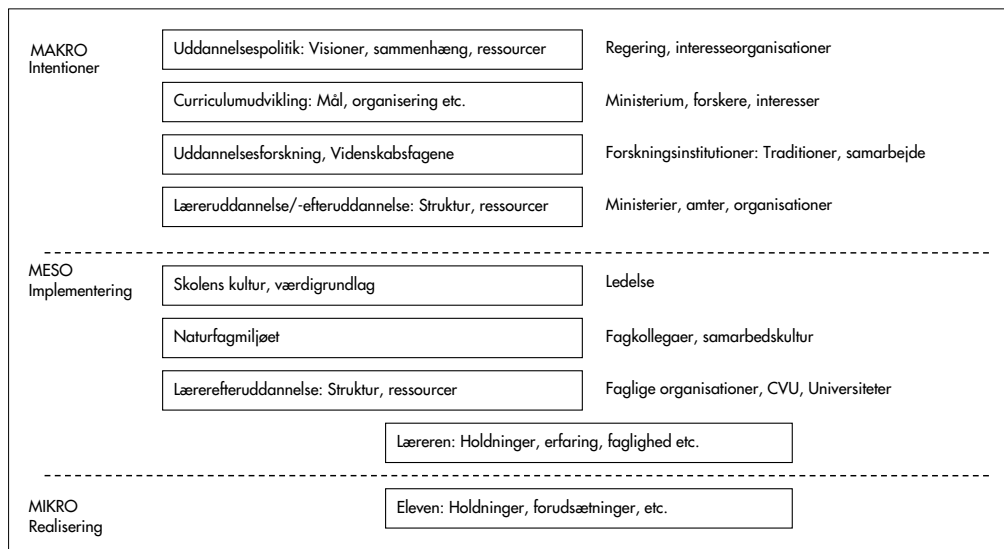
skolers svage naturvidenskabelige kultur og behovet for en fagdidaktisk opgradering af lærerne. Senest har projektet "Fremtidens Naturfaglige Uddannelser" (Andersen, Busch et al., 2003) samlet op på disse mange rapporter med en række tilsvarende anbefalinger, som så er sammenholdt med udredningsarbejde fra matematik, dansk og sprogfagene i en overordnet strategi: "Fremtidens uddannelser" (Busch, Elf et al., 2004).

Der er således ikke mangel på analyser og meninger inden for det naturfagsdidaktiske felt. Og der er også meget opbrud i naturfagene i hele uddannelsessystemet. I kølvandet på PISA undersøgelserne, hvor danske elever blev nr. 22 i 2000 og nr. 31 i 2003 i science-testene, er der indført flere tests i naturfagene i folkeskolen. I gymnasiet gennemføres fra sommer 2005 en omfattende reform, der har som ét hovedformål at fremme naturfagernes status og den naturfaglige side af almindelig uddannelse. På universiteterne oprettes nye naturvidenskabelige fag i grænsefladerne mellem de gamle, og der foretages omlægninger af undervisningen.

Det er ikke muligt at beskrive og analysere hele denne udvikling eller at dække alle de temaer og problemer som de udfolder sig på forskellige uddannelsesniveauer og inden for forskellige fagområder. Det efterfølgende er derfor nogle personligt farvede synspunkter der naturligvis kan anfægtes, men som forhåbentlig kan tjene som rammesætter for en naturfagsdidaktisk praksis og udvikling. Jeg vil påpege nogle overordnede sammenhænge og fremhæve nogle problemstillinger som for mig at se har været med til at præge debatten og forskningen inden for naturfagsdidaktikken, og som jeg vurderer vil være vigtige også i de kommende år. Ud af disse vil jeg udfolde de for mig tre vigtigste problematikker som bør gøres til genstand for forskning og udvikling. Jeg beskæftiger mig ikke i det følgende med matematikkens didaktik, og det er især de "hårde" naturfag der er i fokus (se (Dolin, 2001a) for distinktion mellem hårde og bløde fag). Endelig vil jeg se på nogle aspekter af det naturfagsdidaktiske felt selv.

De overordnede sammenhænge

I figur 1 er vist hvorledes al undervisning indgår i et komplekst system. Opdelingen følger den klassiske distinktion mellem det som "systemet", dvs. det (uddannelses)politiske niveau, ønsker hvad skolen og undervisningen muliggør, og det som eleven lærer. På hvert niveau er angivet de centrale elementer som udformer uddannelserne, og aktører i form af organisationer, beslutningstagere og udøvere. Lærerne og eleverne er anbragt på hvert sit niveau. Men de mødes i undervisningssituationen, hvor læreren repræsenterer de overliggende niveauer over for eleven, og eleven skal tilegne sig det som uddannelsessystemet har intention om. Når læreren her sættes sammen med skolen og ikke sammen med eleven, er det også for at vise at beslutninger vedrørende den konkrete undervisning i stadig stigende grad foretages på organisations- og lærerteamniveau.



Figur 1. Tre uddannelsesniveauer med de vigtigste elementer og aktører.

Opdelingen svarer til en vis grad også til elementerne i den klassiske fagdidaktiske trekant. Makroniveauet fastlægger de overordnede begrundelser, undervisningens "hvorfor?", mens undervisningens "hvad?" og "hvordan?" fastlægges på meso- og til dels på mikroniveau.

Hvad er så de vigtigste problemstillinger på de enkelte niveauer? Det handler de tre næste afsnit om.

Makro-problemer

På et samfundsmæssigt niveau fastlægges de overordnede formål med uddannelserne, deres indbyrdes vægt og sammenhæng, deres institutionelle forankring, forskningsmæssige forhold, læreruddannelse etc. De centrale aktører er politikere, ministerielle og regionalt ansatte embedsmænd, interesseorganisationerne o.l., og hele den offentlige debat befinder sig på dette niveau der trækker på udsagn og viden fra de underliggende niveauer. Ofte er det de samme problemstillinger der berøres for alle fagområder, men de kan have forskellig konsekvens for forskellige uddannelsesniveauer og fagområder.

