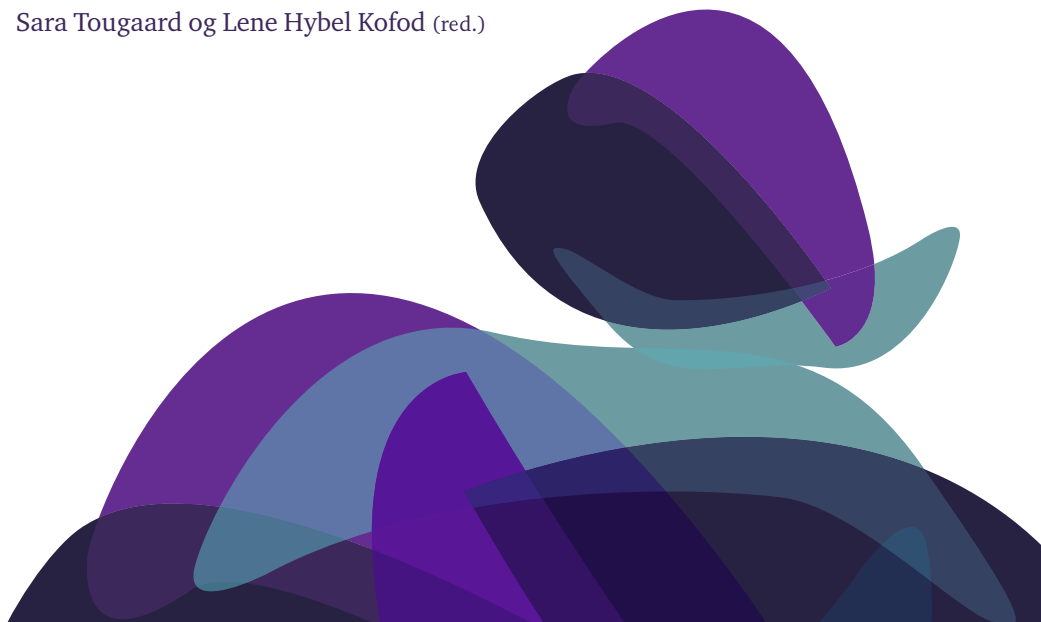


Metoder i naturfag

- en antologi

2. udgave

Sara Tougaard og Lene Hybel Kofod (red.)



Metoder i naturfag

- en antologi

2. udgave

Metoder i naturfag

– en antologi

Faglig redaktion

Sara Tougaard og Lene Hybel Kofod

Produktionsredaktion

Morten Kisendal Fabricius

.....

Omslag og layout

Tine Vognsen, www.tinevognsen.dk

Tryk

Kolind Bogtrykkeri

2. udgave 1. oplag 2014

Oplag 3000 eksemplarer

ISBN 978-87-91400-22-3

Copyright © Experimentarium 2014

.....

Kapitlerne af Jos Elstgeest og Sheila Jelly.

Oversat fra Primary Science: Taking the Plunge, 2nd Edition af Wynne Harlen.

Copyright ©2001. Udgivet af Heinemann, Portsmouth, NH, USA.

Genoptrykt med tilladelse fra forlaget. Alle rettigheder forbeholdes.

.....

Kapitlerne fra bogen kan downloades fra www.metodelab.dk



www.experimentarium.dk

www.metodelab.dk

Indhold

1. del

Hvorfor fokus på metoder i naturfag?

1 // Sæt metoderne på skemaet! side 1

Af Sara Tougaard og Lene Hybel Kofod

Hvorfor er det vigtigt at undervise i undersøgelsesmetoder i naturfag? Og hvordan kan man skelne mellem forskellige undersøgelsesmetoder?

2. del

Videnskabsfag og skolefag

Perspektiver på naturfaglige undersøgelsesmetoder og videnskabsteori

2 // Videnskabsteori – noget for skolens naturfag? side 11

Af Svein Sjøberg

Hvordan skal naturfaglige metoder og videnskabsteori forstås i forhold til naturfag i en almindelig skole? Og hvad bør lærere og elever vide om det?

3 // At undersøge verden – naturvidenskabelige metoder i skolen og i Real Science side 25

Af Lars Brian Krogh

Skal de arbejdsmetoder og -former, som skoleelever arbejder efter i skolen, være identiske med forskningens metoder og arbejdsformer?

4 // Naturfaglige kompetencer

- om kompetencetænkningen i nye Forenklede Fælles Mål side 49

Af Jens Dolin

Hvad er naturfaglige kompetencer? Hvorfor er kompetencetænkningen kommet ind i nye Forenklede Fælles Mål? Hvordan kan læreren undervise kompetenceorienteret, og hvordan evalueres kompetencer?

3. del

At sætte metode-læringsmål i naturfagsundervisningen

5 // At udvikle og evaluere praktisk arbejde i naturfag side 67

Af Robin Millar

Hvordan kan læreren sikre sig, at hun tænker i både læringsmål og aktivitetsmål i planlægningen af det praktiske arbejde?

Og hvordan sikrer hun sig, at hun tænker i både færdigheder og kundskaber?

6 // Læringsmål, tilrettelæggelse og præsentation – en beskrivelse af nuancerne i praktisk arbejde side 75

Af Robin Millar

Hvordan får læreren overblik over de mange nuancer i praktisk arbejde?

Og hvordan kan hun systematisere sin planlægning?

7 // Det rigtige spørgsmål på det rigtig tidspunkt side 95

Af Jos Elstgeest

Hvordan kan naturfagslæreren øve sig i at stille eleverne

de rigtige spørgsmål på det rigtige tidspunkt?

Og hvad er forskellen på produktive og uproduktive spørgsmål?

8 // Elevspørgsmål i naturfag side 107

Af Sheila Jelly

Hvordan kan læreren skærpe sin opmærksom på de spørgsmål

og undringer eleverne har? Og hvordan kan de omsættes

til spændende naturfaglige undersøgelser?

Experimentariums forord

Metoder i naturfag – en antologi er blevet til som en del af projektet MetodeLab, et kompetenceudviklingsprojekt for naturfagslærere, udviklet af Experimentarium i 2008. MetodeLab bygger på ideen om at 'sætte metoderne på skemaet' i naturfagsundervisningen.

Den første udgave af antologien er fortsat meget efterspurgt, særligt på lærer- og pædagoguddannelsen, og vi har ikke flere på lager. Derfor er vi stolte af og glade for, at Lundbeckfonden har muliggjort denne lettere reviderede 2. udgave af antologien.

Vi har opdateret antologiens indhold med et kapitel af professor Jens Dolin, om naturfaglige kompetencer og nye Forenklede Fælles Mål, samt omskrevet kapitel 1.

Alle bidrag, undtagen kapitel 7 og 8, er skrevet specielt til denne antologi, og vi vil gerne takke professor Robin Millar, professor Svein Sjøberg, professor Jens Dolin og lektor Lars Brian Krogh for deres bidrag og store imødekommenhed.

Desuden vil vi gerne rette en særlig tak til:

Lundbeckfonden for gennem generøs donation af have muliggjort MetodeLab. Professor Jens Dolin, institut for Naturfagenes Didaktik, KU, som har givet os uvurderlig sparring og fagdidaktiske slag over fingrene – og en is.

Annemarie Møller Andersen og Helene Sørensen, for at bistå med at trække de store linjer op.

Anders Isnes, Naturfagsenteret i Oslo, og Ingvill Krogstad Svanes samt Eiksmarka Skole, for stor inspiration og gæstfrihed.

Experimentarium

København, september 2014

Undervisningsministerens forord

Naturfag handler om at stille undrende og nysgerrige spørgsmål til verden omkring os. Naturfag er fundamentet til at forstå, hvordan alt hænger sammen, og hvorfor fænomener udfolder sig, som de gør. I naturfag skal eleverne derfor eksperimentere, ud i naturen, opleve den store verden, ind i teknologien og dykke ned i de mindste enheder med mikroskopet for at kunne forundres og forstå.

Derfor er det i også forhold til naturfag vigtigt, at eleverne oplever den mere alsidige og spændende skoledag, som den nye folkeskole repræsenterer. Nysgerrighed, lyst til at lære, kreativitet og udforskning skal være omdrejningspunktet for, at eleverne bliver så dygtige som muligt. Det fordrer en tæt kobling mellem teorien og den konkrete omverden.

De nye Fælles Mål for natur/teknologi sætter særligt fokus på elevernes metodiske kompetencer. Samtidig skal den åbne skole bidrage til, at undervisningen i endnu højere grad end tidligere flyttes ud af klasseværelset og udnytter de mange muligheder, som lokalsamfundet byder på, hvad enten det er skoven og søen, eller det er samarbejdet med en lokal virksomhed, ungdomsuddannelse, museum eller aktivitetscenter.

Jeg håber, at I vil finde metodeantologien brugbar og inspirerende til at tilrettelægge en varieret undervisning for og med eleverne, så de får det fulde udbytte af de mange muligheder, som den nye folkeskole byder på.



Undervisningsminister
Christine Antorini

August 2014

Sæt metoderne på skemaet!

Lene Hybel Kofod og Sara Tougaard

Naturfaglige undersøgelsesmetoder og modellering er centralt indhold i naturfagsundervisningen og er desuden en central del af kompetencemålene i de nye Forenklede Fælles Mål for naturfagene. Når vi opfordrer til at sætte metoderne på skemaet mener vi, at læreren skal tilrettelægge mindre kursusforløb med elevaktiviteter, som har specifikke læringsmål indenfor kompetenceområderne 'Undersøgelser' og 'Modellering'. Læreren kan eksempelvis tage udgangspunkt i færdighedsmålet 'Eleven kan opstille forventninger, der kan testes i undersøgelser' og vidensmålet 'Eleven har viden om enkle undersøgelses muligheder og begrænsninger'¹ og planlægge elevaktiviteter, som først og fremmest støtter elevernes læring i forhold til undersøgelser og modellering og kun sekundært støtter elevernes læring af det faglige stof, som undersøges.

De naturfaglige undersøgelsesmetoder skal opfattes som de metoder eller 'spilleregler', som alle naturfag har tilfælles. Metoderne udgør naturfagenes særlige fagsprog og måde at skaffe sig viden om verden på. Andre fag i skolens fagrække har andre fagsprog og metodikker. Eksempelvis vil eleverne i faget billedkunst kunne arbejde med billedfremstillinger af fisk. De spørgsmål som eleverne vil arbejde med, og de kompetencer som de udvikler, vil dreje sig om eksempelvis den æstetiske og kunstneriske læreproces. Imens vil undersøgelsesspørgsmål om fisk i naturfagene dreje sig om fx observationer af fiskens anatomi, fysiologi eller adfærd.

¹Fra Forenklede Fælles Mål for natur/teknologi, 4. klasse.

Naturfag i skoler og børneinstitutioner henter både indhold og undersøgelsesmetoder i videnskabsfagene fysik, kemi, geografi og biologi. Undersøgelsesmetoderne, der arbejdes med i naturfag, er altså lånt fra videnskabsfagene, men det er ikke det samme, som at naturfag i skoler og børneinstitutioner skal stræbe efter at være universitetsforskning i miniformat. Målet med naturfagsundervisningen er, at eleverne udvikler naturfaglige kompetencer og indblik i, hvordan naturfag bidrager til vores forståelse af verden. Målet er ikke, at eleverne skal producere ny viden, men at de forstår, hvordan viden skabes og diskuteres i samfundet. I videnskabsfagene er undersøgelsesmetoderne rygraden i de faglige diskussioner, hvor man mere diskuterer, hvordan man har undersøgt et emne, end hvad man har fundet ud af om emnet. Ny viden indenfor naturvidenskab bliver kun anerkendt som ny viden, når forskerne kan gøre omhyggeligt rede for deres valg af undersøgelsesmetoder og for, hvordan de helt konkret har gennemført undersøgelserne.

I forhold til skolers og institutioners almindelige funktion og demokratiske mål er det også vigtigt at sætte metoderne på skemaet. I et demokratisk samfund er det afgørende at vide, hvordan ny viden bliver produceret, vurderet og i nogle tilfælde omsat til lov. Det kan eksempelvis være undersøgelser af rygningens betydning for sundheden, som fører til love, der sætter begrænsninger for den enkelte borgers mulighed for at ryge. Desuden er vi alle forbrugere af naturvidenskabelige forskningsresultater, når vi foretager valg og fravalg i forhold til sundhed, forbrug osv. Skal vi eksempelvis vælge økologisk eller konventionelt, og skal advarslerne om global opvarmning medføre, at vi dropper turen til syden, for ikke at udlede CO₂?

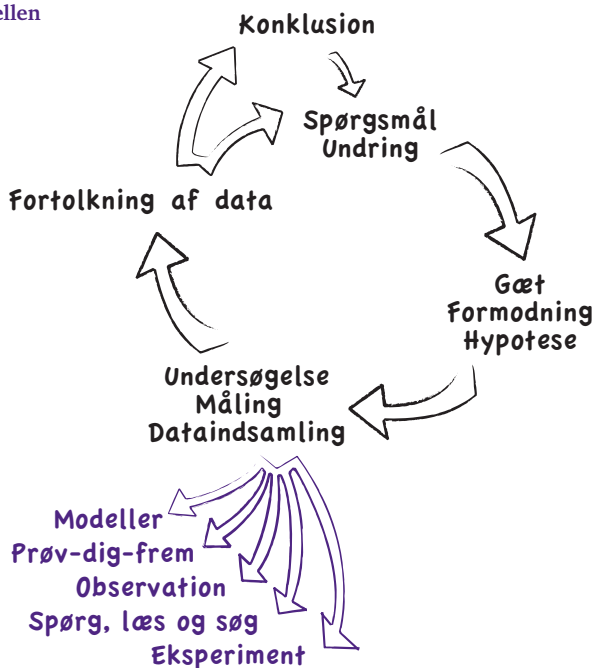
MetodeLabmodellen

MetodeLabmodellen organiserer og anskueliggør forskellige begreber i naturfagenes metoder. Cirklen i modellen er en simplificering af en videnskabelig proces, som går fra enkeltundersøgelser til videnskabelig viden og indsigt. I den almindelige opfattelse af videnskab starter det altid i en undring eller en observation, der ikke umiddelbart kan forklares. Undringen bliver formuleret til et undersøgelsesspørgsmål, som igen resulterer i en hypotese, som forfølges i en undersøgelse. Undersøgelsens resultat er en række data, som skal behandles og tolkes for at kunne svare på undersøgelsesspørgsmålet og uddrage konklusioner. Eller man konkluderer, at man ikke kan besvare undersøgelsesspørgsmålet endnu, at undersøgelsesspørgsmålet var stillet forkert, eller

at dataindsamlingen var fejlbehæftet. Ofte medfører det, at undersøgelses-spørgsmålet omformuleres, eller at hypotesen ændres, og en ny undersøgelse sættes i værk.

Det er vores klare indtryk, at de danske naturfagslærere og –pædagoger er bekendte med den måde, MetodeLabmodellen fremstiller den videnskabelige forskning på. Mange lærere tillægger det, med rette, stor læringsmæssig værdi, at eleverne arbejder på en måde, der ligner modellens cirkelforløb. Der hvor modellen tilfører noget nyt og dermed har sin styrke, er i formuleringen af de fem undersøgelsesmetoder. Vi har opdelt punktet 'Dataopsamling' i fem undersøgelsesmetoder, fordi vi har oplevet, at lærere og pædagoger har problemer med at omsætte et undersøgelsesspørgsmål til en undersøgelse. Det ses i lærernes og pædagogernes mål om at lade eleverne arbejde med deres egne spørgsmål og undringer, men som ofte ender i frustration over, hvor vanskeligt det er, for både lærer og elev at få greb om, hvordan det spændende spørgsmål skal undersøges.

MetodeLabModellen



I forhold til naturfagslærerens og naturpædagogens planlægning og gennemførelse af undervisning med fokus på metoder er det vigtigt at bemærke, at MetodeLabmodellen ikke er et planlægningsværktøj, men en model til at forstå de naturfaglige undersøgelsesmetoder. Desuden er det vigtigt at understrege, at i den daglige undervisning kan læringsmålet formuleres med udgangspunkt i alle dele af MetodeLabmodellen. Læringsmålet kan sigte på elevernes læring og træning af en enkel undersøgelsesmetode, eksempelvis observation. Det er også muligt at opstille læringsmål, som sigter på fortolkningen og formidlingen af data, eller læringsmålet kan være at kunne formulere forskellige hypoteser og forslag til valg af undersøgelsesmetode, til et givet undersøgelsesspørgsmål. Endelig skal det bemærkes, at både en universitetsforskers undersøgelsesproces og et undervisningsforløb i en naturfagsklasse kan komme 'cirklen rundt' flere gange, mens der arbejdes.

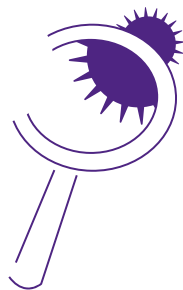
Vi mener altså, at MetodeLabmodellen kan hjælpe til at give et overblik over naturfaglige undersøgelsesmetoder, og desuden mener vi, at arbejdet med modellen og med metodelæringsmål også træner og udvikler elevernes kildekritik og metodebevidsthed.

Fem forskellige undersøgelsesmetoder

Vi skelner mellem fem forskellige undersøgelsesmetoder, som er formuleret til naturfagene: *Observation*, *Prøv-dig-frem*, *Modeller*, *Eksperiment* og *Spørg-læs-søg*.²

Navngivningen af de fem undersøgelsesmetoder er inspireret af ord og begreber, som allerede anvendes i faglitteratur, lærebøger og lovtekst. Der er dog ikke enighed om, hvad metoderne kaldes, så i denne tekst er det altså MetodeLabs³ definition af eksempelvis Eksperiment og Prøv-dig-frem, der bruges, vel vidende, at andre definerer begreberne på andre måder.

I det følgende er undersøgelsesmetoderne beskrevet hver for sig, så deres særlige karakteristika bliver tydelige. Derved kan læreren lettere få greb om metoderne og skelne imellem dem. I realiteten står en metode dog sjældent alene, når man laver undersøgelser. De griber ind i hinanden. Men hver undersøgelsesmetode har sine mål, styrker og svagheder, som det er en stor fordel at kende. For metoderne kan noget forskelligt, afhængigt af hvilke typer undersøgelsesspørgsmål og hypoteser, der skal arbejdes med.



Observation

Observationer er omhyggelige registreringer af, hvad man sanser. Observationer kan involvere alle sanser og kan være forstærket med måleudstyr (kikkert, lydoptager, vægt osv.). I observationer er opmærksomheden rettet mod at finde forskelle, ligheder, detaljer og mønstre. Resultatet af observationer er en række data, som efterfølgende skal organiseres og fortolkes. I naturvidenskaben tilstræbes det at beskrive og registrere sine observationer meget nøje, så det er muligt for andre at diskutere tolkningen af observationerne.

Mål

Målet for observationer er omhyggelige registreringer af data.

Eksempler

Observationer i naturfag kan eksempelvis være simple iagttagelser af søens dyreliv, målinger af UV-indekset og dissektion af organer.

Styrker

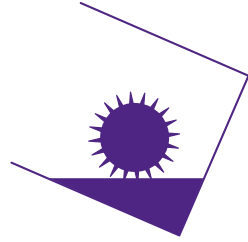
Observation er rygraden i alle undersøgelser. Det er en selvstændig undersøgelsesmetode, men samtidig en integreret del af de andre undersøgelsesmetoder: Når der indsamles data – uanset undersøgelsesmetode – foregår det via observation, nogle gange konkret i form af målinger.

Svagheder

Når man arbejder med observation er det vigtigt at være opmærksom på, at alle ikke ser det samme, selvom man er eksponeret for det samme, og at forskelle og ligheder ikke nødvendigvis springer i øjnene. Derfor er det nødvendigt at strukturere og systematisere observationerne.

² I Experimentariums hæfte 'MetodeKit. Sæt metoderne på skemaet.' er der 14 konkrete elevaktiviteter med læringsmål inden for de fem undersøgelsesmetoder. Hæftet kan downloades gratis på metodelab.dk

³ MetodeLab er et kompetenceudviklingsprojekt for naturfagslærere og udtænkt, udviklet og gennemført af Experimentarium. Projektet MetodeLab bygger på ideen om at 'sætte metoderne på skemaet i naturfagene'.



Prøv-dig-frem

Prøv-dig-frem kaldes også "trial and error" og er en resultatorienteret undersøgelsesmetode, hvor det gælder om at finde en løsning på et problem eller et svar på et spørgsmål. I Prøv-dig-frem er det meningen, at ideer afprøves og forkastes intuitivt og uden større systematik.

Mål

Målet med Prøv-dig-frem er at finde en løsning på et problem eller et svar på et spørgsmål på den mest effektive måde.

Eksempler

I naturfagsundervisningen foregår der mange Prøv-dig-frem-undersøgelser. Det er fx, når eleverne udfordres i at bygge broer, som kan holde til en bestemt belastning, eller når eleverne alene ud fra materialerne skal finde ud af, hvordan man får en pære til at lyse.

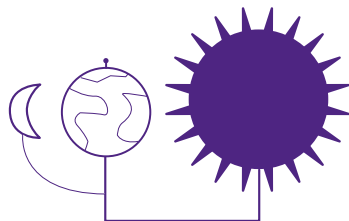
Styrker

Når man prøver sig frem, inddrager man uvægerligt ubevidste forestillinger og hypoteser, og ofte kender man ikke de faglige baggrunde for det, man afprøver. På denne måde kan tavs viden komme i spil.

Der er ikke noget krav om at lave systematisk dataindsamling, imens man prøver sig frem.