De naturvidenskabeligt orienterede interesseorganisationer, såsom Akademiet for de Tekniske Videnskaber og Dansk Industri, plæderer generelt for mere naturvidenskab i uddannelsessystemet (ATV, 2004), og en erhvervsorienteret regering som den nuværende opprioriterer naturvidenskabelig forskning. Vægtningen mellem fagområderne i såvel uddannelse som forskning er vigtig, og det er især vigtigt at fagområdernes rolle og indbyrdes relationer diskuteres. Er det fornuftigt at lade naturvidenskabelig forskning vokse på bekostning af humanistisk og samfundsvidenskabelig

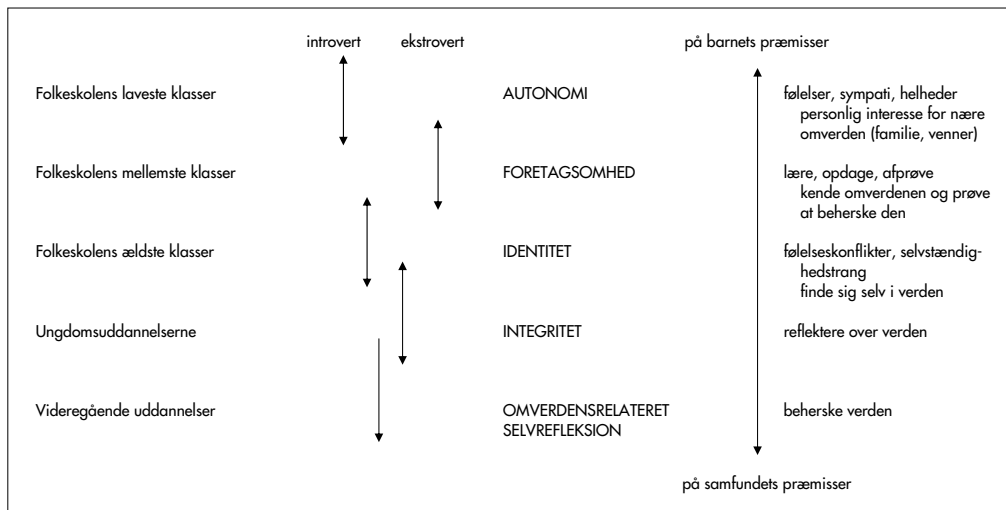
forskning? Skal det ses som konkurrerende områder, eller skal de måske tværtimod samarbejde mere? Naturfagene fylder ikke meget i det almene uddannelsessystem. Fx er det naturvidenskabelige islæt i folkeskolen faldet fra 38 % af timerne i 1958 til 20 % af timerne i 1999. Vores undervisningsminister udtaler om gymnasireformen: "Jeg kan forsikre at de åndelige fag ikke bliver nedtonet" (Politiken 8. maj 2005), og tænker i denne forbindelse ikke på naturfagene.

Bag disse tendenser og udtalelser ligger en debat om de overordnede formål med de enkelte uddannelser. Diskussionen afspejler de generelle samfundsmæssige udviklingstendenser og magtforhold, og for naturfagene gælder det deres vægt i det samlede uddannelsesmønster, både timemæssigt og statusmæssigt, og hvilken rolle fagene skal spille. De to aspekter hænger sammen, og en del af denne debat føres ved at debattere balancen mellem viden, kompetence og dannelse. En solid naturvidenskabelig viden anses af mange for det vigtigste udbytte af naturfagsundervisningen, som så i folkeskolen og ungdomsuddannelserne traditionelt er blevet balanceret med et dannelsesaspekt.

Denne dobbelthed i det almene uddannelsessystem er i de sidste 5-10 år blevet udfordret af det private arbejdsmarkeds kompetencediskurs. Her vægtes en række personlige og sociale egenskaber kombineret med evnen til at kunne klare sig i specifikke situationer. Et skift mod kompetencer udfordrer i særlig grad naturfagernes fokusering på abstrakt og objektiv viden. Det er ikke kun en konflikt mellem hensynet til erhvervslivet eller til personlige/civilisatoriske interesser, men også et internt skel: Er det et højt teknisk niveau der gør Danmark til et attraktivt erhvervsområde, eller er det samarbejdsevne, innovation etc. der er det vigtigste? Har den almindelige borger brug for en solid naturfaglig basisviden, eller snarere evne til perspektivering og fornuftig anvendelse af viden som den enkelte ikke nødvendigvis forstår til bunds (og hvor meget skal man forstå for at kunne perspektivere)? Det lette svar er selvfølgelig begge dele, men med begrænset tid og begrænsede ressourcer skal der foretages nogle prioriteringer. Måske skal der ske en forskydning mellem de to sider, så det indholdsmæssige i et vist omfang underlægges udviklingen af personlige og sociale kompetencer og en naturvidenskabelig dannelse.

Sammenhæng mellem uddannelserne er et andet vigtigt indsatsområde på makro-niveauet. Som udtrykt af professor Mogens Niss fra RUC: I folkeskolen er lærerne elevernes advokat over for fagene, mens de i gymnasiet er fagernes advokat over for eleverne. Dette er ikke kun dårligt, men skellet mellem de to skolesystemer er ufrugtbart og vanskeliggør overgangen fra folkeskole til ungdomsuddannelse. Det påpeges i "Fremtidens Naturfaglige Uddannelser" at folkeskolen vil have glæde af en øget faglighed, mens ungdomsuddannelserne (og de videregående uddannelser) kunne profitere af en fagdidaktisk udvikling. Det vil kræve en stor forskningsindsats at udvikle en sammenhængende naturfaglighed fra børnehave til videregående ud-

dannelser. Jeg har i figur 2 skitseret nogle niveauer baseret på udviklingspsykologiske kategorier som måske kan give nogle meget overordnede retningslinier for niveauernes primære indsats.



Figur 2. Nogle overordnede kategorier i udviklingen af en sammenhængende naturfagsundervisning.

Her er opstillet nogle nøglebegreber og nogle overordnede mål for undervisningen når den skal tage hensyn til barnets vekslen mellem indadvendthed og udadvendthed, og man gennem hele uddannelsesforløbet skal skifte fra at tilpasse undervisningen til eleven til at tilpasse eleven til samfundet. I (Dolin, Krogh et al., 2003) er der en række bud på hvorledes man kan forestille sig en progression op gennem uddannelsessystemet i en række naturvidenskabelige kompetencer.

En læreruddannelse som integrerer naturvidenskabelig og pædagogisk viden, er en forudsætning for udviklingen af et sådant integreret uddannelsessystem. De to sider må afvejes nøje i læreruddannelsen til de forskellige niveauer. Er det fx rimeligt at lade lærere undervise i folkeskolen på basis af 0,55 årsværk uddannelse i et liniefag? Eller er det formålstjenligt at uddanne forskere til at undervise i gymnasiet? "Fremtidens Naturfaglige Uddannelser" foreslår at der er et vist overlap mellem undervisere i de tre hovedniveauer – hvorledes kan det realiseres?

Meso-problemer

På institutionsniveau handler det om at sætte naturfagene på dagsorden på lige fod med uddannelsesinstitutionens øvrige fagområder. Dette gælder på alle uddannelsesniveauer. På de videregående uddannelser har taxameterordningen betydet at den

faldende studentersøgning har udsultet især de hårde naturfag. Inden for ungdomsuddannelserne har htx stået i skyggen af det almene gymnasium, der traditionelt har været præget af en humanistisk og samfundsmæssig kultur. I folkeskolen har manglen på liniefagsuddannede naturfagslærere betydet at undervisningen på især de laveste klassetrin ikke altid har haft den fornødne faglige forankring.

En måde at befæste det naturfaglige område på kan være gennem udviklingen af en *naturfaglig kultur* på skolerne og i regionale netværk. Herigennem kan der skabes en ressourcebase og en vidensdeling som kan øge kvaliteten af undervisningen. Sådanne udviklingsprojekter er sat i værk, som fx Science Team K i Kalundborg og omegn omfattende folkeskolens ældste klasser og gymnasiet, og der ligger et vigtigt arbejde i at sammenfatte og videregive erfaringerne herfra¹.

Naturfagene skal dog ikke isolere sig, men snarere udnytte en øget ressourcebase til at udvikle et samarbejde mellem naturfagene og mellem naturfagene og de øvrige fag. Forudsætningen for et sådant samarbejde – som står som et af de centrale krav i gymnasiereformen – er en viden om *naturfagenes egenart*. Hvad kan naturfagene (som andre fag ikke kan), hvorledes skabes viden i de forskellige naturvidenskaber, hvilken status har denne viden i sammenligning med anden viden, hvilken rolle har naturvidenskaberne spillet historisk etc.? Der skal således udvikles en lærerbevidsthed og viden om naturfagenes metaperspektiver, dvs. viden om naturfagenes videnskabs-teori og videnskabshistoriske hovedtræk. Det kræver en stor forskningsindsats og en omfattende efteruddannelse af lærerne.

I forbindelse med gymnasiereformen er der gennemført ganske mange efteruddannelseskurser af naturfagslærere især med henblik på at ruste lærerne til det nye naturvidenskabelige grundforløb. Disse kurser har lagt vægt på hvorledes man kan planlægge og gennemføre en undervisning baseret på at fremme de centrale naturfaglige kompetencer og fastholde det specifikt naturfaglige i tværfaglige forløb. For mange lærere har det vist sig at være en stor omvæltning, men også en bekræftelse i at der langt hen ad vejen er tale om kendte elementer i nye rammer. For mange handler det simpelthen om at lære et (nyt) sprog om undervisningen.

Denne udvikling viser nødvendigheden af at udvikle en *naturfagslærerprofessionalisme*: En erkendelse af at undervisning i naturfag er baseret på naturvidenskabelig viden og pædagogisk/didaktisk indsigt. Som biologilærer er man lige så meget biolog som lærer. I folkeskolen skal man måske bestræbe sig på at være noget mere biolog, end det mange steder ser ud til at være tilfældet nu, mens man i ungdomsuddannelserne med fordel kan udvikle de mere pædagogiske og didaktiske sider af lærerprofessionen. Også på universiteterne bør underviserne erfare hvorledes det

1 Udviklingsprojektets hjemmeside er (www.scienceteam.dk). Evalueringen af projektet findes på <http://www.dpu.dk/site.asp?p=958> (Søg efter "lokal udvikling af naturfagsundervisning").

at undervise dels er noget der kan (og bør) læres, og dels er noget der kan ses som en styrkelse af de forskningsmæssige dimensioner. De krav til klarhed og præcision som god undervisning kræver, kan fremme en forskningsmæssig udvikling². Vejen til en sådan lærerprofessionalisme går for alle niveauer gennem opbygningen af et naturfagsdidaktisk begrebsapparat som muliggør udvikling af en vidensbaseret undervisning.

Overordnet på meso-niveau er der tale om at problematisere skolen som institution og læringsrum. Læring finder ikke kun sted i skolen, men også i mange uformelle sammenhænge, og ofte er motivationen for at lære større her. Det kunne være nyttigt at få fagene ud af deres størknede rammer, både indholdsmæssigt og strukturelt, fx ved at trække på læringsformer uden for skolen. Skellene mellem skolen og dens omgivelser kunne måske mindskes, fx ved at kombinere det bedste af skolastisk og extramural læring (uformel læring, læring uden for skolen). Der er ved at blive opbygget et forskningsmiljø om ekstramural læring, såsom læring i sciencecentre³, som forhåbentlig kan få indflydelse på skolens læringsmiljø.