Svagheder

Netop fordi dataindsamlingen undervejs i en Prøv-dig-frem ikke foregår systematisk, kan det være svært efterfølgende at pege på årsagerne til, at man opnåede eller ikke opnåede et tilfredsstillende resultat.



Modeller og modellering

Modeller er forsimplede gengivelser af udvalgte dele af virkeligheden. Modeller kan være to-dimensionelle eller rumlige, og de kan være statiske eller dynamiske. Modellering indgår i undersøgelser, når man designer og/eller anvender modeller for at kunne indsamle data.

Mål

Målet med modeller og modellering er at undersøge og/eller anskueliggøre komplicerede sammenhænge.

Eksempler

Modeller indgår meget ofte i naturfagsundervisningen. Der er talrige to-dimensionelle modeller i både analoge og digitale læremidler, fx diagrammer, illustrationer og animationer. Og i naturfagslokalet er der mange rumlige modeller, fx globusser, plastikmodeller af organer og balloner med prikker på som model for universets udvidelse. Eleverne modellerer eksempelvis, når de bygger et rensningsanlæg i miniformat.

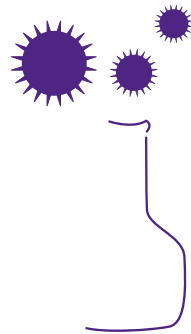
Styrker

Modeller muliggør, at man kan tale om dele af virkeligheden, uden at det konkret er tilstede.

Modeller kan forenkle og give overblik over komplicerede sammenhænge.

Svagheder

Den store udfordring med modeller er, at det kræver høj abstraktionsevne at forstå, hvad modeller skal illustrere. Eksempelvis kan det være en stor opgave fuldt ud at forstå, at streger og pile på en tegning er repræsentationer af vandets kredsløb.



Eksperiment

I et eksperiment undersøger man sammenhængen mellem årsag og virkning, ofte ud fra hypoteseformuleringen: 'Jo _____ desto _____'. I et eksperiment ændrer man kun på én variabel samtidig med, at man holder alle andre variable konstante.

Mål

Målet med et eksperiment er at finde sammenhængen mellem årsag og virkning.

Eksempler

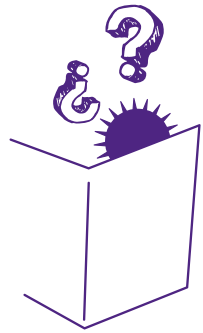
I naturfag anvendes eksperimentet eksempelvis, når eleverne skal undersøge, om antallet af elastikker, årsagen, afgør, om en elastik-bil kan køre langt, virkningen. Hvis hypotesen er 'Jo flere elastikker der er på bilen, desto længere kører den', vil arbejdet bestå dels i at: a) kun ændre på én variabel ad gangen (øge antallet af elastikker, årsagen), b) måle på virkningen (strækningen bilen kører), og c) holde alle øvrige variable konstante.

Styrker

Eksperimentets krav om kun at måtte ændre på én variabel gør, at man efterfølgende kan konkludere ret præcist om årsag/virknings-forholdet.

Svagheder

Reelt er det særdeles vanskeligt at udføre variabelkontrol i alle former for undersøgelser, for ofte påvirker forskellige variable hinanden. I eksperimenter er udfordringen særlig stor, da alle variable undtagen én skal holdes konstante. Det er nærliggende at forveksle årsag/virkning-forhold med samvarians. Et eksempel på samvarians er: "Jo flere brandmænd der er ved en ildebrand, desto større er ildebranden!"



Spørg læs og søg

Spørg, læs og søg går ud på at søge viden og information i bøger, på nettet eller gennem interviews. Indenfor videnskaben vil man genfinde Spørg, læs og søg i almindelig research og i reviews.

Mål

Målet med Spørg, læs og søg er at finde relevante data.

Eksempler

Spørg, læs og søg er en undersøgelsesmetode, der også anvendes i mange andre skolefag, hvor eleverne interviewer eksperter, søger information på nettet eller læser i fagbøger. Ofte går Spørg, læs og søg forud for eller efterfølger en af de fire andre undersøgelsesmetoder.

Styrker

Det kan være motiverende at opsøge eksperter på de områder, man selv undersøger.

Ved at spørge, læse eller søge kan man kvalificere egne undersøgelser og spare tid.

Svagheder

Det kræver kritisk sans at spørge, læse og søge. Det kan være fristende at gribe det første og bedste svar – særligt hvis det bekræfter éns hypotese.

Det kan være tidskrævende at spørge, læse og søge. Særligt hvis man ikke har kendskab til søge- og spørgemetoder.

Litteratur til videre læsning

Om at sætte metoderne på skemaet

Kapitlerne 5, 6, 7 og 8 i denne antologi

Abrahams, Ian & Robin Millar (2008): Does Practical work really work?, i: *International Journal of Science Education*, 1-25, Taylor & Francis.

Dillon, Justin (2008): *A review of the Research on Practical Work in School Science*, Kings College London.

Harlen, Wynne (2001): *Primary Science – Taking the Plunge*, Heinemann.

Kofod, Lene Hybel og Sara Tougaard (2009): *MetodeKit. Sæt metoder på skemaet. 14 aktiviteter til natur/teknik*, Experimentarium.

Leach, J. og A.C. Paulsen (red.) (1999): *Practical work in science education – Recent research studies*, Roskilde: Roskilde University Press, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

NordLab (2002). www.nordlab.emu.dk

Om naturfag i skolen

Kapitel 2, 3 og 4 i denne antologi

Andersen, Annemarie Møller (et al.) (2004): Naturfagsdidaktik som områdedidaktik, i: Schnack, Karsten: *Didaktik på kryds og tværs*, DPU.

Busch, Henrik, Sebastian Horst & Rie Troelsen (2003): *Inspiration til fremtidens naturfag*, UVM.

Paludan, Kirsten (2000): *Videnskaben, Verden og Vi*, Århus Universitetsforlag.

Sjøberg, Svein (2005): *Naturfag som almendannelse - en kritisk fagdidaktik*, Forlaget Klim.

Videnskabsteori – noget for skolens naturfag?

Svein Sjøberg

*Videnskabelig metodik består af procedurer, så man undgår at blive snydt
– af sig selv og af andre.*

(Norsk læreplan, LK06, generel del)

I videnskabsteorien stiller man spørgsmål af typen: Hvad er naturvidenskab? Hvor sikker er vores viden om verden? Hvordan kommer forskerne frem til deres resultater? Hvordan bliver nye ideer anerkendt af andre? Eksisterer der én eller flere metoder, som kan give os den viden?

Spørgsmål som disse har optaget filosoferne alle dage. Spørgsmålene er måske heller ikke så ligetil, som man ved første øjekast skulle tro. For hvad er det egentlig, forskere i naturvidenskab laver? Jo, deres aktiviteter er mangeartede: De studerer hiv-virus, de leder efter liv på andre planeter, de studerer, hvordan klimaet på jorden ændres, de studerer fossiler, som er millioner af år gamle, de studerer stjernehæder, som ligger milliarder af lysår fra os, de studerer parringsmønstre og social adfærd hos myrer, de knuser atomkerner med udstyr, der koster nogenlunde det samme som et middelstort lands statsbudget, osv.

Hvad er det, der får os til at lægge alt det her i én og samme kasse og omtale det som naturvidenskab? Har disse forskellige områder noget til fælles? Og hvad er det eventuelt, de har fælles: De genstande, objekter eller ting, man studerer? Eller er det de fælles grundtræk i den viden, man finder frem til? Eller er det de fælles metoder for, hvordan man studerer disse ting? Den slags spørgsmål er vigtige både for filosoferne og for naturfagslæreren.

Videnskabeligt bevist!

Så stor er respekten for videnskaben, at man kan høre de mest absurde påstande, bare de bliver udtrykt i et sprog, hvor ordene ligner videnskabens udtryk og begreber.

(James Clerk Maxwell (1831–79))

Videnskabelig er et næsten magisk ord i vores kultur. Vi hører ustandselig, at noget er ”videnskabeligt bevist”, eller at ”forskning har vist at...” Forskning og videnskab bliver brugt for at give troværdighed til produkter og ideer, til alt fra vaskemiddel til alternative behandlinger for kræft.

Når nutidens forskere ryster på hovedet af mediernes misbrug af videnskab, og når de græmmes over reklamens letkøbte påstande om, at noget er videnskabeligt bevist, er det ikke nyt, som det fremgår af citatet ovenfor, der er formuleret af elektromagnetismens fader, James Clerk Maxwell, for 150 år siden.

Ofte er det dem, der er allerlængst fra naturvidenskaben, som er hurtigst til at bruge den som argument. Men det forhold, den slags grupper har til naturvidenskab, er ofte præget af en stærk ambivalens: På den ene side en næsegrus og overdreven beundring – på den anden side en foragt og afsky. Både foragten og beundringen udspringer ofte af uvidenhed om, hvad videnskab egentlig er.

[illegible]

Billedet på modstående side:

Videnskabeligt bevist! Næsten alle produkter markedsføres i dag med henvisning til videnskab. Her er en lille detalje fra en reklame for sportsstrømper. Der henvises til billeder taget med nitrogen-afkølet termisk scanner, og der er et virvar af komplicerede tekniske og videnskabelige begreber. Lader købere sig imponere af den slags? Er det informativt eller bare taget med for at narre køberen?

I den offentlige debat og i lærebøger i naturfag refereres der til *den naturvidenskabelige metode*. Der er en udbredt opfattelse af, at *den* naturvidenskabelige metode (det lyder, som om der kun er én) er en slags opskrift, hvor man skridt for skridt og ved enkle observationer og målinger kommer frem til sikre resultater. Et sådant syn på naturvidenskabens væsen er uholdbart, og det repræsenterer en trivialisering af, hvad videnskaben er, og hvordan den arbejder.

Enkel videnskabsteori: tre vigtige retninger

Det er umuligt at undervise i en videnskab uden at give en slags billede af den. Derfor er det umuligt at undervise, uden at man også præsenterer en eller anden form for videnskabsfilosofi.

(videnskabsfilosoffen Gerard Fourez 1988)

Både lærere og forskere i naturfag er ofte usikre på, hvordan de skal forholde sig til de mange påstande, der fremsættes enten på vegne af videnskaben eller med videnskaben som skydeskive og fjendebillede. Det er påfaldende, at selv naturvidenskabsfolk, som har et langt fagstudium bag sig, sjældent har haft timer eller kurser, hvor de kritisk har studeret deres eget fags egenart, metoder og sociale forankring. Når man aldrig ser sit eget fag udefra, kan man let komme til at overtage almindeligt udbredte myter og forestillinger, som viser sig ikke at holde stik. Man kan også let blive offer eller taber i en debat om videnskabens troværdighed, fordi modstanderne kan have tilegnet sig nogle videnskabsteoretiske kundskaber og begreber, som naturvidenskabsfolk ikke er godt nok inde i. Også af denne grund bør en lærer i naturfag have en vis grundlæggende indsigt i videnskabsteori.

Som underviser formidler man under alle omstændigheder et syn på, hvad videnskab egentlig er. Hvis man ikke har et bevidst forhold til den slags spørgs-

mål, er man efter al sandsynlighed bærer og formidler af det, man kan kalde hverdagsforestillinger. Og de holder sjældent stik.

Op gennem filosofiens historie har vi haft mange forsøg på at beskrive videnskaben og dens virke. Men det har vist sig, at det, vi prøver at beskrive, er et mangesidet fænomen, og det er ikke tænkeligt, at én enkel teori kan give en dækkende beskrivelse. De forskellige teorier giver nok så forskellige billeder af, hvad der kendetegner videnskaben og dens metoder. I det følgende vil jeg ganske kort fremdrage tre forskellige hovedretninger, som jeg mener, at en naturfagslærer bør have kendskab til.

Den første retning er den, der kendes under navnet *positivisme*. Den anden retning omtales dels som *falsifikationsteori*, dels som den hypotetisk-deduktive metode, hvor den vigtigste teoretiker er Karl Popper. Den tredje retning forbindes gerne med Thomas Kuhn, som introducerede begrebet *paradigmeskift*, og som lagde vægt på videnskabens sociale og til dels kulturelle karakter. Lad os kort se på disse tre retninger.

Positivismens fremvækst og tilbagegang

Stærkt forenklet og noget karikeret kan en positivistisk videnskabsteori beskrives således: Videnskabelig viden baseres på erfaringer, målinger, observationer og sanseindtryk. Forskeren skal forsøge at arbejde uden forudfattede meninger eller teoretiske antagelser. Ud fra de data, som samles ind, drages konklusioner i form af lovmæssigheder. Det sker ved, at man slutter eller generaliserer fra enkelttilfælde til det generelle. Dette kaldes *induktion*. Disse induktive generaliseringer er videnskabelig viden. Videnskabelig viden, som kommer frem ved brug af disse principper, hævdes at være objektiv, værdineutral og pålidelig. Ifølge positivismen altså.

Ifølge positivismen baserer fakta sig på objektive sanseindtryk. De taler for sig selv, og de er grundlaget for ny viden. Den viden, man kommer frem til, er neutral, ikke farvet af ideologier, personlige interesser eller gruppeinteresser. Videnskaben, og derved verden, gør fremskridt. Vores viden vokser, jo flere fakta vi indoptager, målinger og observationer bliver mere nøjagtige og konklusioner bliver sikrere. Vores viden vokser støt og roligt. Positivist vil hævde, at vi på denne måde afdækker virkeligheden og opdager naturlovene, som nærmest eksisterer i kraft af sig selv og bare venter på at blive

opdaget. Virkeligheden er som et ukendt landskab, og videnskabens opgave er at kortlægge dette landskab. Terrænet eksisterer uafhængigt af os, og vi kan gradvist afdække og opdage det ukendte. Efterhånden som tiden går, bliver det kort, vi tegner af virkeligheden, stadig bedre, selv om vi endnu ikke ved alt det, der er at vide. Det ukendte er som hvide pletter på et kort, som vi er i færd med at tegne.

Dette klassiske syn omtales af filosofen Karl Popper som "the common sense theory of knowledge", netop fordi det stemmer så godt med udbredte opfattelser af, hvad videnskab er. Når mange mennesker (og lærebøger) skal beskrive videnskabens metoder og egenart, har den mange af den slags træk. Det er også påvist, at denne opfattelse er temmelig udbredt blandt lærere i naturfag.

Dette positivistiske videnskabssyn omtales også med ord som *empirisme* og *induktivisme*. Disse tre ord giver tilsammen grundtanken om, hvad man opstillede som ideal for videnskabelig viden: Bag begrebet positivisme ligger det grundsyn, at man bare skal bygge på det, som er positivt givet, og med det mente man som regel sanseindtryk. Begrebet empirisme giver en tilsvarende association: Man forestiller sig, at kilden til al videnskab er empiri, altså erfaringer fra den virkelige verden. Med sådan et grundsyn bliver det vigtigt at eliminere al metafysisk spekulation og alle ideer, som ikke kan forankres til noget sanseligt eller observerbart. Og endelig: Begrebet induktivisme antyder, at vi ved hjælp af induktive slutninger kan komme fra enkeltobservationer til videnskabelig viden, altså love og teorier.

Positivismens grundtanke eller ideal er, at forskeren på en objektiv og uproblematisk måde kan afdække naturens love ved at foretage nøjagtige målinger og observationer. Og når man har et stort antal observationer, forestiller man sig, at man kan slutte sig til lovmæssige sammenhænge. Men dette syn på videnskaben har vist sig at have så store svagheder, at det i dag ikke har mange fortalere. Alligevel er disse ideer ret udbredte, og vi finder dem desværre ofte i lærebøger i skolerne.

De to overordnede ideer i positivismen er altså, at man for det første kan observere uden at medtage teorier og opstille hypoteser, og for det andet at induktive slutninger er mulige. Men, for at gøre en lang historie kort, så har begge disse forudsætninger vist sig at være uholdbare. Ved alle obser-

vationer tager man formodninger, forventninger og hypoteser med sig. Og tilsvarende findes der heller ikke nogen logisk gyldig vej fra enkelttilfælde til generelt gyldige lovmæssigheder. Induktive slutninger er ganske enkelt ikke gyldige. Der har været mange forsøg på at redde positivismen ved at eliminere svaghederne, men de er alle strandet, og positivisme som videnskabsfilosofi må i dag opfattes som forladt.

Positivismen har imidlertid en del idealer, som man ikke uden videre skal forkaste: Respekten for observationer, fakta, evidens og empiri, samt ønsket om at undgå metafysisk, okkult spekulation og henvisning til religion og autoritet.

Det er også vigtigt at fremhæve et andet særligt forbehold: Selv om en positivistisk beskrivelse af videnskaben ikke holder vand, betyder det ikke, at man ikke kan bruge induktion som pædagogisk metode i undervisningen! I undervisning i naturfag skal man ikke nødvendigvis kopiere de processer, der ligger bag videnskabens vækst. Dette uddybes i nogen grad i boksen *Induktion i videnskaben – og i skolen*.

Induktion i videnskaben – og i skolen

Der er en række svagheder ved at antage, at videnskabens vækst er baseret på induktive slutninger. Videnskabsteoretikere i dag er stort set enige om, at videnskabelig erkendelse ikke opstår som generaliseringer ud fra observationer.

Hvad så med skolens naturfag? Skal man holde op med det, der længe har været god pædagogik, nemlig at gå fra det konkrete til det abstrakte, drage slutninger og lave regler ud fra nogle få og udvalgte eksempler? Skal man give afkald på en induktiv arbejdsform?

Vores svar på det er et klart nej. Skolens naturfagundervisning skal ikke simulere videnskabens vækst op gennem tusinder af år. Undervisningens metoder behøver ikke efterligne forskerens metoder. Nej, undervisning i naturfag – som i andre fag – er også en delvis indføring i en kulturarv, som den faktisk foreligger. I en pædagogisk sammenhæng er der derfor til dels tale om at overtale eleven til at konstruere begreber og se netop de sammenhænge, som vi gennem videnskaben i dag mener er hensigtsmæssige værktøjer til at mestre og forstå verden. Derfor opstiller vi situationer, som vi tror kan lede i en sådan retning, og vi introducerer begreber, som kan bidrage til denne proces.

I en sådan undervisningsproces er alle metoder i princippet åbne, de må vælges ud fra lærestoffets egenart og elevernes ståsted. I sådan en proces kan en induktiv fremgangsmåde være meget velegnet. Men så er valget af fremgangsmåde *pædagogisk* begrundet, og ikke begrundet i at det er sådan forskere arbejder.

Karl Popper: Kritiske undersøgelser og falsifikation

Videnskabens store tragedie er, at en fantastisk teori kan blive væltet af et grimt lille faktum!

(Thomas Huxley 1825–95)

Man kan altså ikke, som positivisterne mente, udlede generelle love ud fra observationer, uanset hvor mange gange vi foretager dem. Men vi kan, som citatet ovenfor fra Thomas Huxley antyder, gøre det modsatte: Vi kan modbevise en lov bare ved at henvise til *et* eksempel på, at den ikke holder! Det ene modeksempel får større betydning end tusind bekræftelser.

Mange hævder, at det netop er det, der er det centrale i videnskaben: De hævder, at videnskaben må opstille udsagn, som man så kan prøve at modbevise, eller med et fint ord: *Falsificere*. Udsagn, som i princippet ikke kan falsificeres, bør derfor ikke regnes som videnskabelige. Dette er en central ide i den videnskabsfilosofi, som er blevet udviklet af Karl Popper. Han var oprindelig østrigsk fysiker, men efter anden verdenskrig boede og arbejdede han i England til sin død i 1994. Han er måske den videnskabsfilosof, som i nyere tid har haft størst indflydelse på det at tænke om videnskabens væsen. Mange af hans centrale ideer har også slået rod blandt forskere og er blevet en del af videnskabens selvforståelse.

Popper hævder, at en hypotese alene er videnskabelig, hvis den i princippet kan modbevises, falsificeres. Det betyder, at det skal være muligt at foretage observationer, som vil kunne vise, at den ikke er sand. Ud fra dette kriterium kan vi ifølge Popper adskille videnskab fra pseudovidenskab eller fupvidenskab, hvilket er meget vigtigt for Popper. Påstande (eller hele fagområder), som udgiver sig for at være videnskabelige, skal man altså ifølge Popper have mulighed for at undersøge nærmere. De må kunne underkastes kritik. Hvis hypoteserne skal kunne give os information om virkeligheden, må de også kunne tåle en nøjere granskning. Det er altså falsificerbarheden, der er Poppers afgrænsningskriterium for, hvad der er videnskab.

Poppers krav om falsificerbarhed er et strengt krav. Ifølge et sådant kriterium ville meget af det, vi forbinder med videnskab, kunne klassificeres som uvidenskabeligt. For eksempel ville store dele af psykologien blive betragtet som uvidenskabelig – i hvert fald al psykoanalyse – for at tage et eksempel,

som Popper selv bruger. Endvidere vil store dele af samfundsvidenskaberne falde udenfor. Samfundsvidenskabelige udsagn kan sjældent falsificeres på nogen entydig måde. Poppers krav om falsificerbarhed ser ud til at have størst gyldighed inden for naturvidenskaben.

Popper hævder, at videnskaben gør fremskridt ved, at den lærer af sine fejl, og at den er åben for kritik. Han fremhæver et ganske andet videnskabsideal end det induktive: Mens videnskaben ifølge det induktive syn tager nogle små skridt ad gangen, hævder Popper, at videnskaben gør fremskridt ved at fremføre dristige hypoteser, som så bliver kritisk undersøgt i forsøg på at falsificere dem. Og fundamentet i vores videnskab er dristige påstande, som har modstået utallige forsøg på falsificering! Popper hævder, at videnskaben aldrig beviser, men altid forsøger at modbevise, falsificere. Ja, det er kun udsagn, som kan falsificeres, der kendetegner videnskab, og som adskiller videnskab fra pseudovidenskab og tågesnak!

Dette strider måske mod den almindelige opfattelse af videnskab. Popper hævder, at videnskaben ikke leder efter bekræftelser på sine hypoteser. Han siger, at den prøver at finde modeksempler. Tusind bekræftelser er pludselig intet værd, hvis vi finder et modeksempel. Så må hypotesen forkastes eller i hvert fald ændres. Ifølge dette syn kan man aldrig sige om en videnskabelig teori, at den er sand. Man kan imidlertid sige, at den hidtil har vist sig at holde stik. Man kan også sige, at den er bedre end andre teorier. Når én teori bliver forkastet til fordel for en anden, er det, fordi den gamle er falsificeret, og den nye bedre er i stand til at beskrive virkeligheden. Det er sådan, videnskaben gør fremskridt ifølge dette videnskabssyn.

Poppers videnskabssyn kan også omtales som hypotetisk-deduktivt. Han mener, at videnskaben består af to meget forskellige faser: Den dristige fremsættelse af hypoteser og så den kritiske og forsigtige fase, hvor man prøver at falsificere disse hypoteser eller konsekvenser, som man har deduceret fra dem.

Det er typisk, at Poppers måske vigtigste bog bærer titlen *Conjectures and Refutations* (Popper 1969). Med *Conjectures* sigter han til den første dristige fase, det at fremsætte påstande, antagelser eller hypoteser. Med *Refutations* sigter han til den anden fase i videnskaben, det mere forsigtige og systematiske arbejde med at teste hypoteserne i kritiske situationer.

Første fase kan ifølge Popper dårligt beskrives logisk og ud fra en opskrift. Der er ingen opskrift, man kan følge for at få gode ideer og gode hypoteser. Her er der tale om inspiration og kreativitet. De gode ideer opstår imidlertid ikke af sig selv, de må i sagens natur vokse ud af overblik og fagkundskab. Popper opfatter det ikke som videnskabsteoriens opgave at beskrive i detaljer, hvordan den slags gode ideer opstår. Noget nedladende siger han, at dette er et arbejde for psykologer, og ikke for filosoffer. Han er imidlertid langt mere præcis, når det gælder beskrivelsen af videnskabens anden side: Den kritiske.

Videnskabens anden side er altså at være kritisk og analytisk, forsøge at finde situationer, som vil sætte hypoteserne på en hård prøve. Og hypoteser, som er et let mål for angreb, som kan afkræftes på mange forskellige måder, er altså dem, der opfattes som mest videnskabelige.

Mens videnskabens første fase er kreativ og skabende, næsten kunstnerisk, er den anden fase systematisk, velstruktureret og kritisk. Videnskaben opnår fremskridt i et samspil mellem disse to sider. Selv om det logisk set er to forskellige faser, vil de i praksis ofte gå hånd i hånd og ske mere eller mindre samtidig. Dristig tænkning og kritisk afprøvning.

Selv brugte Karl Popper udtrykket *kritisk rationalitet* om sit syn på videnskaben. Selv om han afviste tanken om absolutte og endelige sandheder, var han på mange måder optimist. Han hævdede hårdnakket, at videnskabelig viden stadig bliver bedre, at nye tanker vinder fodfæste, fordi de faktisk er mere sande end de gamle. Det ligger i hans falsifikationsideal, at videnskabelige hypoteser skal lægges frem til offentlig debat og kritik. Han tror på den fornuftige samtale, dialogen. Et sted siger han: "Jeg kan tage fejl, og du kan have ret, og ved fælles anstrengelse kan vi komme nærmere sandheden." Den, som ikke accepterer fornuften, kan heller ikke overtales med fornuftsargumenter.

Poppers syn på videnskabelighed har efterhånden opnået stor tilslutning, også blandt forskerne selv. Beskrivelsen svarer ret præcist til, hvordan de selv opfatter deres eget virke. Eller i hvert fald hvordan de selv gerne vil have, at den skal være: Kreativ og skabende, men samtidig nådeløs kritisk over for sine egne påstande. Og med åbenhed og dialog.

Men kritiske røster mener, at dette videnskabssyn ikke holder i praksis. Nogle argumenter er af teoretisk karakter, men det ligger uden for rammerne af en fremstilling som denne. Lige så vigtigt er det, at historien viser, at videnskaben slet ikke forlader en teori, selv om den synes at være falsificeret eller modbevist. I praksis bliver teorierne først forladt, når man har udviklet en anden og mere tilfredsstillende teori. Man har altså brug for en alternativ forklaring. Det er ikke nok, at den gamle er forkastet.

Dette fører os til en vigtig side af videnskaben, nemlig at den drives af mennesker. Poppers teorier tager kun i mindre grad hensyn til, at mennesker i videnskaben ikke er væsentlig anderledes end folk i al almindelighed. Det betyder, at en teori om videnskab også må have elementer af psykologi og sociologi: Det drejer sig om det, der foregår inde i hovedet på den enkelte forsker, og det handler om det, der foregår i gruppen af forskere. Poppers teorier bringer os altså et langt skridt videre i forståelsen af videnskabens væsen, men han er mere optaget af videnskabens logiske sider end af de mennesker, der deltager i processen. Måske indebærer Poppers videnskabs-teori gode idealer for, hvordan man bør handle og tænke, men teorien er ufuldstændig som beskrivelse af, hvordan forskningen faktisk fungerer. Så vi skal altså placere videnskaben i en samfundsmæssig sammenhæng, og det leder os frem til at se på ideer, som kan tillægges Thomas Kuhn.

Thomas Kuhn: Videnskab, magt og samfund

Fysikeren og videnskabsteoretikeren Thomas Kuhn (1923-96) har fået en enorm betydning, også langt uden for naturvidenskaben. Hans bog *The Structure of Scientific Revolutions* (Kuhn 1970, på dansk i 1995) har til dels skabt et nyt sprog for analyse af den slags forhold.

Kuhn bringer i højere grad psykologiske og sociologiske sider ind i beskrivelsen af videnskabens egenart. Kuhn siger, at det sjældent er de logiske argumenter, der bestemmer, hvordan videnskaben arbejder. Han hævder, at forskere er som almindelige mennesker, i og med at de er optaget af prestige, magt og indflydelse. Kuhn afviser også Poppers billede af forskeren som en strengt logisk og kritisk person, som altid er villig til at ændre sit syn, når fakta tilsiger det. Tværtimod, hævder Kuhn, er forskere måske mere konservative end de fleste. De ændrer ikke deres opfattelse så let, de insisterer hellere på det, de tror på. Og dette er måske ikke så mærkeligt: Hvis man har brugt

et helt liv på at opbygge en virkelighedsforståelse, er det slet ikke så let at ændre den. Desuden får man efterhånden sin egen identitet og prestige som forsker hængt op på en bestemt teoretisk retning.

Resultatet bliver ofte, at folk, som sidder i ledende stillinger, får en slags personlig interesse i at holde på de gamle forestillinger. De har en række magtmidler til deres rådighed: Det er de etablerede forskere, som skal uddanne de nye. Det er de gamle, som skal undervise, som skal give eksamensopgaver, som skal bedømme besvarelser. Og ved nye ansættelser er det de gamle, der skal vurdere, hvor gode de nye er. Det er også de veletablerede, som skal bedømme hvilke artikler og afhandlinger, der skal trykkes i bøger og tidskrifter. I den slags situationer har man i sagens natur let ved at bedømme de synspunkter, man selv står for, som de rigtigste.

Derfor er videnskaben ofte konservativ og bevarende, hævder Kuhn. Altså slet ikke dristig og kritisk, som Popper hævder. I og for sig er der måske ikke nogen stor forskel her: Popper beskriver måske, hvordan videnskaben bør være, når den tager sine idealer alvorligt, mens Kuhn hævder, at han beskriver videnskaben, som den faktisk har vist sig at fungere.

Det, vi her har beskrevet, omtales af Kuhn som den normale situation i videnskaben, han kalder den *normal science*. Men selv om beskrivelsen ovenfor kan virke negativ, hævder Kuhn, at netop dette også sikrer kvalitet og fremgang. Ved at der findes veletablerede standarder for godt og dårlig, kan man lettere fjerne det amatøragtige. Ved eksamener og bedømmelseskomitéer bliver kandidaternes præstationer vurderet mod en given målestok, som har vist sig at være frugtbar for videnskaben.

Normal videnskab omtales af Kuhn også som at lægge et puslespil, *puzzle solving*. Forskerne beskrives slet ikke som kritiske og banebrydende, men snarere som små arbejdsmyrer, der er travlt optaget af at bygge deres myretue af viden ud fra en given byggeplan. Selve planen bliver ikke vurderet, men de enkelte deltagere bliver dygtige arbejdere inden for de rammer, der er givet.

Poppers kritiske forsker er travlt optaget af at afprøve dristige teorier. I Kuhns normale videnskab er det næsten omvendt: Det er teorierne, der afprøver forskeren! Dem, der gennem deres arbejde viser, at de behersker teorierne, får nye chancer for at arbejde inden for de samme rammer.

En kendt fysiker, Max Planck (1858–1947), sagde noget lignende længe før Kuhn. Han sagde, at nye ideer i videnskaben slet ikke når frem, fordi tilhængerne af de gamle teorier ændrer mening. Nye ideer vinder derimod frem, fordi tilhængerne af gamle teorier efterhånden dør og bliver erstattet af dem, som tror på en anden teori!

Normal videnskab er kendetegnet ved, at den udfolder sig inden for det, som Kuhn kalder et *paradigme* (et græsk ord, som betyder forbillede eller mønster). Med paradigme mener Kuhn nærmest hele det tankesæt og den virkelighedsforståelse, der ligger til grund for forskningen, de begreber, man beskriver verden med, de spørgsmål, der er rigtige at stille, de metoder, man bruger til at undersøge fænomener, osv. Normal videnskab udfolder sig altså inden for et paradigme, en virkelighedsforståelse, en tradition.

Men paradigmer kan ændres, selv om det ikke sker så ofte. Når det sker i videnskaben, omtales det af Kuhn som en *videnskabelig revolution*. Når man er inde i et paradigmeskifte (eller før en videnskab har fået noget dominerende paradigme), mangler man en fast og fælles målestok for, hvad der er godt og dårligt. Både gode og dårlige ideer blomstrer. Ud af denne usikkerhed vokser der gerne et nyt paradigme. Når det er etableret, får videnskaben igen en fastere struktur, og den udvikler sig målrettet inden for de nye rammer. I boksen *Paradigmeskift – nogle eksempler* antydes det, hvilke ændringer i videnskaben, der kan omtales som paradigmeskift.

Paradigmeskift – nogle eksempler

Det er kun de helt store, nærmest revolutionære forandringer i videnskaben, som kan kaldes paradigmeskift. Det sker ikke så ofte. Her er nogle af de mest grundlæggende.

Det kopernikanske system

Galilei og det nye heliocentriske verdensbillede (også kaldet den videnskabelige revolution!)

Darwins evolutionsteori

Newtons mekanik

Atomteoriens indtog i kemi og andre naturvidenskaber

Einstein og relativitetsteorien

Kvantefysikken

Wegeners teori om kontinentalforskydning

Harvey og opdagelsen af blodomløbet

Crick og Watson; dna og dobbelthelix

Hvad så? Elever og videnskabsteori

Gennem skolens undervisning danner eleverne sig et billede af, hvad videnskab egentlig drejer sig om. De får et billede af grundlaget for videnskabens kundskaber, af dens arbejdsmetoder, af hvor stabil og varig kundskaben er, af om kundskaben kan opfattes som objektiv, osv. Den slags kundskaber om naturfaget har efterhånden fået stadig større plads i undervisningsplaner i naturfagene i hele verden. På engelsk kalder man det ofte *The Nature of Science*. Det er uden tvivl et bedre og mere acceptabelt udtryk end for eksempel videnskabsteori. Men det kan betale sig at komme med en lille advarsel: Videnskabsteori, videnskabsfilosofi og epistemologi kan være nok så kompliceret, og der er næppe nogen grund til at give eleverne detaljer i en sådan fremstilling.

Men alligevel - der er nogle vigtige sider ved naturvidenskaben, dens metoder og kundskaber, som det kan være vigtigt at få frem også for nok så unge elever, og som alle lærere i naturfag bør kende til. Her er nogle helt grundlæggende pointer. Nedenfor er de opført som 10 punkter, ideer som i stor grad er accepteret af de fleste videnskabsfilosoffer.

1. Naturvidenskaben er empirisk. Den er baseret på erfaringer og observationer i den virkelige verden, enten direkte i naturen eller ved forsøg og eksperimenter i et laboratorium.
2. Observationer og eksperimenter må altid fortolkes, de taler aldrig direkte til os.
3. Forskere diskuterer og argumenterer for bedst at kunne forstå resultater og data. De lægger data og konklusioner frem for andre forskere. Ofte kan de samme data forstås på forskellige måder. Helt ny forskning (forskningsfronten) vil altid være præget af forskellige opfattelser. Debat og uenighed er derfor normalt i videnskaben. Men efterhånden arbejder man sig frem til enighed.
4. Naturvidenskabens beskrivelse af virkeligheden må hele tiden afprøves og udfordres. Hvis man bare finder *et* enkelt eksempel på, at en hypotese eller lovmæssighed ikke stemmer med observationer, svækkes troværdigheden til denne lov betydeligt. Og hvis man desuden har andre måder at forklare observationerne på, vil de nye ideer efterhånden erstatte de gamle.
5. Det findes ingen bestemt fremgangsmåde, opskrift eller metode til at udvikle nye tanker og ideer i videnskaben. Frem for alt kræver det åben-

hed, fantasi og kreativitet, og måske også en lille smule dristighed og galskab.

6. For at forstå naturen, må man bruge begreber. Mange af disse begreber er opfundet (eller konstrueret) af forskere for bedre at kunne beskrive og forstå observationer og data.
7. Naturvidenskabens love og teorier bliver ofte fremstillet matematisk som formler og ligninger. Matematik er nærmest videnskabens sprog.
8. Videnskaben er lavet af mennesker, for at de skal kunne forstå verden. Men disse forskere er ofte børn af deres tid, de bærer ideer og forestillinger med sig, som kan præge de tanker, de får i deres arbejde. Videnskaben bliver derfor også formet af den tid og den kultur, som den er opstået i, selvom man prøver at være så objektiv og neutral som muligt.
9. Naturvidenskabens teorier og kundskaber kan aldrig opfattes som endelige. De udvikles og forbedres hele tiden.
10. Nogle gange må man også forkaste gamle teorier og forestillinger i videnskaben. Dette kalder vi en videnskabelig revolution. Men det mest almindelige er alligevel, at man bygger videre på teorier, som har stået deres prøve i lang tid.

En sådan gennemgang af grundtræk ved videnskabens natur kan sikkert laves længere, og den må selvfølgelig tilpasses den aldersgruppe, man underviser.

Litteratur

Sjøberg, Svein (2005): *Naturfag som almindannelse - en kritisk fagdidaktik*, Forlaget Klim.
I denne bog uddybes artiklens indhold og der henvises ligeledes til anden litteratur på området.

At undersøge verden – naturvidenskabelige metoder i skolen og i Real Science

Lars Brian Krogh

”Mørke huller” – scenen sættes

R. Bybee leverer i bogen: *Videnskabelig forskning og videnskabens natur* en undervisningsbeskrivelse, som jeg vil bruge til at tune ind på dette kapitels problemstillinger (L.B. Flick og N. Lederman, red., 2004). Bybee beskriver et forløb fra amerikansk naturfagsundervisning, hvor eleverne via internet har haft adgang til hundredvis af UV-billeder af Jordens ydre atmosfære. Ved at studere sådanne billeder har eleverne fundet, at der er mørke huller i atmosfærelaget. Læreren har derfor formuleret spørgsmålet: *”Hvad kan mon være forklaringen/forklaringerne på de mørke huller?”*. Eleverne fik efterfølgende til opgave at fremsætte mulige forklaringer og underbygge disse på naturvidenskabelig vis.

Efter nogle dages studier og udforskning delte eleverne sig omkring to foretrukne forklaringer: Én gruppe af elever foreslog, at hullerne var forårsaget af talrige små kometer, som entrer Jordens atmosfære fra andre dele af Solsystemet. Gruppens ræsonnement var, at kometerne primært består af vand, som fordamper ved bevægelsen i atmosfæren og absorberer UV-lys, som derved i mindre mængde når frem til detektoren i det rumskib, som producerer UV-billederne. Den anden gruppe mente, at hullerne ikke var et naturfænomen, men skyldtes forskellig slags elektronisk støj. Blandt kilderne til denne støj fremhævede eleverne især kosmisk stråling fra rummet, som tænkes at indvirke på rumskibets datasystemer, samt elektronisk støj ved modtagelsen af billedsignalet på Jorden.

Jeg vil nu sætte kapitlets scene med nogle få spørgsmål i tilknytning til case-beskrivelsen

- Udfører eleverne overhovedet en naturvidenskabelig undersøgelse? Anvender de naturvidenskabelige metoder?
- Hvilke aspekter af naturvidenskabens metoder kan og bør indgå i naturfagsundervisningen?

Disse spørgsmål åbner straks for andre og dybere spørgsmål: For hvad skal vi i bund og grund forstå ved naturvidenskabelige metoder, hvilket forhold bør der være mellem naturvidenskabelige metoder i videnskabsfag og skolefag, og hvordan underviser vi i dem, så de både bliver tilgængelige, anvendelige og attraktive for eleverne? Det er min fornemmelse her, at disse spørgsmål vil fremkalde sved på panden for manganen en naturfagsunderviser, og at de udgør en slags mørke huller i naturfagsundervisningens mentale landskab. I mit bidrag her vil jeg koncentrere mig om at give nogle indspark til de første spørgsmål og kun enkelte steder berøre spørgsmålet om, hvordan man underviser i naturvidenskabens metoder.

Real Science

R. Bybees eksempel er vel valgt, fordi eleverne åbenlyst ikke selv har udført observationer, haft hands-on eller gennemført et struktureret eksperiment. Deres arbejde er ikke styret af hypoteser - men ender med dem - og hypoteserne lader sig ikke på simpel måde berigtige eller falsificere. Samtlige af disse elementer indgår i videnskabsfilosoffen K. Poppers beskrivelse af naturvidenskab som værende hypotetisk-deduktiv af natur, hvilket er den mest kraftfulde forestilling om naturvidenskabelig metode, som findes blandt naturvidenskabsmænd og undervisere i naturfag. Og efter sådanne forestillinger udgør elevernes billedanalyse og formulering af (hypotetiske) forklaringer i case-beskrivelsen i bedste fald kun første trin i en naturvidenskabelig undersøgelse.

Ifølge den hypotetisk-deduktive beskrivelse af naturvidenskab er det videnskabsmandens opgave at formulere hypoteser, som kan gøres til genstand for eksperimentel efterprøvning. Alt afhængigt af eksperimentets udfald vil hypotesen herefter fremstå konsolideret, om end ubeviselig, eller blive falsificeret og give plads for nye hypoteser. Med fysikeren A. Eddingtons ord er eksperimentet den ultimative domstol: *“Sandhedsværdien af den fysiske*

naturvidenskabs konklusioner efterprøves med observation som den ultimative domstol". Dette billede af eksperimenter og logik som vejen til (større) og kontrollerbar vished stortrives blandt naturfagsundervisere på alle niveauer, og i en nylig undersøgelse (Andersen & Krogh, 2009) blandt gymnasieundervisere omtaltes det af mange i ental og bestemt form, som *den* naturvidenskabelige metode. Én af årsagerne hertil er måske, at metoden er indskrevet i de nye læreplaner for gymnasiet, hvor det tilmed er et mål, at eleverne lærer om naturvidenskab og naturvidenskabelige metoder. Bekendtgørelserne introducerer hermed på betænkeligste vis et mangelfuldt billede af naturvidenskab, idet de discipliner, der studerer naturvidenskab, tegner et langt mere diverst billede. Som videnskabsfilosoffen J. Ziman skriver i sin bog om Real Science: "*De fleste, som overhovedet har tænkt over dette, er klar over, at forestillingen om en altovervindende intellektuel metode ikke er andet end en myte. Denne myte er blevet helt gennemhullet...*". Grunden hertil er dobbelt: Dels har naturvidenskaben selv udviklet sig, og dels er der kommet nye optikker ind i studiet af, hvad naturvidenskab er. Naturvidenskaben har ændret sig fra universitetsbundet, grundforskningsorienteret *academic science* til også at være privatiseret og produktstyret *techno-science*. Stadig mere sofistikeret apparatur på både mikro- og makroniveau er blevet skudt ind mellem fænomenet og videnskabsmanden. Eksperimentel observation og manipulation af fænomener sker som hovedregel kun indirekte. Samtidig har beskrivelserne af naturvidenskab ændret sig. Filosofer, videnskabshistorikere, videnskabssociologer, etnografer m.m. har med hver deres optik frembragt meget forskellige beskrivelser. Filosoferne har i særlig grad beskæftiget sig med naturvidenskabernes *epistemiske praksis*, det vil sige: Hvad kendetegner naturvidenskaben som erkendelsesmåde, og hvor sikker kan man være på dens viden? De øvrige grupper har i højere grad gjort opmærksom på naturvidenskabens *kulturelle aspekter og sociale praksis*. I sædvanlige fremstillinger af den hypotetisk-deduktive metode underspilles de sociale og kulturelle sider af naturvidenskaben.