Mikro-problemer

At ovenstående problemstillinger ikke er nye, kan illustreres af John Deweys tale til årsmødet i American Association for the Advancement of Science i 1909. Her startede han med at konstatere det skuffende antal studerende til naturvidenskabelige studier:

Considering the opportunities, students have not flocked to the study of science in the numbers predicted ... (Dewey, 1995/1909, s. 391)

Dewey påpegede én grundlæggende årsag:

I mean that science has been taught too much as an accumulation of ready-made material with which the students are to be made familiar, not enough as a method of thinking an attitude of mind, after the pattern of which mental habits are to be transformed. (Dewey, 1995/1909, s. 391)

Dewey lokaliserede således problemernes årsag til klasserummet, til undervisningen i naturfagene. Og det er vel stadig en frugtbar betragtning. Makro- og mesoniveauet er rammer for den centrale aktivitet: Elevernes møde med det naturvidenskabelige

2 Det skal retfærdigvis siges at der er sket en kraftig styrkelse af universitetspædagogikkens status, fx via Dansk Universitetspædagogisk Netværk (<http://www.dun-net.dk/>) og via initiativer på fakultets- og institutniveau. Men forskning vægtes stadig lagt højere end undervisning på de fleste højere læreanstalter.

3 Se fx www.sciencecommunication.se.

felt. Det er også på dette niveau at den meste naturfagsdidaktik befinder sig, og litteraturen er omfattende. Af nogle internationale bøger om undervisning i naturfag kan nævnes (Millar, Leach et al., 2000; Monk & Osbourne, 2000), og standardværket er vel International Handbook of Science Education (Fraser & Tobin, 1998).

En stor del af dette undervisnings-læringsområde tager udgangspunkt i naturfagene selv, i hvorledes deres egenart kan og bør præge undervisningen, og det som eleverne skal lære. En anden del starter med eleverne og hvorledes naturfagene kan komme i overensstemmelse med elevernes interesser og behov. Endelig er der en stor tradition for at tilpasse generel læringsteori til et naturvidenskabeligt indhold for at fokusere på de specielle læringsproblemer der er i naturfagene.

De tre tilgange har stort overlap, og man kunne sikkert argumentere for andre opdelinger, men jeg vil kort ridse nogle vigtige problemer med udgangspunkt i disse de tre områder.

Lad os først se hvorledes naturvidenskaberne selv som udgangspunkt kan give anledning til indholdsovervejelser og overvejelser over hvordan de centrale naturvidenskabelige karakteristika kan formidles og læres. Naturvidenskaberne er gamle videnskaber der har opbygget en omfattende viden og et konsistent, ofte matematisk funderet, begrebsapparat der af mange lærere anses for nødvendigt at kende til i sin helhed før man kan anvende faget. Det giver problemer med stoftrængsel, og det betyder at undervisningen ofte er deduktivt bygget op. De senere års bestræbelser med at udforme en *kompetencebaseret beskrivelse* af fagene er til dels et forsøg på at omgå denne stoftrængsel, ved at formulere nogle indholdsinvariante fagkategorier. For naturfagene er *det praktiske arbejde* og evnen til at kunne registrere og måle på omverdenen en vigtig del af fagene. Der er en omfattende litteratur herom, og der pågår en stadig debat om relevansen af det praktiske arbejde (Wellington, 1998; Leach & Paulsen, 1999). Det praktiske arbejde (typisk organiseret i laboratorieøvelser) er ofte stagneret i de såkaldte kogeboogsøvelser, hvis værdi både motivationsmæssigt og indlæringsmæssigt er stærkt begrænset, så der arbejdes mange steder med at udvikle arbejdsformer som er mere udforskningsorienterede og har flere frihedsgrader. Det praktiske arbejde er ofte kombineret med naturfagenes vægt på *modellering* af virkeligheden. Gennem en (ofte matematisk baseret) reduktion af komplekse fænomener opbygges modeller der har en generel anvendelighed på store dele af virkeligheden. Der arbejdes med at udvikle en undervisning der fremmer elevernes evne til at forstå og selv kunne udvikle modeller (Gilbert & Boulter, 2000). Dette sker gerne ved anvendelse af it der giver en række muligheder for at illustrere og simulere ellers vanskeligt tilgængelige fænomener. Et tredje karakteristika ved naturfagene er deres anvendelse af mange *repræsentationsformer*. De fleste begreber og fagområder er udviklet, og forstås derfor kun, gennem mange forskellige fremtrædelsesformer, såsom grafer, tal, figurer, eksperimentelle opstillinger,

formler etc. Beherskelse af et fagområde kræver at man kan udtrykke det i alle dets repræsentationsformer og skifte frit imellem dem – det er store krav at stille til eleverne, og noget der kun læres hvis undervisningen bevidst lægger op til det (Dolin, 2001b). Endelig kan nævnes det omfattende arbejde med at inddrage naturfagernes *videnskabsteoretiske og -historiske* dimensioner i undervisningen. Man arbejder med at indkredse hvorledes fagene skaber viden, og man arbejder med formidling af de store fortællinger i fagene. Disse metaaspekter af fagene virker motiverende og er med til at fremme fagernes dannelsesaspekter (Matthews, 1994; Monk & Osborne, 1997; Sjøberg, 1998; Dolin, 2000).