Billedet af *how science works* er således langt mere komplekst og mangfoldigt, end man som naturfagsunderviser og/eller curriculumdesigner måske kunne ønske sig. Hvordan kan man meningsfuldt arbejde med naturvidenskabens metoder i undervisningen, hvis man ikke har en vis konsensusforståelse af *how science works*? I et tidligere arbejdsblad op til gymnasieformen har jeg via litteraturstudier søgt at give mine 10 bud på en sådan konsensusforståelse (se teksboks).

1. Naturvidenskab stiller spørgsmål til naturen og forsøger at levere forklaringer på disse.
2. Naturvidenskabelig viden konstrueres i vekselvirkning med empiri/data.
3. Observationer og undersøgelser foretages med et filter af forforståelser og tidligere teori. Der er ikke tale om neutral fact-indsamling, for eksempel forudsætter de fleste måleapparater en teoretisk oversættelse.
4. Resultaterne formuleres oftest i form af love (overvejende deskriptive generaliseringer) og teorier (forklarende og mere sammenhængsskabende modeller). Matematik indgår ofte som en uundværlig del af formuleringen af love og teorier.
5. Love og teorier er principielt altid underbestemte med hensyn til data. Man kan ikke bevise deres gyldighed. Naturvidenskaben har derfor til enhver tid foreløbig karakter.
6. Naturvidenskabelig viden bygger på menneskelig kreativitet og forestillingsevne. For eksempel er modellen gravitationsfelt ikke en indlysende konsekvens af fænomenet et-æble-falder-til-jorden.
7. Naturvidenskabelig viden er socialt og kulturelt indlejret. Naturvidenskaben anses for at være universel, men kulturstudier karakteriserer den som en western-white-male-middle-class-aktivitet. Naturvidenskaben virker ind på og påvirkes af samfundet, på godt og ondt.
8. Naturvidenskabelig viden er kollektivt forhandlet og efterprøvet. Naturvidenskabelig viden er ikke objektiv, men inter-subjektiv qua sin sociale praksis. Denne betyder blandt andet, at man på institutionaliseret vis lægger sine data og procedurer frem til afprøvning i det øvrige naturvidenskabelige samfund (konferencer, publikation med dobbelt refereering forud for publikation osv.). Mere generelt er dens sociale praksis karakteriseret ved sæt af normer/idealer.
9. Naturvidenskaben har en række kriterier, som lægges til grund for afvejning af konkurrerende teorier m.m. Deres relative betydning i konkrete situationer varierer og afspejler forhandling og personlig vurdering: Forudsigelseskraft og præcision, konsistens (internt og med data), mængden af fænomener som omfattes, enkelthed, evne til at udstikke nye undersøgelsesspor og hypoteser, skønhed?
10. Der findes ikke én naturvidenskabelig metode – det er en myte!

Den helt centrale pointe her er, at tekstboksen indfanger et klart skifte i beskrivelsen af naturvidenskab – et skifte fra at anvende én bestemt metode til at *"skabe forklaringer ved hjælp af data, forestillingsevne, logisk tænkning og efterprøvning af andre"*, som Bybee skriver i det tidligere omtalte bidrag. Data (herunder eksperimentelt frembragte data) spiller fortsat en væsentlig rolle, men i den moderne forståelse af naturvidenskabelige metoder er den primære *dataproduktion* alligevel nedtonet i forhold til kognitive og sociale processer knyttet til datainterpretation og validering. Og for lige kort at vende

tilbage til den indledende case: Det kan godt være, at eleverne her ikke er naturvidenskabsmænd i samme forstand som Galilei, men de er det efter ovenstående og mere nutidige standarder.

Med udgangspunkt i udenlandske undersøgelser vil jeg vove den påstand, at der ligger en kæmpe udfordring i at skaffe naturfagsundervisere med *krop* og viden bag dette billede af naturvidenskab. Dernæst kommer problemet med at *omsætte* en sådan indsigt til undervisning, så eleverne opnår et autentisk og dækkende billede af naturvidenskab. Der er i hvert fald langt fra elevforsøg som et praktisk afbræk i undervisningen til en undervisning, "*der er centreret om det at skabe forklaringer ved hjælp af data, forestilling, logisk tænkning og efterprøvning af andre*". Praktisk taget alle tekstboksens punkter kræver refokusering af praksis og/eller en decideret ny praksis. For eksempel kan man dårligt illustrere naturvidenskabens foreløbige karakter og kreative sider via kagebogs-drevne elevforsøg, der efterviser facits fra lærebogen. Givet disse vanskeligheder, er det naturligt at overveje, om skolefaget overhovedet bør tilstræbe autentiske arbejdsmåder og tankegange i naturfagsundervisningen. I de følgende afsnit vil jeg søge at give både principielle overvejelser og praktiske konkretiseringer, hvad angår forholdet mellem skolefag og videnskabsfag.

Forholdet mellem Real Science og naturvidenskab i skolen – principielle betragtninger

Vi har nu - i hvert fald i grofttegnet kontur - et billede af *how science works*. Er dette så ikke idealet for naturfagsundervisningens processer, altså *how school science should work*?

Det principielle svar må her være et ubetinget nej! Der er ingen nødvendighed i at overføre autentiske naturvidenskabelige processer og praksisser til undervisningen. Naturfag og naturvidenskab er nemlig i bund og grund helt forskellige ting! Både forskning og undervisning er menneskelige aktiviteter af så stor vigtighed, at der er bygget samfundsmæssige institutioner omkring dem. Der er visse lighedspunkter mellem de to institutionelle aktiviteter, for eksempel er *viden* omdrejningspunktet og ofte det væsentligste produkt i begge sammenhænge. Tilsvarende kan man i begge tilfælde meningsfuldt tale om *produktet* af aktiviteten, de *processer* som direkte influerer produktet, og den *sociale praksis og organisering* som processerne er indlejret i. Vigtigere end disse lighedspunkter er der dog dén helt afgørende forskel: De to institutioner

retter sig imod fundamentalt forskellige overordnede mål. Målet med institutionaliseret akademisk naturvidenskab er først formuleret af amerikaneren R. Merton, som lagde grunden til videnskabssociologien. I optakten til essayet *The normative structure of Science* fra 1942 fastslår han, at naturvidenskabens institutionelle mål er "*at udvide området for certificeret viden*". Indenfor den senere udviklede *techno-science* er institutionaliseringen svagere og målet at generere såkaldt Modus 2-viden, hvilket væsentligst betyder, at ny viden skabes med anvendelse og konkret problemløsning for øje. Samlet kan man vel sige, at naturvidenskab sigter mod at *skabe* viden og problemløsninger, mens undervisningen handler om, at eleverne *tilegner* sig viden m.m. og evt. formes gennem denne tilegnelsesproces. I formålsparagraffen for folkeskolen (§1, stk. 2) er det nærmeste man kommer videnskabelse, at man stræber efter at etablere "*rammer for oplevelse, fordybelse og virkelyst, så eleverne udvikler erkendelse og fantasi og får tillid til egne muligheder*". Disse træk kunne for så vidt være nyttige nok i forbindelse med vidensgenerering, men i sammenhængen knyttes de til elevernes evne til selvbestemmelse og medbestemmelse. Det anderledes sigte fremgår også af den nye gymnasie-lov, hvor man taler om at udvikle kompetencer i videnstilegnelse (§1, stk. 3, studiekompetence) og om at udvikle en formal dannelse i form af kreativitet, innovationsevne og kritisk sans (§1, stk. 4). Naturfagene er altså indlejret i en anden type institution end naturvidenskab og har et helt andet sigte, hvilket gør, at man principielt ikke bør forlade sig på en *nedsivningsmodel*, hvor skolefagene automatisk designes som mindst muligt fortyndede versioner af, hvad forskerne har tænkt og gjort.

Denne pointe kan forekomme banal, men en nylig undersøgelse blandt gymnasielærere viser, at den langt fra er det. Gymnasiet er qua sin placering mest indlysende udsat for nedsivningstænkning. Ydermere er gymnasiets naturfagslærere via deres egne studier socialiseret så kraftfuldt ind i videnskabsfaget, at de bevidst eller ubevidst bidrager til at udviske distinktionen. En sådan tendens så vi i hvert fald, da vi (Andersen & Krogh, 2009) undersøgte gymnasielæreres opfattelse af fag og undervisning i optakten til gymnasiereformen i 2005. Her stillede vi ét eksplicit spørgsmål om opfattelsen af videnskabsfaget, mens et andet gik direkte på forholdet mellem videnskabsfag og skolefag. 40% af lærerne fra naturfagene svarede med henvisning til skolefaget, når de blev spurgt om videnskabsfaget, og da de senere blev fastholdt på at reflektere over en eventuel forskel på de to, fastholdt 50% af lærerne, at der, hvad angår "*essensen, er tale om det samme*". Kun cirka 1/5

fremførte argumenter for en væsensforskel. Tendensen til udviskning varierede dog kraftigt henover fagrækken: Cirka 80% af biologerne i samplet så denne essentielle lighed - typisk med henvisning til, at *"de samme metoder anvendes"*. Modsat var der for langt de fleste matematiklærere i undersøgelsen signifikant forskel, primært fordi de opfattede skolefaget som simpelt værktøjsorienteret og dermed fjernt fra den udforskning, som de anså karakteristisk for videnskabsfaget.

Forholdet mellem (processer i) naturvidenskab og naturfag bør altså ikke være en bevidstløs spejling eller den mindst mulige fortynding af naturvidenskab. Naturfag er (som andre fag) en sammensmeltning af det samfundsmæssigt ønskværdige med elevernes mulighedshorisont indenfor det givne vidensområde. Det betyder, at det er fagets (ud)dannelsesopgave og elevernes udviklingszoner, der styrer, om der kan og skal arbejdes metodeautentisk på alle punkter, om man i stedet skal udvælge specifikke aspekter til eksemplarisk undervisning eller om man i nogle situationer er bedst tjent med at bringe tilpassede (u-autentiske) processer i spil. I det perspektiv er det relevant og lærerigt at studere tidligere forsøg på meningsfuldt at placere naturvidenskabens metoder centralt i skolens undervisning.

Rationaler for og erfaringer med autentiske naturvidenskabelige processer i undervisningen

Der har i tidens løb været en række argumenterede forsøg på at bygge naturfagsundervisning op omkring autentiske naturvidenskabelige processer. I det følgende vil jeg kort omtale rationaler og erfaringer fra et spektrum af bestræbelser. Alle repræsenterer de et bud på, hvorledes bestemte begrundelser og elevforestillinger kan realiseres i et fokuseret arbejde med afstemte dele af naturvidenskabens metoder.

Forstandens videnskabelige vaner

For Dewey var naturvidenskab drivkraften i samfundet og det ultimative middel i (noget nær al) uddannelse (Shamos, M. H., 1995). Han så det som en af skolesystemets vigtigste opgaver at udvikle logisk, kritisk tænkning og holdninger i overensstemmelse med naturvidenskabens. Naturfagene og deres arbejde med naturvidenskabelig metode var omdrejningspunkt i en sådan bestræbelse:

En ny slags forstand er gradvis ved at udvikle sig under indflydelse af videnskabelige metoder”.

”Den egentlige udfordring for intellektuel uddannelse er forvandlingen af mere eller mindre tilfældig nysgerrighed og sporadiske antagelser til en indstilling præget af vågen, varsom og grundig undersøgelse”.

”Videnskabelig metode er i sin mest omfattende og intelligente betydning selve begrundelsen for undervisning i naturfag. Og dannelsen af videnskabelige vaner burde være hovedmålet for naturfagslærere i gymnasiet. Videnskabelig metode er i sin mest omfattende betydning mere end blot spørgsmål om måleteknik, manipulation og eksperimenteren. Der kan være perioder i uddannelsen af videnskabelige specialister, hvor dette for en tid bliver et formål i sig selv. Men i sekundær uddannelse (secondary education - svarende til 8. klasse og op efter) fastsættes deres værdi og dermed også deres grænser af det omfang, hvormed de medvirker til at skabe og udvikle logisk tænkning og intellektuelle vaner”.

For Dewey er naturvidenskabelige metoder i undervisningen først og fremmest et middel til at generere en slags formel dannelse, som alle bør have andel i, og som anses for at være alment anvendelig. I folkeskolen og ungdomsuddannelserne bør arbejdet med naturvidenskabelige indstillinger og rationalitetsformer gå forud for naturvidenskabelig (specialist-)viden.

”Videnskaben lever ikke op til sit ansvar, hvis den alene anvender metoder, hvis hovedformål er forevigelsen af specialiserede videnskabelige discipliner, og dermed forsømmer at hjælpe det store flertal med at tilegne sig den fordomsfrihed, intellektuelle integritet, iagttagelsesevne og interesse i at afprøve holdninger, som kendetegner den videnskabelige indstilling (scientific attitude). At fremme denne intellektuelle indstilling burde være hovedmålet for alle forelæsninger om alle emner”.

Videnskabshistorikere med flere vil nok mene, at Dewey idealiserer naturvidenskaben med sin karakteristik af naturvidenskabelige indstillinger (*scientific attitudes*). I mange situationer har naturvidenskabsmænd vist sig ikke at leve op til sådanne ideale kriterier, og man vil sagtens kunne bestride, hvorvidt de fleste af trækkene i særlig grad kan knyttes til naturvidenskaberne. Deweys forestillinger om *”Progressive Education”* med udvikling af kritisk, social engageret intelligens som mål vedbliver at være en inspirationskilde (for eksempel

erfaringspædagogik og projektpædagogik), men på den store skala blev de aldrig realiseret. Den samme grundlæggende tro på, at naturvidenskabelige rationalitetsformer kan øge ens evne til medbestemmelse, genfinder man i moderne *Scientific Literacy*-orienteringer, for eksempel hvor evnen til at argumentere med naturvidenskabelige belæg (for eksempel det engelske IDEAS-projekt ved J. Osborne et al, 2002) eller evnen til at drage evidens-baserede slutninger (for eksempel OECD's PISA-definition af scientific literacy).

Child-as-scientist

Udtrykket er en fællesbetegnelse for nye statsinitierede curriculuminitiativer, som opstod i kølvandet på Sputnik-chokket i 1957 i primært USA og England. Disse curricula var i vid udstrækning drevet af et ønske om at sikre den vestlige verden flere og mere kompetente naturvidenskabsfolk, så naturligt nok kunne naturfagsundervisningen i skolen ikke ligne den ægte vare for meget, og logisk nok blev de nye curricula i vid udstrækning designet af naturvidenskabsfolk fra universitetsmiljøer (for eksempel fysikforskere fra MIT). Fælles for rækken af curriculuminitiativer er deres samtidige vægtlægning af naturvidenskabelige processer og centrale principper i naturvidenskabens videnstruktur. Eleverne skulle selv foretage undersøgelser, efter velbeskrevne naturvidenskabelige procedurer og med et snævert fokus på bærende naturvidenskabelige begreber og love. Denne *science-for-scientists*-læreplan blev aldrig en succes med større elevgrupper, for som det hedder i henholdsvis underviser- og designertilbageblik i en amerikansk fysiklærerforenings 50-års jubilæumsskrift: "*Det var hårdt*" og "*[det] forudsatte, at både lærere og elever tænkte sig om*". Det svære var udvidelsen fra at tænke i fysik, til også at tænke om fysik og som fysikere.

Autentisk naturfagsundervisning

Begrebet blev (re)lanceret med W. M. Roths bog *Authentic School Science* fra 1995. Fokus er nu ikke primært at (gen)opdage naturvidenskabens principper, men at engagere eleverne i genuin og åben udforskning analog til videnskabsmandens. Undersøgelsesprocesserne, ikke forsøgsresultaterne, er det væsentlige. Denne orientering matcher tidens spirende kompetencetænkning, og udtrykker tillige et ønske om at tegne et retvisende billede af naturvidenskabelig aktivitet og epistemologi. Eleverne lærer derved også noget om naturvidenskab. Det er i højere grad en kulturelt begrundet almindendannelse end en formal dannelse, som er målet med denne udlægning af det autentisk naturvidenskabelige. Herhjemme er konceptet først og fremmest realiseret af

J. Dolin m.fl. i gymnasieprojekt *Autentisk Fysik* (J. Dolin et al, 2001). Omdrejningspunktet for dette projekt var elevernes arbejde med selv at fysikalisere problemstillinger, designe undersøgelser og analysere resultaterne frem mod en (oftest) *empirisk-matematisk beskrivelse*. Problemstillingerne for elevernes arbejde var valgt, så der virkelig var tale om åbne undersøgelser - ofte i situationer, hvor lærerne i mangel af facits selv måtte skaffe sig et ståsted via egne naturvidenskabelige undersøgelser. Dette ekstra autentiske aspekt kan måske samtidig ses som projektets svaghed, idet det ofte ikke var muligt (og da slet ikke for elever) på simpel vis at konstruere forklaringer på de observerede empiriske sammenhænge. Naturvidenskabens forklarende aspekt blev således nedtonet til fordel for matematisk-empirisk beskrivelse. Eleverne arbejdede i samme grupper over længere tid, men parallellerne til forskerteams og naturvidenskabens sociale praksis blev ikke ekspliciteret. Ved evalueringen efter det toårige interaktionsforløb kunne man blandt andet konkludere, at den implementerede undervisning fastholdt interessen hos eleverne bedre end traditionel undervisning.

Rekapitulation

Børns begrebsudvikling ligner på mange måder naturvidenskabens historiske udvikling. R. Driver startede bølgen af forskning i børns hverdagsforestillinger i sluthalvfjerdserne, da hun skiftede sit forskningsfokus fra generelle tankemønstre til børns tænkning omkring et konkret indhold. Pludselig blev det synligt, at børn konstruerer teorier på basis af og til nytte for deres ageren i hverdagen. Disse teorier var ofte lokale og afvigende fra nutidige naturvidenskabelige teorier på området, men typisk havde de væsentlige træk fælles med tidligere naturvidenskabelige teorier. Ved tilstrækkelig udfordring (kognitiv konflikt) kunne teorierne endda på revolutionerende vis skiftes ud til fordel for mere dækkende beskrivelser. Disse indsigter tilsammen gav en fornemmelse af, at børns teoriudvikling omkring bestemte fænomener mere eller mindre følger naturvidenskabens. Som udtryk for denne tendens blev hverdagsforestillingerne bl.a. betegnet *childrens' science*. En umiddelbar pædagogisk konsekvens af denne rekapitulations-hypotese var at udvikle børnenes forståelse af nutidens naturvidenskab med udgangspunkt i videnskabshistorien. I en dansk kontekst har der aldrig været udviklet et pensum på dette grundlag, men ideen var en del af inspirationsgrundlaget, da man for eksempel indførte den såkaldte *historisk-filosofiske dimension* som en del af gymnasiets fysikundervisning i 1988-reformen. De mest ambitiøse internationale projekter baseret på en tilsvarende tankegang blev i realiteten

udviklet ved Harvard i USA, i øvrigt under medvirken af den senere så kendte videnskabshistoriker T. Kuhn. Et par tiår senere konstaterer en anden af de centrale ophavsmænd (L. Klopfer), at tiltagene ”*kun har sat sig få spor i naturfagsundervisningens landskab*”.

De anførte eksempler viser, hvorledes arbejdet med naturvidenskabens metoder i vekslende grad har optrådt som mål henholdsvis som middel for naturfagsundervisningen. Begrundelserne har varieret fra rekruttering, over faglig læring og kulturelt begrundet naturvidenskabelig dannelse til formal almendannelse, som vist i Tabel 1.

	Primær begrundelse	Målgruppe	Fokus
<i>Scientific habits of mind</i>	Formal, almen dannelse	Alle – uanset niveau	Generelle tænkemønstre (logik), evne til at håndtere evidens (evt. argumentation), undersøgende indstillinger.
<i>Child as scientist</i>	Rekruttering	Alle – der sker alligevel udttynding i pipelinen til naturvidenskab	Begrebsstyret undersøgelse med struktureret empiriindsamling. Lukket epistemologi/få frihedsgrader.
<i>Autentisk naturfag</i>	Almendannelse, læring om (og i) naturvidenskabelige processer	Alle (gymnasie-niveau)	Empirisk-matematisk modelleringskompetence. Åben epistemologi/Flere frihedsgrader.
<i>Rekapitulation</i>	Læring (begreber, metoder)	Alle – uanset niveau	Naturvidenskabelige begrebers og metoders udviklingshistorie som stillads for elevers læring.

Ingen af disse tilgange leverer fuldstændige beskrivelser af naturvidenskabens praksis, for eksempel er naturvidenskab som social praksis stort set et mørkt hul i dem alle. Kun Deweys *scientific attitudes* overlapper med lidt god vilje i nogen grad med dele af normsættene for naturvidenskab. Child-as-scientist-programmet er som det eneste afprøvet i større systemisk skala, og var vel næsten dømt til at mislykkes ved at insistere på en alt for bred målgruppe. Selvom de øvrige koncepter ikke rigtig er blevet afprøvet i større skala, synes de alle at have et potentiale hvad angår naturfagsundervisning

orienteret mod brede elevgrupper. I den forstand dokumenterer de, at det giver mening at tilstræbe at arbejde med autentiske aspekter af naturvidenskab i naturfagsundervisningen. Omvendt har vi med child-as-scientist-redegørelsen set, hvorledes elevernes udviklingszoner sætter grænser for, hvor ambitiøst man kan arbejde med naturvidenskabelige metoder i forhold til den brede elevgruppe. Dette forhold vil blive udfoldet i det følgende.

Kan børn håndtere naturvidenskabelige metoder?

Hvad angår de videnskabelige indstillinger, er de (ifølge Dewey) forbundet med *"vågen, varsom og grundig undersøgelse"*. Nysgerrighed og evnen til at undres over det usædvanlige må anses at være den altafgørende naturlige drivkraft bag opmærksom og påpasselig udforskning. Grundlæggende er der indenfor psykologisk forskning i nysgerrighed almindelig enighed om, at børn er i besiddelse af både en informationssøgende (scientific i epistemologisk forstand) og en erfarings-/sancesøgende nysgerrighed i deres tidligste år. Børns udforskning af deres nære omverden sker i deres første år via *tinke-ning*, hvor de afprøver små variationer af kendte temaer eller tester nye stimuli via allerede kendte teknikker (for eksempel ved at putte tingene i munden). Der er noget systematisk og agtpågivende over denne udforskning. Denne tidlige tendens til naturvidenskabelig nysgerrighed synes imidlertid ofte at forsvinde eller tørre ind inden mødet med formel undervisning.

En række af de naturvidenskabelige indstillinger, som Dewey og andre har fremhævet (for eksempel fordomsfrihed, personlig integritet, ærlighed osv.) er af en sådan karakter, at de efter al rimelighed falder udenfor den faglige undervisnings område. Andre derimod (for eksempel kritisk sans, respekt for evidens, evnen til at stille spørgsmål) *kan* gøres til genstand for undervisning og forekommer tillige særdeles relevante.

Disse nedslag indikerer, at det er muligt at fremme, hvad man kunne kalde en undersøgende tilgang (nysgerrighed, naturvidenskabelige indstillinger i bredere forstand) på et tidligt tidspunkt i skolesystemet.

Børn som naturvidenskabelige tænkere?

I et nyligt review *In what sense can the child be considered to be a "Little Scientist"?* konkluderer Brewer blandt andet sin nuancerede udredning med ordene: *"Børn laver teorier, der kvalitativt ikke er meget anderledes end dem,*

videnskabsfolk laver” (Duschl og Grandy, red., 2008). En del af grundlaget for konklusionen hviler på moderne udviklings- og hjerneforskning. En række undersøgelser peger her på overordnede og kvalitative ligheder mellem børns teorier og naturvidenskabens, mens andre mere specifikt for eksempel godtgør, at børn i folkeskolens små klasser er i stand til at evaluere teorier efter konsistens, empirisk akkuratess og tilsvarende naturvidenskabelige kriterier. Mest radikalt omtaler Brewer undersøgelser, som godtgør, at børn helt ned til 1-2-års alderen udviser nysgerrighed, udvikler og revurderer teorier og udfører systematisk eksperimenteren. Der synes således at være et tidligt potentiale for naturvidenskabelige tænkemåder m.m.

Men selv om børn formår at udvikle, afprøve og revurdere teorier på måder, som kvalitativt ligner naturvidenskabens, betyder det ikke nødvendigvis, at deres etablerede tankegange og videnstruktur modsvarer naturvidenskabens. Børnene er henvist til at hente deres tænkeindhold ud fra deres hverdagsbundne og personlige erfaringer, i perioder forstærket af det ego-centriske personlige perspektiv, som er en del af børns udvikling. En række forskere har påpeget, hvorledes netop hverdagslivets opsamling af kontekstrige erfaringer med fokus på nytteværdi begunstiger konkrete, kontekstuelle, induktive, episodiske og associative træk ved børns tænkning og forestillinger. Formuleret med en grov computer-analogi kan processoren kun arbejde med de (begrænsede) input, den får. Derfor forekommer det kun logisk, at K. Paludan i sin bog *Videnskaben, Verden og Vi* (K. Paludan, 2000) finder de modsætninger mellem træk ved børns befæstede tankemønstre og træk ved naturvidenskabens tankemønstre, som fremgår af Tabel 2.

De unges hverdagstænkning vs. naturvidenskabelig tænkning (Paludan, 2000)	
Antropocentrisk	Decentreret
Antropomorfistisk	Dehumaniseret
Finalistisk	Mekanisk-kausal
Konkret	Abstrakt
Kontekstuel, lokalt logisk	Generaliseret
Induktiv	Deduktiv
Episodisk	Kvantitativ, statistisk, analyserende
Holistisk	Reduktionistisk
Associativ	Taksonomisk

Tabel 2

Når børnene tropper op i naturfagslokalet, er der således afgørende forskelle mellem deres etablerede tankegange og den etablerede naturvidenskabs. Man kan prøve at tackle problemet på to niveauer: Curriculum-designeren kan beslutte sig for, at visse af naturvidenskabens autentiske træk holdes væk fra eller nedtones i naturfagsundervisningen. I curriculum for de mindre klasser og almindennende naturfagsundervisning i det hele taget vil det for eksempel være naturligt at nedtone abstrakte, deduktive, kvantitative og dehumaniserende elementer. Alternativt kan læreren på det pædagogiske niveau tackle forskellen ved som *culture broker* at gå ind og eksplicitere og begrunde uundgåelige forskelle, samt sikre eleverne en oplevelse af, at naturvidenskabens måder har deres særlige nytteværdi.

Et andet blik på elevernes muligheder for at håndtere naturvidenskabelige tænkemåder får man via den kortlægning af epistemologisk tænkning hos engelske elever i alderen 9-16 år, som Driver m.fl. har foretaget (R. Driver et al 1996). Forfatterne sammenfatter væsentlige dele af deres forskning i beskrivelsen af tre forskellige ræsonnementsformer: En fænomen-baseret, en relations-baseret og endelig en model-baseret ræsonnementsform. Den relations-baserede form ser naturvidenskabelig undersøgelse som observation og manipulation af specifikke fænomener. Indenfor den relations-baserede form er det afgørende at finde sammenhænge mellem variabler via fair tests og kontrollerede forsøg. Endelig forbindes naturvidenskabelig undersøgelse i den model-baserede tænkning med teori-/model-evaluering og en bevidsthed om, at model og virkelighed er principielt forskellige ting. Undersøgelsen konkluderer, at fænomen-baseret tænkning dominerer blandt børn under 12 år. I aldersgruppen fra 12-16 år dominerer så en relations-baseret tænkning, mens andelen af model-baserede tænkere øges gradvist uden at dominere på noget alderstrin. Forfatterne anfører hertil: *"På denne baggrund anser vi, at de fleste skoleelever ikke er blevet tilskyndet til at anvende eksplicitte modelbaserede ræsonnementer"*. Udviklingen ses derfor ikke ensidigt som et udtryk for en biologisk udviklingslinje (à la Piagets stadieteori), men i lige så høj grad som et resultat af træning og eksplicitte undervisningstiltag i en for barnet passende udviklingszone. Undersøgelsen giver samtidig et godt bud på, hvor udviklingszonen typisk starter for de undersøgte aldersgrupper.

Som tidligere omtalt er naturvidenskabens hovederinde at generere forklaringer. Drivers ræsonnementsformer giver også her et interessant indblik i børns tænkning omkring og brug af forklaringer. I den fænomen-baserede

form er der oftest ingen skelnen mellem beskrivelse og forklaring. Naturvidenskabens præference for kausale forklaringer må nødvendigvis få det svært her. Forklaring handler om at sammenkæde naturvidenskabelige størrelser (observerede, konstruerede), enten kausalt eller via matematisk-empirisk generalisation – det forudsætter altså som minimum en relations-baseret tænkning. Under 25% af de 16-årige håndterer forklaringer, hvori der indgår ikke-observerbare teoretiske størrelser, og samme moderate andel anerkender, at der kan være multiple forklaringer på et bestemt fænomen (træk ved den model-baserede form). Driver et al.'s undersøgelse giver således en fornemmelse for, på hvilket niveau man kan starte arbejdet med naturvidenskabelig forklaring.

En sidste vigtig naturvidenskabelig tankegang består i at drage slutninger ud fra naturvidenskabelige belæg i form af evidens-baserede slutninger eller i mødet med argumentation. J. Osborne (J. Osborne et al, 2005) har argumenteret for, at netop denne tankegangskompetence er det vigtigste mål for en almindelig naturfagsundervisning. Med konkrete undervisningsmaterialer og videoklip fra undervisning af elever på 11-14 år har disse folk tillige dokumenteret, at denne aldersgruppe kan lære at argumentere i den forstand, som S. Toulmin netop betegner som naturvidenskabelig (S. Toulmin, 1958).

Også her peger udredningen på, at der er mulighed for og perspektiv i at arbejde med autentiske aspekter af naturvidenskab; her i form af tankegange. Arbejdet skal blot afstemmes i karakter og ambition efter bl.a. ovenstående pejlemærker.

Den sociale praksis

Jeg har tidligere forfægtet, at naturvidenskab som institution er noget andet end undervisning. Alligevel er det en overvejelse, om man meningsfuldt vil kunne overføre eller simulere dele af dens sociale organisation og praksis. Da dette aspekt er et af de mørke huller i metodelandskabet, vil jeg undtagelsesvist forsøge at antyde, hvordan elementer af den sociale praksis kan indføres i undervisningen. Pædagogisk er det absolut farbart at opdele klasser i stabile teams af naturfagsforskere, som arbejder på at undersøge og/eller problemløse åbne problemstillinger. Dermed genererer grupperne reelt ny viden og nye bud på problemløsning, hvorved deres mål og organisation bliver analog til moderne naturvidenskab. Internt i naturfagsforskergruppen

diskuterer eleverne selvfølgelig løbende og forbereder sig på at drage ud i verden for at dele deres viden, for eksempel via artikler, præsentationer og plakater. Delingen er dialogisk og giver dem samtidig mulighed for at efterprøve og udvikle deres forståelser, for eksempel via workshops i matrixgrupper, via feedback fra peers/reviewere osv. Der er tale om velkendte pædagogiske elementer blot organiseret i en slags *gameplay*, som langt hen ad vejen modsvarer naturvidenskabens praksis, og som læringsteoretisk trækker på Wengers praksislæring (x. Wenger, 1998). Med lidt iscenesættelse kan en sådan undervisning realiseres allerede i natur/teknik-undervisningen. I første omgang vil der opbygges en tavs viden om, hvorledes naturvidenskaben arbejder, som så senere i skoleforløbet vil kunne ekspliciteres, for eksempel via *meta-breaks*, hvor man diskuterer, hvad der gør den ene gruppes resultater mere tillidsvækkende end andres, hvilken status en evt. bedste model har (sandhed eller intersubjektiv) og åbenbarer, hvorledes klassens arbejdsform bevidst efterligner (dele af) naturvidenskabens arbejdsformer. I den sidste ende vil elevernes egne oplevelser og processer med at generere viden kunne bruges som afsæt for videnskabsteoretisk diskussion af en karakter som i gymnasiets (stx's) Almen Studieforbereelse. Interesserede kan evt. selv overveje, hvilke roller den stilladserende lærer mest hensigtsmæssigt kan udfylde i det science-autentiske game-play.

Den akademiske naturvidenskabs normsæt CUDOS har kun delvis pædagogisk anvendelighed:

Communism – betyder at resultater deles.

Universalism – betyder blandt andet at alle (uanset race, køn m.m.) kan bidrage til projektet. Dette inkluderende træk er pædagogisk attraktivt. Universalism betyder også, at den viden, som man lægger vægt på, er af universel og generel karakter. Dette træk kan man blive nødt til at balancere i de mindre klasser.

Disinterestedness – det naturvidenskabelige ideal er her, at man ikke må være styret af interesser, men skal forholde sig objektivt og neutralt til tingene. I en pædagogisk sammenhæng er det et problematisk træk, idet vi normalt drømmer om at skabe en naturfagsundervisning, som opleves personligt relevant og involverende for eleverne. Via diskussioner omkring socio-naturvidenskabelige problemstillinger, rollespil og bestemte rapporteringsgenrer er det muligt at bearbejde dette umiddelbare modsætningsforhold.

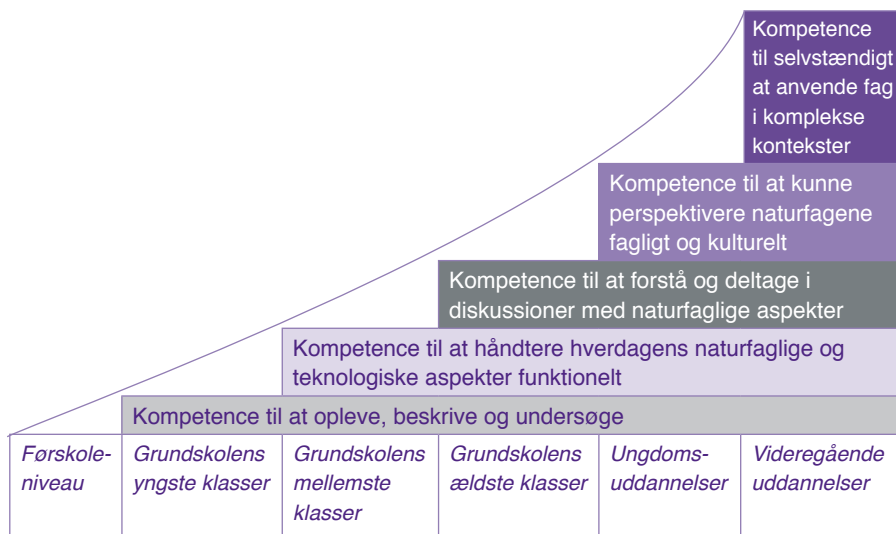
Organized Scepticism – henviser til naturvidenskabens institutionaliserede måde at sikre validering af den genererede viden og har sit pædagogiske

modsvar i for eksempel deling af resultater med responsgivning, reviewing, matrixgrupper osv.

Et forsøg på at få det hele til at hænge sammen

Jeg har (på noget stakåndet vis) søgt at indkredse, hvad man efter tidens standard kan forstå ved naturvidenskabelige metoder. Senere har jeg demonstreret, hvorledes forskellige begrundelser kan føre til meget forskellige og dog meningsfulde match mellem specifikke autentiske aspekter og eleverne. Endelig har jeg diskuteret, hvorledes elevernes mulighedshorisont på forskellig vis spiller med og mod autentiske naturvidenskabelige arbejdsformer og tankegange i naturfagsundervisningen. Afslutningsvis vil jeg skitsere, hvorledes mit eget foretrukne match ser ud.

Mit ærinde her og nu vil være at udvælge autentiske naturvidenskabelige metoder og indstillinger, som eleverne kan håndtere og som uden scientiistiske overtoner kan argumenteres at tilgodesee *elevernes autonomi og evne til selvbestemmelse og medbestemmelse*. Der er altså tale om et science-for-all-udvalg med et klart almindennede sigte. Som vi har set tidligere, findes disse i forskellige varianter, og for mig at se vil det være tjenligt at mikse formaldannende (visse Habits of mind) elementer med demokratisk og kulturelt begrundede elementer. For at tilgodesee elevernes udviklingszoner vil jeg selvfølgelig placere elementerne i en progression, bl.a. afstemt efter de pejlemærker som et foregående afsnit etablerede. En ekstra inspirationskilde for mig er også den udredning af naturfaglige kompetencer på langs i uddannelsessystemet, som jeg var med til at lave som *Inspiration til Fremtidens Naturfaglige Uddannelser* (J. Dolin et al, 2003). Kompetencebeskrivelsen havde dengang samme almindennede udgangspunkt, og blandt de faglige processer gik vi bl.a. i større detalje med empiri- og modelleringskompetencerne. I det omfang der arbejdes videnskabsautentisk, modsvarer de faglige kompetencer naturvidenskabelige processer og metoder. Derfor er det relativt nemt at drage elementer fra udredningen ind her. Væsentligst er det muligt at genbruge den progression, som vi dengang etablerede (se Figur 1).



Figur 1

Progressionen integrerer umiddelbart tre udviklingslinjer: Stigende kompleksitet i anvendelsen af viden, udvikling i brugen af repræsentationsformer og en udvikling i børnenes orientering fra den nære omverden til stadig fjernere og mere abstrakte verdener.

Med denne progressionstækning som rygrad (venstre kolonne i Tabel 3) ville jeg bygge arbejdet med autentisk naturvidenskabelige metoder op med følgende indhold og progression:

MÅLET				
Kompetence til demokratisk deltagelse på et informeret, naturvidenskabeligt grundlag	Kritisk sans Ansvarlighed	Samfunds-autentiske undersøgelser	Relationsbaseret tænkning mere generelt: - Anvende modeller til forklaring - Argumentation - Evidensbaseret beslutningstagen - Ekspertér, infosøgning og kildekritik	Organized scepticism: Hvordan man bruger eksperter rigtigt? Hvor finder man dem? Flere er bedre end én. Er de enige? ...
Kompetence til at kunne perspektivere naturfagene fagligt og kulturelt	Bevidsthed om naturvidenskabens begrænsninger Empati med menneskets grundvilkår (Empathy for the human condition, Bronowsky 1978)	Ekperimentelt science-autentiske undersøgelser (åbne spørgsmål, team-baseret, deling af resultater og intersubjektiv efterprøvninng)	Modelbaseret / bygge modeller / modellering Trin 1 : Matematisk-empirisk modellering Trin 2: Modeller, forholdet mellem model og virkelighed	Metablik på hele den epistemiske og sociale praksis Eksplitering af (dele af) det videnskabsteoretiske grundlag

Tabel 3

METODEASPEKT				
Naturvidenskabelige indstillinger (scientific attitudes)	Praktiskundersøgende processer/ empiri- og produkt-genererende	Tankegange/ teori-genererende fortolkning	Social praksis	
Nysgerrighed	Sans-observer-spørg Klassificér	Fænomenbaseret beskrivelse	Communism: Fællesskab om undersøgelse og deling af resultater	Communism: Bygge brugbart på basen af etableret viden
Kompetence til at opleve, beskrive og undersøge	Person-nære undersøgelser: - Led efter årsager - Læs-og-søg - Trial-and-error - Fair-test/ variabelkontrol - Problemløsning & systematisk design-udvikling (ikke empiri-genererende)	Relationsbaseret tænkning mellem observerbare størrelser: Hvilke faktorer påvirker mon mit design ...? Vil det mon hjælpe at ændre på ...? - Ansatser til eksperimentel strukturering - Identificere spørgsmål, som kan underkastes naturvidenskabelig undersøgelse - Evidens som belæg	Organized scepticism: For eksempel institutionaliseret via patentkontor på klasseplan (i forbindelse med produkt- og løsningsafprøvning)	Commisioned: Brugbare løsninger bestilles
MÅLET				
Kompetence til at håndtere hverdagens naturfaglige og teknologiske aspekter funktionelt	Kreativitet Systematik Løsningsrettedhed			

Man kan se, hvorledes væsentlige pointer fra det foregående er indlejret i Tabel 3: Naturvidenskabens metoder handler ikke kun om praktisk-eksperimentel undersøgelse, men ligeså vel om teori- og forklaringsgenererende interpretation, knyttet til en bestemt naturvidenskabelig praksis og præget af mere eller mindre naturvidenskabelige indstillinger. På niveau 3 er det praktisk-eksperimentelle islæt således kraftigt nedtonet i forhold til arbejdet med at forbinde empiri med forklaringer, argumentation og beslutningstagen. Bemærk også, at i særdeleshed niveau 2 inkorporerer aspekter af moderne tekno-naturvidenskab, som opdragsbåret (*Commisioned*) generering af løsninger, patenter og produkter. Tabel 3 antyder også, at det giver mening at arbejde med dele af naturvidenskabens praksis på alle niveauer, men kun på niveau 4 anses det for nødvendigt at gøre dette arbejde eksplicit for eleverne, det vil sige italesætte og tydeliggøre, hvad man har gang i og hvorfor.

Afsluttende perspektivering

Jeg håber at have argumenteret for, at en almindennende naturfagsundervisning både kan og bør omfatte arbejde med naturvidenskabens metoder. Ikke fuldstændigt, ikke ukritisk, men afstemt efter, hvad elever på bestemte klassetrin kan håndtere og vil kunne relatere sig til. Til rette tid og i fokuseret forstand må eleverne således gerne trænes i og selv kunne bruge autentiske naturvidenskabelige metoder. Men: I forlængelse af mit almindennende perspektiv er det ikke min bestræbelse at gøre eleverne til små videnskabsmænd. Målet har snarere været her at indkredse elementer af naturvidenskabens metoder, som kan omsættes til bæredygtig undervisning, og som kan styrke den enkeltes evne til at orientere sig og klare sig i et samfund præget af naturvidenskab. I bedste fald opnår eleverne at kende så meget til, hvad naturvidenskab er, gør og kan, at de i deres hverdag ikke skræmmes af naturvidenskabelige problemstillinger og kan forholde sig til/bruge naturvidenskabelige undersøgelser m.m. som basis for at træffe mere kvalificerede beslutninger.

Det er i denne sammenhæng afgørende vigtigt, at man ikke fortegner og trivialisere arbejdet med naturvidenskabens arbejdsmåder og tankegange til blot at følge en bestemt procedure (den naturvidenskabelige metode). Det er mit håb, at kapitlet her vil kunne åbne for bredere og mere nutidige forståelser af, hvad naturvidenskabens metoder er, samt at det vil kunne inspirere en og anden naturfagslærer til et mere retvisende, mere divers, samtidig også mere målbevidst, arbejde med naturvidenskabelige metoder i under-

visningen. Først og fremmest til gavn for eleverne, men på den lange bane også til gavn for naturvidenskaben. Borgere med en forståelse af, hvordan naturvidenskaben arbejder, udvikler rimeligvis nemmere en forståelse for naturvidenskab. Og personligt er jeg ikke i tvivl om, at et mere rigt og varieret arbejde med naturvidenskabelige metoder også vil indvirke positivt på elevholdningen til naturfagene, så det i den sidste ende kan aflæses på rekrutteringen til naturvidenskabelige og tekniske uddannelser. Der er således rigelig grund til at kaste lys og forandring over et af dansk naturfagsundervisnings relativt mørke huller: I hvilken forstand og hvordan man arbejder med Nature of Science og Scientific Inquiry i undervisningen. Disse termer har i en årække været og er fortsat hot spots for den internationale naturfagsdidaktiske forskning, uden at det har sat sig nævneværdige spor i danske udviklingsprojekter og/eller debatter. Derfor er initiativet bag denne publikation mere end velkomment, og med digteren B. Andersens ord kan man sige: "*Det er på høje tid – det er over tiden... – det er nu eller aldrig!*"

Referencer

Andersen, Hanne M. og Lars B. Krogh (in press 2009): *Science and mathematics teachers' core teaching conceptions and their implications for engaging in cross-curricular innovations*, (fremsendt april 2009 til Nordina med henblik på publikation).