I den anden tilgang til undervisningsproblemstillinger i naturfagene er *motivation* et nøgleord. Især de hårde naturfag opfattes af mange elever som svære. Fagene er abstrakte, og der kræves ofte et omfattende grundlag før man kan arbejde meningsfuldt med relevante emner. I hvert fald har undervisningstraditionen været sådan (Dolin, 2003a). Resultatet er lav motivation for naturfagene – selv om der måske nok er interesse for naturvidenskabelige problemstillinger. En undersøgelse viser endda at jo mere fysik eleverne har i gymnasiet, jo mindre kan de lide faget (Krogh, Arnborg et al., 2001)! Der er derfor en øget forskning i elevmotivation og -interesse. Forskningen trækker på forskellige, ofte psykologisk funderede, teorier, og der er udpræget behov for en begrebsafklaring så det bliver klart hvornår der tales om umiddelbar lyst, længerevarende interesse eller dybereliggende personlighedsforhold – og ikke mindst hvorledes de forskellige holdningsaspekter hænger sammen. Og hvilke undervisningsmæssige konsekvenser forskellige holdninger kan/bør have. Den såkaldte ROSE-undersøgelse⁴ har spurgt elever i en lang række lande om deres interesser for og holdninger til naturvidenskab, teknologi og naturfagsundervisningen (Schreiner & Sjøberg, 2004; Sjøberg & Busch, 2005), PISA-undersøgelsen inddrager det affektive domæne, og en række andre forskningsprojekter har også undersøgt elevers holdninger til naturfagene, fx (Broch & Egelund, 2001). Der tegner sig et komplekst billede, men overordnet anerkender eleverne fagernes relevans uden at man selv føler sig kaldet til at arbejde med dem eller studere dem senere, og de scorer lavt på fagenes top 10. Som et gennemgående resultat er drengene glattere for – især de hårde – naturfag end pigerne. I det hele taget udviser Danmark de største kønsskævheder i Norden hvad angår interesse og performance i naturfagene. Det er vigtigt at få belyst årsagerne til disse skævheder. Det mest interessante ved denne interesseforskning er, for mig at se, at den peger på at undervisningens tilrettelæggelse og pædagogiske gennemførelse er nok så vigtig for elevernes interesse som det konkrete indhold.

4 Se det internationale ROSE-projekts hjemmeside på: www.ils.uio.no/forskning/rose/ og det danske projekt på: www.dpu.dk/rose.

Det tredje og langt det største område inden for naturfagsdidaktikkens mikroområde er læring af naturfag. Her har konstruktivismen efterhånden etableret sig som det altdominerende paradigme med dens vægt på elevaktiverende arbejdsformer som en vej til læring. Feltet har udviklet sig gennem de seneste 50 år fra en stærk Piaget-inspiration i 1950'erne og 60'erne, med vægt på stadieteori og kognitiv udvikling, til nutidens mere sociokulturelt orienterede læringsteori der ser læring som den lærendes opbygning af relationer mellem sig selv, andre og omverdenen. Shayer og Adey's arbejde med Cognitive Acceleration through Science Education (CASE) projektet (Adey & Shayer, 1994) er et eksempel på det første. Det er blevet oversat til dansk som Højere Ordens Tænkning (HOT) og har haft en vis indflydelse på fysikundervisningen i det danske gymnasium. Op gennem 70'erne og 80'erne blev der arbejdet meget med elevernes forståelse af bestemte begreber, også ud fra et kognitivt udgangspunkt. Man bestemte elevers "misconceptions" eller "alternative conceptions" og udviklede undervisningsprogrammer der kunne overkomme disse fejlforståelser. Genren kulminerede med Reinders Duits store bibliografi i 1994 (Pfundt & Duit, 1994). Med delvis udgangspunkt i kritik af denne individorienterede og kognitivt fokuserede tilgang til læring fremkom der fra starten af 90'erne en række studier af læring af naturvidenskab, og læring generelt, som havde et sociokulturelt og socialt syn på læring. En videreudvikling af denne afvisning af læring som en individuel konstruktion af mentale strukturer er den såkaldte fænomenografiske forskning. Den afdækker den lærendes forestillinger om feltet og nedbryder individ-omverden-dualismen, dvs. den har et skift i ontologi i forhold til den foregående konstruktivisme. En kortfattet oversigt over den skitserede udvikling kan ses i (Dolin, 2003b). Reinders Duit har desuden fulgt op på 1994 bibliografien med en imponerende bibliografi indeholdende over 6000 titler der beskæftiger sig med en konstruktivistisk tilgang til naturvidenskabelig læring og undervisning⁵. Inspireret af denne læringsorienterede forskning er der udviklet en række undervisningsprogrammer og -tilgange som fokuserer på bestemte sider af læringspektret. Mange har lagt vægt på metakognition, dvs. refleksioner over læreprocessen (Baird, Northfield et al., 1995). Andre har fremhævet dialogen og arbejde med naturvidenskabens sprog som vigtige veje til læring (Lemke, 1990).

Dette meget omfattende og frugtbare forskningsfelt har dog ikke sat sig spor som står i relation til feltets volumen eller betydning. På trods af omfattende dokumentation af de læringsmæssige fordele af en konstruktivistisk tilgang, foregår undervisningen i vid udstrækning som den altid har gjort. Der er et skrigende behov for at få forbundet forskningen i læring af naturvidenskab med den aktuelle praksis i naturfagene.

5 Se <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>.

Tre problematikker

Af den foregående mangfoldighed af problemstillinger vil jeg pege på tre problemkomplekser som jeg vurderer til at få afgørende betydning for de naturfaglige uddannelser og dermed for naturfagsdidaktikken. De tager afsæt på hvert sit niveau, men har konsekvenser for dem alle.

Begrundelsesdiskussionen

Det er i spændingsfeltet mellem didaktikkens “hvad?” og “hvorfor?” at de største diskussioner foretages lige nu. Efter en længere periode med fokus på læringsproblemer er der nu en søgen efter identitet og mening. Hvad er naturfagenes egenart, hvad er det de kan, som andre fag(områder) ikke kan? Og i forlængelse heraf: hvorfor skal eleverne have naturfag? Især dette sidste spørgsmål er det helt centrale. Målformuleringer af fag sker i dagens uddannelsespolitiske sprog gennem fastlæggelse af kernefaglighed, kompetencer og dannelse. De tre begreber overlapper hinanden og kan meget groft siges at beskrive hhv. fagets indholdsaspekter, handleaspekter og holdningsaspekter.

I folkeskolen og gymnasiets obligatoriske niveauer er naturfagenes almindelige og kompetencegivende sider blevet fremhævet på bekostning af en fast, omfattende indholdsside. Dette skift kan ses som naturlig konsekvens af den samfundsmæssige udvikling. Det er vanskeligt at bestemme hvilken viden der er vigtig at have om 10 år, der bliver stadig mere af den, og den bliver i højere grad indlejret i teknologien og i databaser. Derfor forskubbes formålet med undervisningen hen imod elevernes evne til at kunne begå sig senere i livet i situationer der involverer naturvidenskabelig indsigt, kombineret med en evne til at kunne perspektivere denne indsigt. Den første evne svarer i vid udstrækning til det internationalt anvendte begreb *scientific literacy*, som det fx er defineret i PISA-projektet (OECD 2001). Vi har i Danmark udfoldet et begreb om naturfaglige kompetencer. I “Fremtidens Naturfaglige Uddannelser” defineres en empirikompetence, en modelleringskompetence, en repræsentationskompetence og en perspektiveringskompetence (Dolin, J., L. B. Krogh, et al., 2003). For begge begreber gælder det at de udtrykker en evne til at handle på baggrund af naturvidenskabelig viden i nogle for eleverne relevante situationer. Vægten lægges altså på indsigtfuld handlen og på at det er autentiske livssituationer der skal danne rammen om denne handlen, frem for reproduktion af viden inden for skolens mure. Den viden der skal læres, skal derfor tilpasses de behov som situationen kræver, snarere end fagets egen logik. Evnen til at kunne perspektivere den anvendte viden indfanges af dannelsesdimensionen, dette særlige centraleuropæiske/nordiske begreb der vedrører den enkeltes kritiske forholden sig til og indlevelse i faget med henblik på personlig udvikling.

Disse ganske komplekse begreber er udfoldet en del steder, og de er kommet ind i makroniveauets curriculumdiskurs som en tilpasning af faglighedsbegrebet til det

senmoderne samfund. På dette niveau bølger diskussionen stadig. Nogle kræver "øget faglighed", hvorved de forstår mere (traditionel) viden, mens andre advokerer for "ny faglighed", hvormed de mener en kompetenceorientering. Det er to sider i et (fag)politisk spektrum hvor forskellige opfattelser af hvilken vej samfundet udvikler sig – og bør udvikle sig – brydes. På meso- og mikroniveau har det ganske vidtrækkende konsekvenser hvor vægten lægges. En øget kompetenceorientering kræver en række organisatoriske ændringer (lærersamarbejde, ændret timestruktur etc.) og ret vidtgående ændringer i undervisningens tilrettelæggelse (problemorientering, tværfaglighed etc.) og evaluering.

Der kan meget vel tænkes at være en modsætning mellem opnåelse af den sammenhængende faglige viden som man troede at eleverne fik ud af tidligere tiders traditionelle, disciplinorienterede undervisning, og så evnen til at kunne løse konkrete, hverdagsrelaterede problemer med anvendelse af viden fra mange forskellige kilder. Når viden bliver funktionel i forhold til situationer uden for vidensområdet, mindskes behovet for (og dermed legitimiteten af) vidensrådets egen logik og strukturering. Hvis man fx vil fremme det funktionelle aspekt i naturfagenes skriftlige dimension, vil det uværgeligt ske på bekostning af indlæring af færdige skabeloner (Knain, 2005). Fysikrapporters faste opbygning (som har været uforandrede i 100 år!) er meningsfuld hvis man skal give en beskrivelse og analyse af et fysisk fænomen til en fysikkyndig person, men uhensigtsmæssig hvis man skal kommunikere med ikke-fysikkyndige om hændelser og problemer i den nære omverden. Vi er naturligvis ude i en balance. For at kunne bruge viden fra et fag skal man kende til fagets struktur, dets muligheder og begrænsninger. Men dette er i høj grad viden om faget, meta-faglig viden, der er en nødvendig forudsætning for at kunne bringe faget effektivt og korrekt i spil uden for faget, både alene og sammen med andre fag.

Under alle omstændigheder fordrer realiseringen af et kompetenceorienteret curriculum ganske omfattende ændringer af undervisningen og dens evaluering. Dette vil jeg uddybe nedenfor.

Udviklingen af en naturfaglig kultur

Tilpasningen til det senmoderne samfund kræver at skolen ændrer sig. Nye arbejdsformer, en hensigtsmæssig progression i arbejdsformer og faglighed, øgede krav om samarbejde mellem fagene etc. forudsætter at skolerne kan udvikle en samarbejdskultur der omfatter fælles udvikling, planlægning og gennemførelse – og ikke mindst en systematisk evaluering af de opstillede mål. Naturfagslærerne må som gruppe udvikle en professionalisme der indbefatter kendskab til naturfagenes metaaspekter, og som muliggør at læreren kan planlægge og gennemføre undervisning baseret på et didaktisk teoretisk grundlag. Vejen hertil er dobbelt. Dels skal der udvikles organisatoriske rammer og strukturer der kan facilitere en

sådan team-tilgang til fagene. Dette kræver såvel ledelsesmæssig indsigt som et holdningskift hos lærerne væk fra den privatpraktiserende lærer. Dels kræver det didaktisk forskning og efteruddannelse af lærerne med inddragelse af denne forskning. Det kunne være nyttigt at kombinere de to sider ved at lade lærerne deltage i aktionsforskningsprogrammer. Man kunne tænke sig naturfagsgruppen formulere og gennemføre forskningsprojekter i samarbejde med forskere. En fælles forskning om selvvalgte problemstillinger inden for naturfagsundervisningen vil kunne samle naturfagslærerne og være med til at udvikle et fælles sprog og et fælles begrebsapparat om naturfaglig undervisning. En sådan forskning med udgangspunkt i praksis har desuden en større chance for at forbinde forskning med praksis og dermed give en vidensbaseret ændring af praksis.