Bronowski, Jacob (1978): *The Common Sense of Science*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

Dolin J., Lars B. Krogh og R. Troelsen (2003): *En kompetencebeskrivelse af naturfagene*, i Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser, UVM.
pub.uvm.dk/2003/naturfag2/html/chapter03.htm

Driver, R., J. Leach, R. Millar og P. Scott (1996): *Young peoples images of science*, Open University Press, Buckingham, UK.

Duschl, R. A. og R.E. Grandy (red.) (2008): *Teaching Scientific Inquiry - Recommendations for Research and Implementation*, Sense Publishers, Rotterdam, Netherland.

L.B. Flick og N. Lederman (red.) (2004): *Scientific inquiry and Nature of Science*, Springer, Netherlands.

Lynning, K. H. (2006): *Den lærde skole*, i Dansk Naturvidenskabs Historie, bd. 3, Aarhus Universitetsforlag, Aarhus.

Paludan, K. (2000): *Naturvidenskaben, Verden og Vi*, Aarhus Universitetsforlag, Aarhus.

Dolin, J. et al (2001): *Autentisk Fysik*.

emu.dk/gym/fag/fy/inspiration/forloeb/autentisk/index.html

Dolin, J. (2002): *Fysikfaget i forandring*. Læring og undervisning i fysik i gymnasiet med fokus på dialogiske processer, autenticitet og kompetenceudvikling. /IMFUFA-tekster nr. 410, /Roskilde, IMFUFA/RUC

Osborne J., et al (2002): *IDEAS-projekt*, <http://www.kcl.ac.uk/schools/sspp/education/research/projects/ideas.html>

Osborne, J. (2005): *The Role of Argument in Science Education*. In Research and the Quality of Science Education. Ed. Boersma, K. and et al. The Netherlands: Springer.

Paludan, K. (2000): *Naturvidenskaben, Verden og Vi*, Aarhus Universitetsforlag, Aarhus.

Shamos, M. H. (1995): *The Myth of Scientific Literacy*, Rutgers University Press, New Brunswick, NJ.

Toulmin, S. (1958): *The Uses of Argument*, Cambridge: University Press.

Wenger, E. (1998): *Communities of Practice: Learning, Meaning and Identity*, Cambridge University Press.

Ziman, J. (2000): *Real Science*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Naturfaglige kompetencer - om kompetencetænkningen i nye Forenklede Fælles Mål

Jens Dolin

Kompetencebegrebet er gennem 00'erne blevet den dominerende måde at beskrive uddannelsesmål på. Det gælder såvel internationalt som i Danmark, hvor fx de nye Forenklede Fælles Mål er skrevet i kompetencetermer. Traditionelt er formålene med uddannelser i Danmark blevet formuleret i kvalifikationer og i dannelsestermer, hvor kvalifikationer har beskrevet de faglige, indholdsmæssige krav og dannelse de mere personlige egenskaber, uddannelsen skulle bibringe eleverne. Disse kategorier er stadig relevante, og især dannelse er stadig en vigtig del af undervisningens formål, men det er i vid udstrækning blevet indfanget i kompetencetænkningen.

Dette kapitel vil undersøge, hvordan kompetencer kan forstås i en uddannelsesmæssig sammenhæng, og hvorfor de overhovedet er indført i uddannelsessystemet. De danske naturfaglige kompetencer vil blive beskrevet, og der vil blive givet nogle bud på, hvordan man kan undervise med henblik på elevernes kompetenceudvikling, herunder hvordan kompetencer kan evalueres. Progression i kompetence vil her blive belyst som et særligt vigtigt begreb. De nye Forenklede Fælles Mål vil blive brugt som et gennemgående eksempel, så vi vil starte med kort at introducere dem

Nye Forenklede Fælles Mål i naturfagene

Det var en del af Aftalen om et fagligt løft af folkeskolen i juni 2013, at elevernes faglige niveau skulle hæves ved bl.a. at udforme få klare mål. Dvs. der skulle ske en præcisering og forenkling af de eksisterende Fælles Mål, som blev introduceret i 2003 og revideret i 2009. Men en undersøgelse foretaget i 2012 (Danmarks Evalueringsinstitut 2012) viste, at "lærerne ikke er målstyrede i den måde, de planlægger og tilrettelægger deres undervisning på", og at Fælles Mål bliver brugt som "... en tjekliste over, hvilke emner årsplanen skal indeholde, ...". Så en del af øvelsen med de nye Forenklede Fælles Mål (herefter: Forenklede Fælles Mål) er at formulere dem så enkelt og klart, at de bliver lettere at anvende som didaktisk planlægningsredskab og herigen- nem at understøtte, at lærernes undervisning bliver mere målstyret. Og de mål, der skal styres efter, er kompetencemål, dvs. mål for hvad eleverne skal kunne, fremfor hvad faget skal indeholde, og hvordan undervisningen skal være.

I et kritisk perspektiv kan et sådant ønske om øget målstyring ses som en lo- gisk konsekvens af den øgede politiske styring af uddannelsessystemet. Hvis man fra politisk hold vil stille krav til undervisningens effekt, må man være i stand til at måle denne effekt, og det kan kun ske, hvis målene er relativt enkle og præcise. Præcise og enkle mål passer fint til et testsystem.

En velvillig tolkning kan påpege, at en mere målstyret undervisning vil være en hjælp til såvel lærere som elever i det daglige arbejde. Det vil blive mere tydeligt for alle, hvor man skal hen, og de enkle mål vil gøre det lettere at tilrettelægge og gennemføre undervisningen og at tjekke, om eleverne har opfyldt målene.

Et centralt element til at fremme den ønskede målstyring er derfor at styrke og forenkle kompetencebeskrivelsen af fagene. De af Undervisningsmini- steriet nedsatte skrivegrupper havde derfor som deres vigtigste arbejde at omforme de eksisterende Fælles Mål til nogle færre kategorier af mål, der skulle beskrives som konkrete læringsmål for eleverne. Det nødvendiggjorde en afklaring af, hvad kompetencer egentlig er, og hvilke kompetencer der er centrale for naturfagene.

Hvad er kompetencer, og hvorfor er de indført?

Det er vigtigt at slå fast, at der ikke findes nogen generelt anerkendt definition af kompetence eller noget fælles teoretisk grundlag for afgrænsning af kompetencer. Selve betegnelsen kommer fra erhvervslivet, hvor det typisk er anvendt i forbindelse med udførelse af arbejdsopgaver, og hvor arbejdsmarkedsuddannelser og –efteruddannelse derfor har opereret med kompetenceudvikling. Sådanne kompetencer er traditionelt beskrevet i en række komponenter, såsom det at kunne styre en opgave, de evner og færdigheder opgaven kræver, det at kunne relatere og styre opgaven i forhold til omgivelserne og en vis grad af parathed til at kunne klare det uforudsete.

Kompetencebegrebet har med tiden fået flere betydninger og bruges nu i mange sammenhænge, fx kompetencesamfundet, det kompetente barn, livsduelighedskompetencer etc. En dækkende definition, som passer til denne brede tilgang, er givet af Per Schultz Jørgensen (1999):

"Kompetencen bliver et udtryk for denne evne til at håndtere og agere i en social og kulturel mangfoldighed. [...] Lidt forenklet kan man sige, at kompetence er noget man har, fordi man ved noget og gør noget, der lever op til udfordringerne i en given situation".

Kompetence beskrives her som et handleberedskab, baseret på viden og udfoldet i konkrete situationer.

Begrebet kom ind i den undervisningsministerielle sprogbrug i september 1997 i rapporten National kompetenceudvikling: Erhvervsudvikling gennem kvalifikationsudvikling (Undervisningsministeriet u.å.). Undervisningsministeren havde nedsat et udvalg, bestående af repræsentanter fra erhvervslivet, der skulle formulere de væsentligste udfordringer til uddannelsessystemet og brugte kompetencetermer. Det blev startskuddet til en række initiativer, der skulle fremme uddannelsernes åbenhed over for erhvervslivets ønsker og behov, som fx Uddannelse og Erhvervsliv: Handlingsprogram for national kompetenceudvikling (UVM 1998).

Denne tidlige opmærksomhed på kompetencer var dels meget arbejdsmarkedsrettet og dels præget af et bredt fokus på både almene, personlige og grundlæggende faglige kompetencer. For at få kvalificeret de faglige kom-

petencer (som så efterfølgende ofte benævnes fag-faglige) i en uddannelsesmæssig kontekst nedsatte Naturvidenskabeligt Uddannelsesråd og Undervisningsministeriet i august 2001 en arbejdsgruppe Kompetencer og matematik-læring med professor Mogens Niss som formand. Efterfølgende nedsattes arbejdsgrupper med fokus på fagområderne dansk, fremmedsprog og naturfag, og inden for de fire fagområder blev der formuleret kompetencemål for den faglige praksis i fagene. Baseret på de fire faglighedsprojekter formuleres i Fremtidens uddannelser. Den ny faglighed og dens forudsætninger (2004) en generel definition på en fag-faglig kompetence:

"En (tyisk)faglig kompetence er en vidensbaseret parathed til at handle hensigtsmæssigt i situationer som rummer en bestemt slags (tyisk)faglige udfordringer" (s. 19).

Dette er nok det nærmeste, man kommer en fælles definition af faglig kompetence.

I Forenklede Fælles Mål udfoldes denne definition under anvendelse af Den danske Kvalifikationsramme for Livslang Læring (UVM 2010). Kvalifikationsrammen skelner mellem viden, færdigheder og kompetencer:

- Viden omfatter faktuel viden, teoretisk og begrebslig viden, procedure- eller principviden og praksisviden
- Færdigheder omfatter brug af tilegnet viden og knowhow til udførelse af opgaver og opgaveløsning
- Kompetencer omfatter brug af viden og færdigheder (personligt, socialt og metodisk), herunder kompetencen til at kunne reflektere over viden og færdigheder

Her er færdigheder indført som en ikke særlig præcis kategori, men forskellen mellem færdigheder og kompetencer må baseres på, hvor kompleks den foreliggende opgave er. Færdigheder må således være evnen til at udføre enkle handlinger, som fx at kunne anvende et voltmeter og et amperemeter, mens kompetencer er evnen til at behandle komplekse problemer, som fx at kunne opstille og analysere et elektrisk kredsløb, og her gøre brug af viden om elektriske komponenter og færdigheder i at anvende måleinstrumenter korrekt. Desuden indebærer kompetence også evnen til at reflektere over opgaveløsningen, dvs. en vis metakognitiv evne.

¹Mål vedr. færdigheder kan fortolkes bredere med kompetencetermer (dvs. med kompetencemål), men disse anvendes ikke i Fælles Mål 2009 efter ønske fra Undervisningsministeriet, selv om det er blev foreslået af flere ekspertudvalg.

Men hvorfor i det hele taget dette skift til kompetencer? Her kan peges på en række sammenfaldende årsager. Samfundsudviklingen med dens øgede kompleksitet og hastigt øgede viden har gjort det vanskeligere at præcisere hvilken viden, der er nødvendig bare på kort sigt. Det er derfor naturligt at lægge mere vægt på de generelle træk ved fagene og på almene, sociale og personlige kompetencer frem for konkrete færdigheder. Samtidig betyder den øgede erhvervslivsindflydelse et øget pres på at få flere erhvervsrelevante mål ind i skolen, og det vil ofte betyde mere vægt på anvendelighed og erhvervsrelevans af det lærte.

De to sider smelter sammen i en New Public Management bølge, en tilpasning af uddannelsessystemet til det liberale samfund, der betyder øget outputstyring og kvalitetskontrol frem for faste inputnormer og professionel selvbestemmelse. Inden for uddannelsessystemet betyder dette et skift fra undervisning (pensum) til læring (udbytte), hvor der ikke er faste normer for, hvilke midler der tildeles eller skal bruges, men hvor læreren måles på, i hvilket omfang eleverne opnår det, der er fastsat i uddannelsesmålene.

Endelig er det vigtigt at påpege den stærke internationale inspiration, der har påvirket den danske udvikling. Dels har EU og OECD publiceret en række rapporter, der har advokeret for en kompetencetænkning i samfundet generelt, og dels er der sket et skift i naturfagernes formål og indhold og undervisningstilgang med øget vægt på scientific literacy, anvendelsesorientering, argumentation etc., realiseret gennem en lang række rapporter og projekter.

Hvilke naturfaglige kompetencer findes der?

Faglige kompetencer forsøger at indfange det almene i faget, det, der er hævet over det konkrete indhold. De beskriver måder, man arbejder med faget på. En sådan tilgang er i overensstemmelse med et internationalt skift i retning af at lade eleverne arbejde med autentiske arbejdsformer, at lade dem producere viden med faget, frem for kun at lære dem fagets på forhånd producerede viden. Det vil sige, at de naturfaglige kompetencer skal beskrive, hvordan fagene arbejder, hvad der er karakteristisk for deres måde at skabe viden på.

I juni 2003 udkom *Fremtidens naturfaglige uddannelser – vision og oplæg til strategi* (Undervisningsministeriet 2003a), og i bilagsbindet hertil *Inspira-*

tion til fremtidens naturfaglige uddannelser (Undervisningsministeriet 2003b) udfoldes den kompetencebeskrivelse af naturfagene, som siden har været dominerende. Den er baseret på, at naturvidenskaberne har en række fælles kendetegn:

Den eksperimentelle dimension: Naturvidenskaberne indhenter viden ved at udføre kontrollerede aktiviteter i og med naturen, fx ved at designe og gennemføre eksperimenter og ved at udføre feltarbejde.

lagttage, måle, beskrive, analysere og præsentere: Naturvidenskaberne er meget empirisk funderet. De udvikler måder at forholde sig neutralt til fænomener i naturen, at beskrive dem, måle på dem og skabe data, behandle data og repræsentere data via diagrammer og figurer.

Modelbegrebet: Naturvidenskaberne generaliserer naturens fænomener ved at opstille såvel matematiske som fænomenologiske modeller af naturen. Mange af disse modeller har status af alment accepterede lovmæssigheder, der styrer naturen.

En filosofisk, videnskabsteoretisk tilgang: Naturvidenskabernes historie er langt hen ad vejen også fortællingen om erkendelsens og teknologiens udvikling og ændringerne af vores verdensbillede.

Disse fællestræk gav anledning til at definere og beskrive fire naturvidenskabelige kompetencer: Eksperimentel/empirisk kompetence, repræsentationskompetence, modelleringskompetence og perspektiveringskompetence.

Med udgangspunkt heri valgte arbejdsgruppen, der udarbejdede de Forenklede Fælles Mål i naturfagene, at slå den eksperimentelle/empiriske kompetence sammen med repræsentationskompetencen og at tilføje en kommunikationskompetence. De fælles, naturfaglige kompetencer og kompetencemål er således:

NATURFAGLIG KOMPETENCE	Kompetencemål i natur/teknologi efter 2. klasse	Kompetencemål i natur/teknologi efter 4. klasse	Kompetencemål i natur/teknologi efter 6. klasse	Kompetencemål i biologi, fysik/kemi og geografi efter 9. klasse
Undersøgelser	Eleven kan udføre enkle undersøgelser på baggrund af egne og andres spørgsmål	Eleven kan gennemføre enkle undersøgelser på baggrund af egne forventninger	Eleven kan designe undersøgelser på baggrund af begyndende hypotesedannelse	Eleven kan designe, gennemføre og evaluere undersøgelser i biologi
Modellering	Eleven kan anvende naturtro modeller	Eleven kan anvende modeller med stigende abstraktionsgrad	Eleven kan designe enkle modeller	Eleven kan anvende og udvikle naturfaglige modeller i biologi
Perspektivering	Eleven kan genkende natur og teknologi i sin hverdag	Eleven kan relatere natur og teknologi til andre kontekster	Eleven kan perspektivere natur/teknologi til omverdenen og aktuelle hændelser	Eleven kan perspektivere biologi til omverdenen og relatere indholdet i faget til udvikling af naturvidenskabelig erkendelse
Kommunikation	Eleven kan beskrive egne undersøgelser og modeller	Eleven kan beskrive enkle naturfaglige og teknologiske problemstillinger	Eleven kan kommunikere om natur og teknologi	Eleven kan kommunikere om naturfaglige forhold med biologi

Hvis man nærlæser Forenklede Fælles Mål for et af naturfagene, vil man se, at det er beskrevet mere fagspecifikt gennem en række delkompetencemål, der er specielle for det pågældende fag. I overensstemmelse med anvendelsen af Den danske Kvalifikationsramme beskrives delkompetencemålene i et færdighedsmål og et tilhørende vidensmål. Delkompetencemålene udgør de faglige discipliner. I biologi er det fx evolution, økosystemer, krop og sundhed samt mikrobiologi.

At beskrive alle fag med samme termer og at presse et fags kompleksitet ind i en sådan ramme øver selvsagt en del vold på fagene og deres traditionelle beskrivelse. Især geografi er presset ind i en ren naturvidenskabelig skabelon, hvilket betyder at fagets brobygningsfunktion mellem naturvidenskab, samfundsvidenskab og humaniora udviskes på det overordnede niveau. Da alle et fags enkeltområder skal medtages, er der også ofte foretaget et valg af i hvilken kasse, en given viden og færdighed skal medtages, idet de kan være en nødvendig baggrund for flere kompetencer.

Ud over disse 'rene' fag-faglige kompetencer skal naturfagene også bidrage til at udvikle elevernes almene kompetencer eller de såkaldte generiske kompetencer, dvs. de kompetencer, der går på tværs af fagene. Dette er et område, der tillægges stigende betydning i takt med en øget erkendelse af, at de processer, der bærer læringen i de enkelte fag, langt hen ad vejen er de samme. Det kan fx være argumentation, diskussion, mundtlig og skriftlig formulering etc. Disse kompetencer er nok generelle, men de skal tilegnes i en faglig kontekst og skal derfor også formuleres med fagenes begreber. I de Forenklede Fælles Mål indføres der således tre tværgående temaer, som der formuleres mål for i fagene: It og medier, sproglig udvikling samt innovation og entreprenørskab.

Undervisning med henblik på elevernes kompetenceudvikling

Der er ikke nogen enkel sammenhæng mellem læring og undervisning. Elever lærer ikke automatisk det, som undervisningen sigter imod, og megen læring sker uden for undervisningen, eller der læres noget andet, end undervisningen eksplicit foreskriver. Men der er nogle grundlæggende sammenhænge mellem ens læringssyn og den undervisning, man overvejende anvender, som er vigtig at gøre sig klar, når man skal undervise kompetenceorienteret.

En konstruktivistisk læringsopfattelse vil se læring som elevens egen konstruktion af viden (støttet af læreren) i modsætning til en mere positivistisk læringsopfattelse, der ser viden som noget absolut, der kan transmitteres til eleven gennem undervisningen (Dolin og Kaspersen 2013). En kompetenceorienteret undervisning vil sandsynligvis være lettere at gennemføre, hvis man har et konstruktivistisk syn på læring, hvor fokus primært er på elevernes eget arbejde med de faglige aktiviteter. Det hænger sammen med, at de aktiviteter, eleverne skal kunne udføre, er centrale i en kompetenceopfattelse. Det grundlæggende undervisningsspørgsmål ændrer sig fra: Hvad skal eleverne vide – og hvad skal de gøre for at opnå dette? til: Hvad skal eleverne kunne gøre – og hvad skal de vide for at kunne dette? Så den ønskede viden og de ønskede færdigheder underlægges de handlinger, som det er hensigtsmæssigt at kunne udføre i de situationer, man anser relevante for eleverne. Hvis fx eleverne skal kunne undersøge, om lydniveauet i et klasselokale overstiger det forsvarlige, så skal de have viden om lydbølger, lydniveau, normer for støj, etc. og fx færdighed i at måle lyd. Mens anden viden om bølger og andre færdigheder inden for denne del af fysikken ikke er så vigtig. Den viden og de færdigheder, man arbejder med, underlægger sig således de valgte kompetencer, dvs. den valgte situation og de valgte faghandling.

En sådan undervisning vil ofte kunne gennemføres som den projekt- eller problemorienterede undervisning, der er en lang tradition for i det danske undervisningssystem. Det vil betyde, at man arbejder med relativt åbne spørgsmål med henblik på at opøve de kompetencer, som er målet med arbejdet. Det kan fx dreje sig om kontroversielle problemstillinger med naturfagligt indhold såsom klimaændringer og genmanipulation. Eller det kan være mere fagspecifikke, autentiske problemstillinger, fx: Hvordan undersøges, hvilke arter der lever i et bestemt miljø? Eller: Hvordan bestemmes størrelsen af en given konstant? Ofte vil dette indebære arbejde med undersøgende processer, en undervisningstilgang, der har fået stor opmærksomhed de seneste år via en række store EU-projekter om Inquiry Based Science Education (IBSE) og den tilsvarende danske betegnelse Undersøgelsesbaseret naturfaglig undervisning (UBNU). En nyttig manual til at arbejde undersøgelsesbaseret er Kompendie: Inquiry Based Science Education (Frisdahl (red.) 2014).

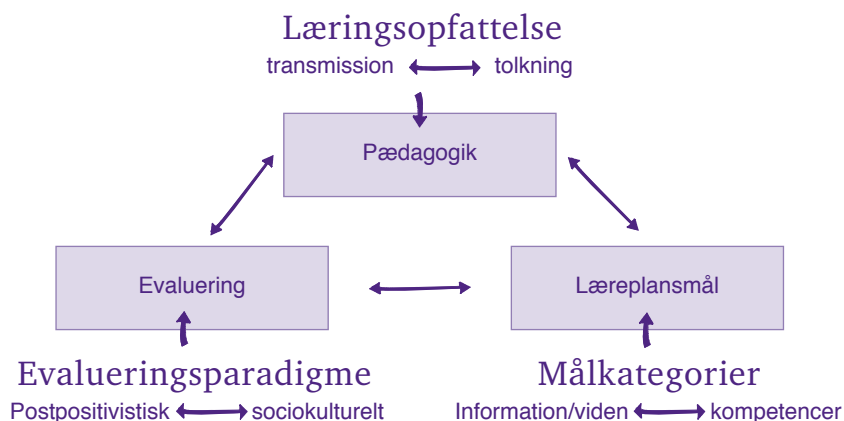
Det er stadig kontroversielt, hvorvidt en undersøgelsesbaseret eller konstruktivistisk baseret undervisning giver en bedre læring i al almindelighed. En del

forskning tyder på det (Anderson 2002), mens andre viser, at velstruktureret, traditionel undervisning giver samme resultat som en undersøgelsesbaseret – hvis man vel at mærke måler resultatet gennem traditionelle tests (Cobern et al 2010). Hvilket ikke er så overraskende – den undersøgelsesorienterede undervisning skal fremme kompetencer, som det er ganske svært at måle med almindelige evalueringsmetoder.

Hvad der derimod er forskningsmæssigt belæg for at sige er, at UBNU virker motivationsfremmende (Minner et al 2010) – og motivation er sammen med selvtillid en af de vigtigste motorer for læring.

Evaluering af kompetencer

Det er i ethvert undervisningssystem helt centralt, at der er overensstemmelse mellem læreplanens mål, den pædagogiske orientering og de anvendte evalueringsformer:



Det er læreplanens mål, der skal drive undervisningen. Undervisningen skal muliggøre, at eleverne tilegner sig de opstillede mål, og evalueringen skal dels fremme læringsprocessen (gennem feedback) og dels tjekke, at de opstillede mål er nået. Dette er kun muligt, hvis der er overensstemmelse mellem de forskellige opfattelser, der findes inden for de tre områder på figuren. Læreplansmål kan formuleres inden for en skala, der går fra information og

viden til kompetencer. Pædagogikken kan baseres på en læringsopfattelse, der spænder fra en transmitterende, hvor eleven præsenteres for det, der skal læres, til en tolkende, hvor eleven selv skal indgå i tolkende processer af det, der skal læres. Endelig kan evalueringen baseres på et såkaldt postpositivistisk paradigme, hvor elevens viden opfattes som absolut, uafhængigt af situationen, eller på et mere sociokulturelt paradigme, der anser elevens viden tæt knyttet til den situation, som de evalueres i – elever kan simpelthen noget forskelligt i forskellige situationer, i klassens hverdag, hjemme i hverdagen, i en gymnastiksal under eksamen etc. Pointen i kravet om overensstemmelse er, at læreplansmål, formuleret i kompetencetermer, kræver en tolkende/undersøgende/konstruktivistisk orienteret pædagogik og evalueringsformer, der matcher den type undervisning. Det gør de almindeligt anvendte evalueringsformer ikke! En almindelig skriftlig test kan ikke evaluere, hvorvidt en elev er i stand til at gennemføre undersøgende processer i naturfag. Der er en meget omfattende forskning inden for dette felt, men fx Krogh og Dolin (2014) giver en gennemgang af problematikken og af de to forskellige evalueringsparadigmer – og hvilken forskel det gør, om man bruger den ene eller den anden tilgang i vurdering af elevens kunnen.

Hvordan kan man så bedømme kompetencer? Helt generelt må kompetencerne bedømmes ved at demonstrere den handlen, de processer, færdigheder og viden, som kompetencen beskriver, i en række specifikke kontekster, sammenholdt med et sæt åbne og anerkendte kriterier. Der må derfor opstilles nogle konkrete, observerbare kriterier for den gode faglige praksis, og der må etableres en relevant situation, hvori praksissen efterprøves. Endelig er det nødvendigt, at der opstilles en (ideel) progression af den kompetente handlen, både for at kunne give elever feedback på et givent niveau med henblik på, at de bliver dygtigere, og for at kunne differentiere den summative evaluering. Se eksempel i Dolin et al (2001).

Problemet med evaluering af kompetencer er dels at beskrive kompetencen så detaljeret, at den kan operationaliseres, men uden at der bliver tale om usammenhængende delfærdigheder eller løsrevne informationer, dels at opstille en relevant situation, hvori kompetencen kan evalueres meningsfuldt, og dels at finde en målemetode, der kan indfange den ønskede kompetence. EU-projektet Assessment in Science, Technology and Mathematics Education (ASSIST-ME) arbejder med at designe formative evalueringsformater til brug i de naturvidenskabelige fag, teknologi og matematik, og fra dens hjem-

meside (www.assistme.ku.dk) kan man løbende hente information og ideer til evalueringspraksis.

Der er to vigtige forskningsresultater vedrørende evaluering, som er relevante her. Det ene vedrører evalueringens afsmitning på undervisningen og på elevernes adfærd. Et dansk forskningsprojekt (Nordenbo et al 2009) viser således, at lærere meget naturligt underviser med henblik på, at deres elever kan bestå de tests, som de udsættes for. Det betyder, at traditionelle tests indsnævrer det faglige stof, forsimples faglige tankegange, betoner faktaviden og mekaniske færdigheder på bekostning af kreative og æstetiske perspektiver, og at undervisningen kan forfalde til træning til testen og udenadslæren. Her er det en vigtig kritik, at hele projektet med de Forenklede Fælles Mål ikke inddrager nye evalueringsformer. Det sætter læreren i et dilemma mellem at undervise efter de ønskede kompetencer, velvidende, at eleverne ikke bliver evalueret efter dem, eller at negligere de nye kompetencemål og undervise eleverne i at kunne bestå de traditionelle evalueringskrav. De fleste vil nok vakle mellem de to tilgange i et utrygt forsøg på at opfylde kravene uden at sælge eleverne.

Det andet forskningsresultat viser, at formativ evaluering (i modsætning til summativ evaluering) er en af de vigtigste veje til at styrke elevers læring og til at forbedre sin undervisning. Det er således vigtigt, at undervisningen inddrager formative evalueringsformer, der kan indfange de kompetencer, der er opstillet i Forenklede Fælles Mål, også selv om de ikke svarer til de evalueringsformer, som er de aktuelt anvendte i Folkeskolen. De vil både være motiverende og læringsfremmende.

Progression i kompetencer

For at kunne evaluere formativt har man brug for "... en fornuftig model for elevers progression i læring af det faglige stof, så de kriterier, der ligger bag ens feedback strategi kan være tilpasset elevernes læringsveje" (Black and Wiliam 1998, p. 37, egen oversættelse).

Progression betyder fremskridt eller fremadskriden og betegner en stigende sværhedsgrad i det, der skal læres. For at kunne tilrettelægge og gennemføre undervisning med stigende sværhedsgrad og for at kunne bedømme fremskridt inden for læring af et emne, er det nødvendigt at have et begreb

om progression. Faglige progressionsopfattelser er ofte knyttet til en faglig systematik, hvor noget fagligt stof anses som grundlæggende, noget som mere avanceret og noget som sværere end andet.

Ofte vil man starte med det, der anses for lettest eller mest grundlæggende, men i den didaktiske tilrettelæggelse af undervisningen behøver der ikke at være overensstemmelse mellem fagets eller kompetencens progression og undervisningsforløbets progression. Andre hensyn såsom motivation eller uddannelsesstruktur kan vægtes lige så højt. Det er fx ikke særligt spændende at starte et fagligt forløb med en lang række definitioner eller grundlæggende begreber, før man begynder at arbejde med mere virkelighedsnære problemstillinger. Og det er en stående diskussion, om man kan lære et fagområde gennem projektforsøg, eller om projektforsøg kun kan lade sig gøre, når man har opbygget et solidt fagligt grundlag. Sådanne diskussioner afspejler i sidste ende forskelle i læringsopfattelser.

Der er grundlæggende to forskellige måder at opbygge en progression på: 1. En generisk, baseret på en kendt taksonomi. Og 2. En fagspecifik, baseret på erfaring/forskning i, hvordan elever lærer emnet.

En taksonomi er en klassificering, en systematisering, ofte hierarkisk ordnet, af et givet område, og der anvendes en række taksonomier inden for uddannelsessystemer til at angive en progression af læring og det lærte. De såkaldte kognitive taksonomier klassificerer videns-/færdighedsformer relateret til kognitive processer for at beskrive niveauer af uddannelsesmål. Den mest udbredte er uden tvivl Blooms taksonomi (se boks 1), som siden sin udgivelse (Bloom 1956) er blevet udviklet og revideret mange gange, senest af Andersen og Krathwohl (2001). En anden meget brugt taksonomi er SOLO-taksonomi (se boks 2), udarbejdet af Biggs og Collis (1982), baseret på, hvordan studerendes skriftlige besvarelser inden for en række fag var struktureret. SOLO står for Structure Of Learning Outcome, og Biggs og Collis fandt, at opgavebesvarelsers struktur på tværs af fag kunne opdeles i fem grupper efter stigende kompleksitet. Begge taksonomier kan bruges til at beskrive udvikling i kompetencer ved hjælp af de verber, der er opskrevet i boksene på næste side.

Viden. At kunne genkende eller gengive et indhold, at kunne huske indhold: Opskrive, benævne, definere, kende, huske, citere.

Forståelse. At kunne forklare betydningen af noget, omstrukturere, sammenfatte og gengive i anden form: Forklare, udtrykke, beskrive, udpege, omskrive, reformulere.

Anvendelse. At kunne overføre kundskaber på nye situationer: Oversætte, anvende, bruge, demonstrere, illustrere, praktisere, skitsere, løse.

Analyse. At kunne forstå strukturen af noget, kunne se mønstre, skelne mellem facts og tolkninger: Analysere, differentiere, sammenligne, kontrastere, relatere, eksaminere, teste.

Syntese. At kunne sammensætte og sammenfatte dele til nye helheder, kreativt skabe ny betydning: Sammensætte, konkludere, foreslå, designe, konstruere, organisere, generalisere.

Vurdering. At kunne bedømme baseret på givne kriterier: Vurdere, bedømme, graduere, udvælge, estimere, kritisere.

Boks 1. Blooms taksonomi med karakteristiske verber for de enkelte niveauer. I den reviderede udgave af taksonomien er synteseniveauet slettet, og i stedet er der som det højeste niveau tilføjet kreativitet, der har mange af syntesens egenskaber.

Abstrakt. Evne til overskridelse og perspektivering.

Eleven generaliserer strukturen til et nyt emne/område: Opstille teorier, generalisere, generere hypoteser.

Relationelt. Beherskelse af overgribende sammenhænge.

Eleven demonstrerer en konsistent forståelse af feltet ved at integrere flere relevante aspekter til en helhed: Integrere, sammenligne, årsagsforklare, analysere, relatere.

Flersidigt struktureret. Beherskelse af mangfoldighed.

Eleven er opmærksom på flere rigtige og relevante aspekter, som behandles rigtigt, men integrerer dem ikke: Strukturere, registrere, udregne, kombinere.

Ensidigt struktureret. Beherskelse af enkeltdele.

Eleven fokuserer på ét aspekt af opgaven, som behandles korrekt: Identificere, udføre.

Ikke-struktureret. Opgaven gribes ikke hensigtsmæssigt an.

Eleven har misforstået og arbejder med irrelevante aspekter og/eller arbejder forkert med relevante aspekter.

Boks 2. SOLO-taksonomien med karakteristiske verber for de enkelte niveauer.

Blooms taksonomi handler om opfyldelse af kognitive krav og SOLO-taksonomien om, hvordan den studerende kan organisere sin viden. En sådan trinvis, lineært opbygget progression kan give den fejlagtige opfattelse, at læring er en lineær proces. Men sådan lærer elever kun sjældent et bestemt fagligt område. Elevers viden om et emne er ofte fragmenteret og usystematisk, og de forskellige elementer i et fagligt område udgør ikke nødvendigvis en logisk sammenhængende kæde, som kan overføres til et undervisningsforløb. Der arbejdes derfor inden for naturfagsdidaktikken med at analysere situationer, hvor elever lærer konkrete faglige emner eller kompetencer, og disse analyser lægges så til grund for en læringsprogression af det pågældende faglige område, se fx Alonzo and Gotwals (2012) for en grundig gennemgang af området. Det siger sig selv, at det er en umulig opgave at analysere, hvordan forskellige elever på forskellige klassetrin konkret lærer den mængde af faglige problemstillinger og vidensområder, der ustandseligt udvides. Det vil derfor ofte være nødvendigt for læreren selv eller – helst – i samarbejde med kollegaer at opstille en progression af det faglige område, som de konkret skal arbejde med.

Modelleringskompetence	Evolution
Fase 1 (7. klasse) Færdighedsmål: Eleven kan anvende modeller til forklaring af naturfaglige fænomener og problemstillinger. Vidensmål: Eleven har viden om naturfaglige modeller.	Fase 1 (7. klasse) Færdighedsmål: Eleven kan med modeller forklare arters udvikling over tid. Vidensmål: Eleven har viden om grundlæggende evolutionære mekanismer.
Fase 2 (8. klasse) Færdighedsmål: Eleven kan udvikle og udvælge naturfaglige modeller. Vidensmål: Eleven har viden om naturfaglige modellers karakteristika.	Fase 2 (8. klasse) Færdighedsmål: Eleven kan med modeller forklare miljøforandrings påvirkning af arters udvikling. Vidensmål: Eleven har viden om faktorer med betydning for arters opståen og udvikling.
Fase 3 (9. klasse) Færdighedsmål: Eleven kan vurdere naturfaglige modellers anvendelighed og begrænsninger. Vidensmål: Eleven har viden om vurderingskriterier for naturfaglige modeller.	Fase 3 (9. klasse) Færdighedsmål: Eleven kan vurdere anvendelighed og begrænsninger ved modeller for arters udvikling. Vidensmål: Eleven har viden om vurderingskriterier for evolutionære modeller.

Boks 3 viser den tiltænkte progression inden for modelleringskompetence i biologi, og hvordan denne kompetence er udfoldet inden for evolution.

Ved udarbejdelsen af de Forenklede Fælles Mål blev arbejdsgruppen, der formulerede kompetencemålene i naturfagene, pålagt at formulere en tre-trins læringsprogression for alle delmålene. Arbejdsgruppen fik udleveret både Blooms taksonomi og SOLO-taksonomien til inspiration, men med påbud om at bruge fagspecifikke termer i så høj grad som muligt og fik ellers frie hænder til at formulere progressionen, så den passede til de pågældende mål. I boks 3 er der vist et eksempel, som er hentet fra biologi.

Afslutning

De grundlæggende mål, som skal styre undervisningen i naturfagene, er formuleret i kompetencetermer. Dette stiller en række krav til undervisningen, som der her er givet en oversigt over. Men kompetencerne er opbygget af viden og færdigheder, som skal anvendes i de komplekse sammenhænge, hvor kompetencerne skal læres. Derfor vil ikke al undervisning være direkte rettet på udvikling af kompetencer – megen viden og mange færdigheder vil stadig læres gennem ret traditionelle metoder, måske med inddragelse af e-læringslementer, således at de ønskede kompetencer opbygges som en akkumulativ proces, bestående af mange varierede undervisningsformer og læringsveje.

Referencer

Alonzo, A. C. and Gotwals, A. (2012). *Learning Progressions in Science. Current challenges and Future Directions*. Rotterdam: Sense Publishers.

Anderson, L.W. and Krathwohl, D. R. (red). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, complete edition*. New York: Longman.

Anderson, R. D. (2002). *Reforming Science Teaching: What Research says about Inquiry*. Journal of Science Teacher Education, 13(1), 1-12.

Biggs, J. and Collis, K. (1982). *Evaluating the Quality of Learning: the SOLO taxonomy*. New York: Academic Press.

Black, P. and Wiliam, D. (1998). Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education*, 5(1), 7-74.

Bloom, B.S. (red). (1956). Taxonomy of educational objectives. *Handbook I: Cognitive domain*. New York: David McKay Company.

Cobern, W. W., Schuster, D., Adams, B., Applegate, B., Skjold, B., Undreiu, A., Loving, C. C. and Gobert, J. D. (2010). Experimental comparison of inquiry and direct instruction in science. *Research in Science & Technological Education*, 28(1), 81-96.

Danmarks Evalueringsinstitut (2012). *Fælles Mål i folkeskolen. En undersøgelse af lærernes brug af Fælles Mål*. København: Danmarks Evalueringsinstitut. Download: <http://www.eva.dk/eva/projekter/2012/laereres-brug-af-faelles-mal/projektprodukter/faelles-mal-i-folkeskolen>

Dolin, J. V., Bangsgaard, T., Rasmussen, A. B., og Trinhammer, O. (2001). *Autentisk fysik*. København: Undervisningsministeriet. Download: <https://dcwww.fysik.dtu.dk/~trinham/Xdrev/slutrapport/autfys.html>

Dolin, Jens og Kaspersen, Peter (2013). *Læringsteorier. I: Damberg, Dolin, Ingerslev og Kaspersen (red.). Gymnasiepædagogik*. København: Hans Reitzels Forlag.

Frisdahl, K. (red.) (2014). *Kompendie: Inquiry Based Science Education. Termer, metoder, tankegange og erfaringer*. København: Institut for Naturfagenes Didaktik. Download: www.ind.ku.dk

Jørgensen, P. S. (1999). Hvad er kompetence? *Dansk Pædagogisk Tidsskrift* (9), 4-13.

Krogh, L. B. og Dolin, J. (2014). *PISA 2006 Science testen og danske elevers naturfaglige for-måen*. VAP-rapport 3. MONA skriftserie. In print.

Minner, D. D., Levy, A. J. and Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction—What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 47, No. 4, pp. 474–496.

Nordenbo, S.E., Allerup, P., Andersen, H.L., Dolin, J., Korp, H., Søgaard Larsen, M., Olsen, R.V., Svendsen, M.M., Tiftikçi, N., Wendt, R.E., & Østergaard, S. (2009). *Pædagogisk brug af test – Et systematisk review . I: Evidensbasen*. København: Dansk Clearinghouse for Uddannelsesforskning, DPU, Aarhus Universitet.

Undervisningsministeriet (u.å.(1997)). *National kompetenceudvikling: Erhvervsudvikling gennem kvalifikationsudvikling*. København: Undervisningsministeriet.

Undervisningsministeriet (1998). *Uddannelse og Erhvervsliv: Handlingsprogram for national kompetenceudvikling*. København: Undervisningsministeriet.

Undervisningsministeriet (2003a). *Fremtidens naturfaglige uddannelser – vision og oplæg til strategi*. København: Undervisningsministeriet. Download: <http://pub.uvm.dk/2003/naturfag/>

Undervisningsministeriet (2003b). *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser. En antologi*. København: Undervisningsministeriet. Download: <http://pub.uvm.dk/2003/naturfag2/>

Undervisningsministeriet (2004). *Fremtidens uddannelser. Den ny faglighed og dens forudsætninger*. København: Undervisningsministeriet. Download: <http://pub.uvm.dk/2004/fremtidens/>

Undervisningsministeriet (2010). *Den danske kvalifikationsramme for livslang læring – et redskab til at få overblik over uddannelser i Danmark*. København: Undervisningsministeriet. Download: <http://www.uvm.dk/Service/Publikationer/Publikationer/Uddannelse-og-undervisning-for-voksne/2010/Kvalifikationsramme>

Undervisningsministeriet (2014). *Nye Forenklede Fælles Mål*. København: Undervisningsministeriet.

www.assistme.ku.dk

At udvikle og evaluere praktisk arbejde i naturfag

Robin Millar

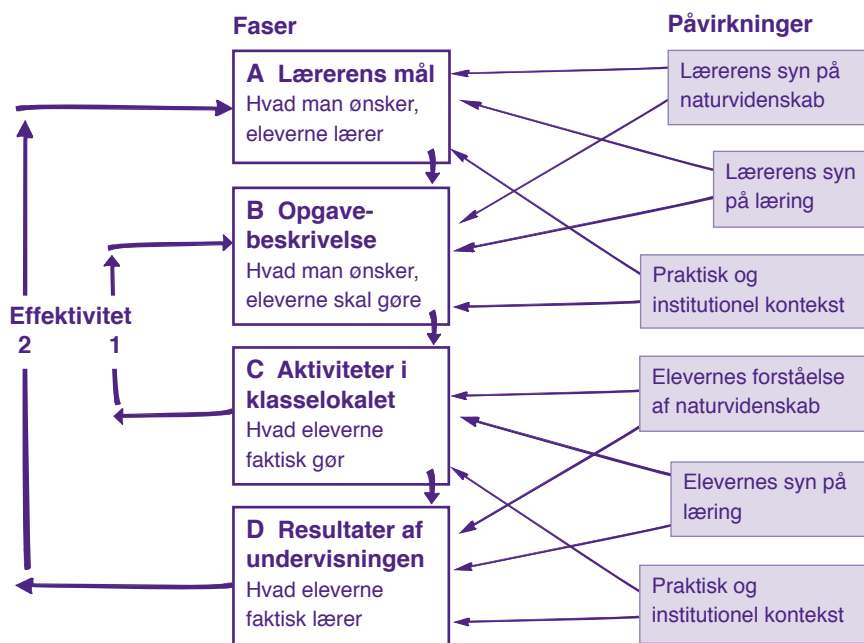
Praktisk arbejde er en væsentlig del af undervisningen i naturfag. I naturfag forsøger vi at udvikle elevernes kendskab til naturen og hjælpe dem til at forstå nogle af de idéer, tankegange, teorier og modeller, som forskere anvender til at forudsige naturens måde at opføre sig på. På grund af dets særlige genstandsområde går undervisning i naturfag i høj grad ud på ikke bare at fortælle, men også 'vise' eleverne ting eller sætte dem i situationer, hvor de kan se noget med egne øjne.