En læringsteori for naturvidenskab

Hermed menes ikke at man skal stræbe efter teorien for hvorledes naturvidenskaben kan læres. Men det må stadig være naturfagsdidaktikkens kerneområde at forbinde naturvidenskaberne med eleverne. Man bliver aldrig færdig med undervisning-læring relationen. Med at spørge til hvad læring er, og med at få øget vores viden om hvorledes forskellige undervisningsformer anvendt i forskellige situationer og med forskellige faglige problemer og forskellige elever giver forskellige resultater. Men her er begrundelsesdiskussionen igen en uomgængelig ramme. Der er forskel på at overveje hvorledes eleverne tilegner sig naturvidenskaben som den er, på dens egne præmisser, så at sige lærer at tænke som en fysiker, en biolog etc. Her er succeskriteriet at eleverne kan gengive faget selv og løse dets problemer. Eller om formålet er at blive klogere på hvorledes de forskellige naturvidenskabers vidensformer og tankemønstre kan overtages af eleverne i en sådan grad at de kan bruge den opnåede indsigt i livsrelevante situationer.

Megen forskning og udviklingsarbejde der har villet udvikle og realisere konstruktivismens ideer, har haft det faginterne succeskriterium at eleverne "lærte stoffet". At de fx blev bedre til Ohms lov målt som evnen til at løse traditionelle opgaver, forstå et begreb etc. Der er gennem dette arbejde opnået megen vigtigt og nyttigt viden om effekten af gruppearbejde, kønsadskilt undervisning, dialog, metakognition, hverdagsnære problemstillinger, affektive faktorer etc. i det faglige arbejde. Det har givet læreren et repertoire i undervisningsarbejdet, uanset hvad det overordnede formål med undervisningen er. Men hvis formålet med skolearbejdet er at ruste eleverne til at bruge faget i livsnære situationer, så skal disse arbejdsformer og pædagogikker ikke kun rettes mod faget i faginterne sammenhænge, men mod faget i en meningsfuld kontekst. Det er afgørende for tilrettelæggelsen af undervisningen om man ved læring af naturvidenskab mener læring af naturvidenskaben som den er i sig selv, eller om man mener læring af naturvidenskab med henblik på at kunne klare sig i

situationer som involverer naturvidenskab. Det sidste er jo det der er hensigten i en kompetencetilgang. Jeg vil mene man med rette kan tale om to forskellige kulturer.

Skolen bygger på en *tilegnelseskultur*. Præmissen er at man kan lære abstrakt viden – uafhængig af tid og rum – for senere at bringe den i anvendelse i mange forskellige situationer. Faget har en selvstændig, objektiv og neutral, status og form som alle kan tilegne sig og dermed opnå samme opfattelse af. Men det er tvivlsomt om en sådan intellektuel forståelse er tilstrækkelig for senere hverdagshandlen. Meget tyder på at den såkaldte *transfer* er ganske ringe. Uden for skolen er vores handlinger baseret på en *praksiskultur*. Læring og forståelse anses for socialt og kulturelt bundet. Indsigten er båret af situationens artefakter og den lærendes handlen i forhold til situationen og de involverede personer. Jeg vil ikke påstå at de to kulturer er helt adskilte, men netop inden for naturvidenskaben er der temmelig stor forskel på dem. Dette skyldes bl.a. at især de hårde naturvidenskabers logisk-deduktive vidensform er ganske langt fra hverdagslivets narrativitet (Bruner, 1998). Derfor vil et kompetencebaseret curriculum være vanskeligt at gennemføre i naturfagene. I hvert fald hvis man ved kompetence vil forstå en evne til fagligt baseret handlen i hverdagssituationer. Jeg tror derfor at en kompetence/literacy-orienteret undervisning vil kræve en mere dramatisk ændring af undervisningen i naturfagene end i samfundsfagene og de humanistiske fag. Der skal i højere grad bygges bro mellem hverdagstilgangen til verden og naturvidenskabernes tilgang til verden. Der er således behov for en praksislæringsteori inden for skolens rammer og gældende for hverdagssituationer som involverer naturvidenskabelige problemstillinger. Her kan måske findes inspiration i Etienne Wengers teori om praksisfællesskaber (Wenger, 1998). Der er samtidig behov for at undersøge hvorledes og hvornår der sker *transfer* mellem forskellige situationer. På trods af læringens situerethed hænder det jo at elever kan overføre viden fra en situation til en anden. Det vil være nyttigt at få mere viden om under hvilke omstændigheder dette sker. Måske er vores opfattelse af og forventninger til *transfer* helt forkerte.

Afslutning

Artiklen har forsøgt at give et overblik over de vigtigste problemstillinger inden for naturfagenes didaktik. Den har samtidig forsøgt at vise hvorledes disse problemer hænger sammen, selv om de befinder sig på forskellige niveauer. Denne sammenhæng er en vigtig pointe når fagene ses i et udviklingsperspektiv. Der er utallige eksempler på uddannelsesreformer inden for naturfagene som ikke har haft de ønskede virkninger, og der er masser af eksempler på god praksis der har levet et eget liv uden at få effekt på uddannelsessystemet som sådan. Det nytter ikke meget at lærere arbejder med at udvikle deres undervisning i en bestemt retning, fx baseret på teoretisk viden eller refleksioner over egen undervisning, hvis rammerne er for

snævre til at rumme sådanne initiativer, eller hvis det sker i en retning der er skæv i forhold til aktuelle tendenser. Hvis man omvendt på makroniveau udarbejder retningslinier og opstiller krav som er ude af trit med mikroniveauets problemer og muligheder for opfyldelse, vil det blot medføre frustration og dekobling hos lærerne. Der er således stort behov for at de forskellige niveauer kender hinanden og er i stadig dialog med hinanden, og her ser jeg meso-niveauet som et potentielt medierende niveau mellem de to andre. Det er på det lokalt-organisatoriske niveau at undervisningspraksis kan møde det politisk-administrative. Det er her lærerne i lærerteams kan bearbejde praksiserfaringer og bringe dem i spil med de overordnede intentioner. Det er her politikkniveauet kan komme i konstruktiv kontakt med underviserne og få feedback på og inspiration til diverse udviklingstiltag. Det er derfor dette niveau som bør styrkes og udvikles, hvis man vil fremme en praksisnær forbedring af naturfagsundervisningen.

Referencer

- Adey, P. S. & M. Shayer (1994). *Really Raising Standards: Cognitive Intervention and Academic Achievement*. London: Routledge.
- ATV (2004). *Gymnasiereform – husk lige naturvidenskaben!* København: Akademiet for de Tekniske Videnskaber.
- Andersen, N. O., H. Busch, et al. (2003). *Fremtidens naturfaglige uddannelser. Naturfag for alle – vision og oplæg til strategi*. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 7. København: Undervisningsministeriet.
- Arbejdsgruppe for fysik og kemi (2002). *Fysik og kemi – naturvidenskab for alle*. København: Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling.
- Baird, J., J. Northfield, et al. (red.) (1995). *Erfaringer fra PEEL projektet*. Århus: Klim.
- Broch, T. & N. Egelund (2001). *Elevers interesse for naturfag og teknik – et elevperspektiv på undervisningen*. København: Danmarks Pædagogiske Universitet.
- Bruner, J. (1998). *Uddannelseskulturen*. København: Munksgaard.
- Busch, H., N. F. Elf & S. Horst (2004). *Fremtidens uddannelser. Den ny faglighed og dens forudsætninger*. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 2. København: Undervisningsministeriet.
- Danmarks Evalueringsinstitut (2001). *Fysik i skolen – skolen i fysik. Evaluering af fysik i det almene gymnasium*. København: Danmarks Evalueringsinstitut.
- Dewey, J. (1995/1909). Science as Subject-Matter & as Method. *Science&Education* 4: 391-398.
- Dolin, J. (2000). Værdier og undervisning i fysik. I: *Fysik og almindelse*. Askov Højskole, Uddannelsesstyrelsen, Undervisningsministeriet.
- Dolin, J. (2001a). Samspillet mellem fagene. *Uddannelse(5)*: 32-38.

- Dolin, J. (2001b). Repræsentationsformer i fysik. I: J. Dolin & V. Schilling (red.), *At Lære Fysik – et studium i gymnasieelevers læreprocesser i fysik*. København: Uddannelsesstyrelsen, Undervisningsministeriet. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 19.
- Dolin, J. (2003a). Undervisningspraksis i de naturvidenskabelige fag i ungdomsuddannelserne. I: H. Busch, S. Horst & R. Troelsen (red.), *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser. En antologi*. København: Undervisningsministeriet, Uddannelsesstyrelsen.
- Dolin, J., L. B. Krogh, et al. (2003). En kompetencebeskrivelse af naturfagene. I: H. Busch, S. Horst & R. Troelsen (red.), *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser. En antologi*. København: Undervisningsministeriet, Uddannelsesstyrelsen.
- Dolin, J. (2003b). *Fysikfaget i forandring. Læring og undervisning i fysik i gymnasiet med fokus på dialogiske processer, autenticitet og kompetenceudvikling*. Roskilde, IMFUFA/RUC.
- Fraser, B. J. & K. G. Tobin, (red.) (1998). *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Press.
- Gilbert, J. K. & C. J. Boulter, (red.) (2000). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Knain, E. (2005). Skrivning i naturfag: mellem tekst og natur. *Nordina – Nordic Studies in Science Education (1)*.
- Krogh, L. B., P. Arnborg, et al. (2001). *GFIII-rapport, del A: Hvordan gik det så med fysikundervisningen og elevernes udbytte? 2.g-opfølgning på GFII-undersøgelsen*. Aarhus: Center for Naturfagenes Didaktik, Aarhus Universitet.
- Leach, J. & A. Paulsen, (red.) (1999). *Practical Work in Science Education – Recent Research Studies*. Frederiksberg: Roskilde University Press.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Matthews, M. R. (1994). *Science Teaching. The role of History and Philosophy of Science*. NY: Routledge.
- Millar, R., J. Leach, et al., (red.) (2000). *Improving science education*. Buckingham: Open University Press.
- Monk, M. & J. Osborne (1997). Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum: A Model for the Development of Pedagogy. *Science Education(81)*: 405-424.
- Monk, M. & J. Osbourne, (red.) (2000). *Good practice in science teaching. What research has to say*. Buckingham: Open University Press.
- OECD (2001). *Knowledge and Skills for life*. Paris: OECD.
- Pfundt, H. & Duit, R. (1994). *Students' alternative frameworks and science education: bibliography = Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht: Bibliographie – 4. ed.* Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN), Institute for Science Education.
- Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2004). *Rose – the relevance of science education (No. 4/2004)*. Oslo: ILS.

- Sjøberg, S. (1998). *Naturfag som allmenndannelse*. Oslo: Ad Notam Gyldendal.
- Sjøberg, S. & Busch, H. (2005). *Ungdomskulturen: Elevernes erfaringer, holdninger og interesser*. I: S. Sjøberg (red.), *Naturfag som almenndannelse*. Aarhus: Klim.
- Wellington, J., (red.) (1998). *Practical work in school science, which way now?* London and New York: Routledge.
- Wenger, E. (1998). *Communities of Practice – Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge: Cambridge University Press.