Det foregår nogle gange som praktiske demonstrationer som læreren udfører. Men i dette kapitel ligger mit fokus på praktisk arbejde gennemført af eleverne selv, sædvanligvis i små grupper. I mange lande er det et almindeligt element i undervisningen i naturfag. Mange lærere mener, at praktiske arbejde, der udføres af eleverne, fører til bedre læring – at vi forstår og husker ting bedre, når vi selv har prøvet dem. Mange elever siger også, at de kan lide praktisk arbejde. Imidlertid ved enhver, der har undervist i naturfag, at eleverne ofte ikke lærer det af det praktiske arbejde, som vi håbede, de ville lære. Det har fået nogle naturfagslærere til at stille spørgsmålstegn ved værdien af praktisk arbejde. Osborne (1998) mener, at praktisk arbejde "kun bør spille en nøje afgrænset rolle i naturfag, og at meget af det kun har lille undervisningsmæssig værdi". Hodson (1991) hævder, at de praktiske undersøgelser, "som de gennemføres i mange lande, er dårligt udtænkte, forvirrede og uproduktive. Mange børn får kun lidt ud af, hvad der foregår i naturfagslokalet". Andre har givet udtryk for tilsvarende tvivl. En nøgleformulering i Hodsons kommentar er måske "som de gennemføres". For praktisk arbejde kan være meget vær-

difuldt i naturfagsundervisningen afhængigt af den konkrete sammenhæng. Men bruger vi det praktiske arbejde effektivt¹? For at finde svaret på det spørgsmål må vi først spørge, hvad der menes med 'effektivitet'.

Hvad menes der med 'effektivitet'?

Skal vi forstå, hvor 'effektiv' en undervisnings- eller læringsaktivitet er, må vi se nærmere på de faser, der indgår i tilrettelæggelsen af en sådan aktivitet, og evaluere dens virkning eller gennemslagskraft. Modellen i Figur 1 blev anvendt i det europæiske projekt *Labwork in Science Education* (Millar, Le Maréchal og Tiberghien, 1999).



Figur 1 Faser i udviklingen og evalueringen af praktisk arbejde og de påvirkninger, der gør sig gældende.

Udgangspunktet er de læringsmål, som læreren (eller hvem der nu har tilrettelagt den pågældende aktivitet) har sat sig (boks A i Figur 1): Hvad man ønsker, eleverne skal lære af aktiviteten. Læringsmålene påvirkes af adskillige

¹Millars spørgsmål: "Men bruger vi det praktiske arbejde effektivt?" skal forstås som: Bruger vi det praktiske arbejde på en måde, så vi får mest muligt ud af det? (red.)

forhold: Lærerens syn på naturfag og naturvidenskab (for eksempel hvad han eller hun finder vigtigt at lære den pågældende gruppe af elever); lærerens syn på naturvidenskabens egenart (*the nature of science*) og forskningsprocesser; lærerens syn på læring (for eksempel hvad han eller hun finder egnet til elever i den aldersgruppe og på det niveau, som aktiviteten er tiltænkt; hvordan han eller hun mener, at læring finder sted); og den kontekst som aktiviteten indgår i (for eksempel den aktuelle læseplan; hvordan eleverne bedømmes; de tilgængelige resurser).

Læringsmålene må så 'oversættes' til en aktivitet eller en opgave. Her beskrives, hvad eleverne skal gøre for at nå læringsmålene (boks B). Praktisk arbejde kan beskrives meget detaljeret eller mere løst. Opgavebeskrivelsen er igen påvirket af de samme overvejelser som læringsmålene.

Når aktiviteten eller det praktiske arbejde så gennemføres i klasselokalet, kan vi iagttage, hvad der sker, hvad eleverne *faktisk* gør under aktiviteten eller det praktiske arbejde (boks C). Dette påvirkes igen af adskillige faktorer: Elevernes forståelse af naturvidenskab (hvad de ved om det emne, som aktiviteten handler om; hvor gode de er til at anvende det udstyr, der indgår i aktiviteten osv.); elevernes syn på læring (for eksempel om de opfatter det at lære som at danne betydning ud fra erfaringer eller at modtage viden fra en lærer); og aktivitetens kontekst (læseplanens krav, hvordan eleverne bliver bedømt, det forhåndenværende udstyr osv.). Resultatet kan være, at eleverne gør, som læreren havde forestillet sig, eller resultatet kan være, at eleverne i større eller mindre grad afviger fra lærerens forestilling. Når læreren betragter elevernes praktiske arbejde, bliver det muligvis klart for ham eller hende, at udformningen må ændres, så eleverne gør og ser, hvad det var meningen, at de skulle gøre og se. Dette er den første og mest grundlæggende betydning af effektivitet: Overensstemmelse mellem hvad vi ønsker, at eleverne skal gøre og se, og hvad de rent faktisk gør og ser. Det handler om forholdet mellem boks C og boks B i Figur 1. Vi kan kalde det 'effektivitet 1'.

Men når man taler om en undervisningsaktivitets effektivitet, tænkes der på, i hvilken udstrækning den hjælper eleverne med at lære, hvad vi ønsker, de skal lære. Det handler om forholdet mellem boks D og boks A i Figur 1. Det kan vi kalde 'effektivitet 2'.

Forskellige mål

Når vi overvejer praktisk arbejdes effektivitet, bør vi altså tage udgangspunkt i læringsmålene (boks A i Figur 1). Praktisk arbejde i naturfag har en lang række forskellige læringsmål. Praktisk arbejde kan inddeles i tre hovedtyper alt efter det overordnede læringsmål, som vist i Tabel 1. Nogle aktiviteter kan selvfølgelig have flere læringsmål, der måske omfatter flere end en af de tre hovedtyper.

Type	Hovedformål med det praktiske arbejde
A Udvikling af viden og forståelse	At hjælpe eleverne med at udvikle deres forståelse af naturen og af nogle af de vigtigste idéer, tankegange, teorier og modeller, som videnskaben bruger til at forklare den.
B Træne færdigheder	At hjælpe eleverne med at lære at bruge videnskabeligt udstyr og/eller følge standardiserede naturvidenskabelige metoder.
C Undersøgelsesmetoder	At udvikle elevernes forståelse af naturfaglige undersøgelsesmetoder, for eksempel hvordan en undersøgelse skal udformes, hvordan data skal vurderes og evalueres, hvordan data kan analyseres med henblik på at uddrage konklusioner, og hvordan sikkerheden i disse konklusioner kan bedømmes.

Tabel 1 Inddeling af praktisk arbejde ud fra de vigtigste overordnende læringsmål

I forbindelse med praktisk arbejde af type A (at hjælpe eleverne med at udvikle deres viden om og forståelse af naturen) er der et andet meget vigtigt spørgsmål at forholde sig til. Det grundlæggende formål med praktisk arbejde af type A er at hjælpe eleverne med at skabe forbindelse mellem to områder: Mellem genstande, som kan ses og røres på den ene side og naturvidenskabelige tankegange og teorier (*domain of ideas*) på den anden side, som ofte omfatter lovmæssigheder og abstrakte sammenhænge, som vi ikke kan iagttage direkte (Figur 2).



Figur 2 Praktisk arbejde støtter eleverne i at danne forbindelse mellem to vigtige områder (Tiberghien, 2000).

For noget praktisk arbejde spiller de naturvidenskabelige tankegange og teorier en relativt lille rolle. I den slags aktiviteter er det ganske enkelt hensigten, at eleverne skal observere en genstand, et materiale eller en proces og lægge mærke til og huske bestemte ting. Men i forbindelse med andre aktiviteter ønsker vi at hjælpe eleverne til at udvikle deres forståelse af nogle af de tankegange og teorier, som naturvidenskaben og naturfag anvender til at beskrive eller forklare observationerne. I den slags aktiviteter er det lige så vigtigt, at eleverne reflekterer, som at de observerer og håndterer – her lærer eleverne kun noget, hvis undersøgelsen ikke blot er 'hands on', men også 'minds on'. Bedømmelsen af effektiviteten af denne type aktiviteter kræver, at vi inddrager begge områder i Figur 2. Bruger vi begreberne fra effektivitetsmodellen i Figur 1, må vi se på, hvad eleverne 'gør' med teorierne, lige så vel som hvad de gør med genstande og materialer (boks C). Og vi må se på, hvor godt det praktiske arbejde støtter deres læring af teorier og begreber og ikke blot deres evne til at huske det, de har observeret (boks D).

Tabel 2 viser dette mere detaljeret.

Praktisk arbejde er ...	i forhold til genstande, der kan ses og røres	i forhold til naturvidenskabelige tankegange og teorier
... effektivt i betydning 1	Når eleverne gør, hvad der var tilsigtet med genstande og materialer, og observerer det, der var tænkt, de skulle observere.	Når eleverne undervejs i arbejdet tænker over, hvad de gør og observerer, mens de trækker på aktivitetens tilsigtede og implicite teorier.
... effektivt i betydning 2	Når eleverne efterfølgende kan huske og beskrive, hvad de gjorde og observerede undervejs i arbejdet.	Når eleverne efterfølgende kan diskutere aktiviteten og anvende de teorier, som det var tiltænkt at udvikle, eller som lå implicit i det (og evt. kan vise forståelse af disse teorier i andre sammenhænge).

Tabel 2 Tegn på 'effektivitet' i begge betydninger og på begge områder.

Tabel 2 opsummerer hvilke tegn på læring og dermed 'effektivitet', der kan tilstræbes i hver af de betydninger, der er beskrevet ovenfor – og i hvert af de to områder.

Evaluering og forbedring af praksis

I dette kapitel har jeg forsøgt at udfolde idéen om 'effektivitet' i sammenhæng med praktisk arbejde i naturfag. Formålet er at udvikle klare rammer for vurdering af gældende praksis og at forbedre den fremtidige praksis. Nogle nøglepunkter, der kan uddrages af ovenstående analyse, er:

1. Praktisk arbejde er så forskelligartet, at det ikke giver nogen mening at spørge, om det generelt er 'effektivt' som undervisnings- og læringsmiddel. Vi må hellere spørge, om den enkelte aktivitet er effektiv.
2. Udgangspunktet for vurdering af praktisk arbejdes effektivitet ligger i det konkrete praktiske arbejdes læringsmål – hvad eleverne forventes at lære af det. Ofte er det ikke formuleret klart eller præcist. Det er en god idé for lærere, så nøje som muligt, at analysere det praktiske arbejde, de inddrager eller planlægger at inddrage, og at prøve at bestemme læringsmålene så præcist som muligt. Et valg af en bestemt praktisk aktivitet i undervisningen vil altid være en afvejning af, hvordan et eller flere bestemte læringsmål bedst nås.
3. Den mest grundlæggende betydning af 'effektivitet' går på, om eleverne gør, som det var tænkt, de skulle gøre, når de udfører praktisk arbejde. De to områder i Figur 2 understreger, at vi i forbindelse med praktisk arbejde både må overveje, hvad vi ønsker, eleverne skal gøre, og hvad de rent faktisk gør – både med de involverede naturvidenskabelige tankegange, teorier og genstande.
4. En anden betydning af 'effektivitet' er, om eleverne lærer det, vi håber. Praktisk arbejde, som i høj grad inddrager tankegange og teorier (Figur 2 og Tabel 2) stiller betydeligt større krav til læringen (Leach and Scott, 1995) end aktiviteter, hvis formål ganske enkelt er at få eleverne til at observere og huske en hændelse. I den slags praktisk arbejde vil eleverne sandsynligvis have brug for hjælp til at anvende eller udvikle de teorier, der giver aktiviteterne mening og fører til læring. Praktisk arbejde med den slags indbygget 'stillads' vil ofte være mere effektivt end det, der foregår uden. Hvad angår 'effektivitet 2' (Figur 1) på teoriernes område, må vi også være realistiske i forhold til, hvad der kan forventes. Det ville være urimeligt at forvente 'langtidsholdbar' læring af naturvidenskabelige teorier efter et enkelt, ofte relativt kort, praktisk arbejde. Det giver mere mening at betragte læring som et resultat af en række af undervisningsaktiviteter, der rummer mange forskellige typer af praktisk arbejde, som gen-

nemføres på et passende tidspunkt, dvs. på et tidspunkt, hvor de fleste af eleverne i en klasse vil være i stand til at nå det ønskede læringsmål. På samme måde er læringen af konceptuelle idéer sjældent noget, der sker på én gang og så sidder fast for altid. De fleste elever bevæger sig ikke fremad på en lineær og forudsigelig vej fra deres forhåndsviden mod de naturvidenskabelige tankegange og teorier, som vi ønsker, de skal lære at forstå og anvende. Alt dette gør det vanskeligt at måle effektivitet i betydning 2. Ikke desto mindre bør vi holde os for øje, at formålet med meget praktisk arbejde er at bidrage betydeligt til udviklingen af elevernes forståelse af tankegange og teorier, og til deres almene dannelse - og ikke blot til deres faktuelle viden om naturen. Og vi bør overveje, hvordan vi kan udforme og gennemføre praktisk arbejde med større chancer for, at dette sker.

5. De andre nøglepunkter, der kan udledes af Figur 1, er, at alle faser i den proces, det er at udvikle og evaluere praktisk arbejde, påvirkes af generelle tanker om naturfag, læring og om sammenhæng eller kontekst – og at Fase B forudsætter kreativ tænkning hos læreren. Selv når læringsmålene er givet (boks A), findes der mange måder at udforme et praktisk arbejde eller en opgave på for at nå disse mål. Derfor er det gavnligt at overveje forskellige aspekter af det praktiske arbejde og af de valg og beslutninger, der træffes, da ændringer af dem kan medføre betydelige konsekvenser for en opgaves eller en aktivitets effektivitet. Dette undersøges nærmere i næste kapitel.

Referencer

Hodson, D. (1991): Practical work in science: Time for a reappraisal, i: *Studies in Science Education*, 19, 175-184, Routledge.

Leach, J. og Scott, P. (1995): The demands of learning science concepts: Issues of theory and practice, i: *School Science Review*, 76(277), 47-52, The Association for Science Education.

Millar, R., J.-F. Le Maréchal og A. Tiberghien (1999): Mapping the domain: Varieties of practical work, i: Leach, J. og A.C. Paulsen (red.), *Practical work in science education – Recent research studies*, 33-59, Roskilde: Roskilde University Press, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Osborne, J. (1998): Science education without a laboratory? I: Wellington, J.J. (red.), *Practical work in school science*. Which way now?, 156-173. London, Routledge.

Tiberghien, A. (2000): Designing teaching situations in the secondary school, i: Millar, R., J. Leach og J. Osborne (red.), *Improving science education: The contribution of research*, 27- 47, Buckingham: Open University Press.

Læringsmål, tilrettelæggelse og præsentation – en beskrivelse af nuancerne i praktisk arbejde

Robin Millar

I forrige kapitel argumenteredes der for, at enhver diskussion af effektiviteten af praktisk arbejde i naturfag må fokusere på de enkelte praktiske aktiviteter og opgaver. De er så forskellige i formål og type, at ethvert generelt udsagn om praktisk arbejdes effektivitet betragtet som et hele vil være ret utroværdigt. Skal vi vurdere enkelte praktiske aktiviteter, er det nyttigt at have en systematisk måde at kategorisere dem og beskrive deres hovedkarakteristika på. Det vil for eksempel gøre det muligt for læreren at evaluere praktisk arbejde ved at fokusere på de valg, der ligger implicit i aktiviteternes udformning. Er man som lærer bevidst om disse valg, er det muligt at se, hvordan aktiviteterne vil kunne ændres, så de kan blive mere interessante og engagerende for eleverne eller mere effektive i forhold til at udvikle elevernes viden og færdigheder.

Når vi kategoriserer og beskriver praktisk arbejde, skal vi for det første overveje aktivitetens læringsmål og for det andet tage højde for forskellige nøgleaspekter i udformningen af aktiviteten og i præsentationen¹ af den for eleverne. Tabel 1 er en skitse til et klassifikationssystem, som kan bruges til at analysere praktisk arbejde i undervisningen. Systemet stammer fra en tidligere version, der blev udviklet til brug i det europæiske projekt *Labwork in Science Education* (Millar, Le Maréchal og Tiberghien, 1999).

¹ Millars udtryk, "at præsentere aktiviteten for eleverne" skal forstås både som det at introducere aktiviteten for eleverne, og det at reflektere over aktiviteten sammen med eleverne. Se Tabel 1 (red.)

1	Læringsmål <i>Ønsket resultat af undervisningen</i>
2	Udformning 2.1 Åbenhed/lukkethed 2.2 Logisk struktur 2.3 De naturvidenskabelige teoris betydning 2.4 Hvad eleverne skal 'gøre' med genstande og materialer 2.5 Hvad eleverne skal 'gøre' med teorier Præsentation 2.6 Elevernes bevidsthed om formålet med forsøget 2.7 Forklaring af opgaven for eleverne 2.8 Diskussion før aktiviteten 2.9 Diskussion efter aktiviteten 2.10 Elevernes notater i forbindelse med aktiviteten

Tabel 1 Elementer i klassifikationssystemet til analyse af praktisk arbejde i naturfag

Læringsmål

Praktisk arbejde anvendes i naturfag til mange forskellige formål. Hodson (1990) nævner, at naturfagslærere anvender praktisk arbejde af følgende grunde:

1. for at motivere eleverne ved at stimulere deres interesse og engagere dem
2. for at undervise i laboratorie-færdigheder
3. for at øge elevernes viden om naturvidenskab
4. for at formidle indsigt i naturfaglige undersøgelsesmetoder og udvikle evnen til at anvende dem
5. for at udvikle en 'videnskabelig holdning' karakteriseret ved fordomsfrihed og objektivitet.

Selvom det er væsentligt at stimulere elevernes interesse og engagere dem, er det kun sjældent det eneste formål med praktisk arbejde. Sædvanligvis ønsker vi at udvikle elevernes viden og færdigheder og at gøre det på en måde, der også er interessant og engagerende, hvilket vil kunne øge elevernes motivation for at lære naturfag. Hodsons femte grund er ligeledes en mere generel bestræbelse – noget vi gerne ser som en følge af elevernes erfaring med praktisk arbejde i det hele taget, men som næppe kan udgøre

det eneste eller bare hovedformålet med en enkelt praktisk aktivitet. De tre primære læringsmæssige formål med praktisk arbejde er punkt 2, 3 og 4 på Hodsons liste. Men nogle af disse overordnede læringsmæssige formål kan underopdeles yderligere for at præcisere læringsmålene mere detaljeret. Figur 1 viser en måde at gøre det på.

Formål <i>Generelt beskrevet</i>	Skriv '1' for hovedformål; '2' for et evt. underordnet formål	Læringsmål <i>Mere specifikt</i>	Afkryds kun ét felt i hver gruppe
A Formålet med denne aktivitet er, at eleverne udvikler deres viden om og forståelse af naturen		Eleverne kan huske et træk, som kan observeres ved en genstand, et materiale eller en hændelse	
		Eleverne kan huske et 'mønster' i observationerne (for eksempel lighed, forskel, tendens eller sammenhæng)	
		Eleverne udviser forståelse af en videnskabelig teori, et begreb, en forklaring eller en model	
B Formålet med denne aktivitet er, at eleverne lærer at anvende udstyr eller følge en standardiseret procedure		Eleverne kan anvende udstyr eller følge en procedure, som de ikke har forudgående erfaring med	
		Eleverne er bedre til at anvende udstyr eller følge en procedure, som de har forudgående erfaring med	
C Formålet med denne aktivitet er, at eleverne udvikler deres forståelse af den naturfaglige tilgang til undersøgelser (og naturvidenskabelig forskning)		Eleverne har en bedre generel forståelse af naturfaglige undersøgelsesmetoder	
		Eleverne har en bedre forståelse af bestemte aspekter af naturfaglige undersøgelsesmetoder	*

* Udfyld tabellen på næste side, hvis du har sat kryds i dette felt

Figur 1

Bestemte aspekter af naturfaglige undersøgelser og naturvidenskabelig forskning	Afkryds alle der passer
Hvordan formuleres et godt spørgsmål?	
Hvordan planlægges en metode til indsamling af data, som kan besvare et spørgsmål?	
Hvordan vælger man udstyr til en undersøgelse?	
Hvordan præsenteres data klart?	
Hvordan analyseres data for at finde eller vise mønstre?	
Hvordan drages og fremlægges konklusioner baseret på data?	
Hvordan vurderer man, hvor meget tillid man kan have til en konklusion?	

Figur 1 (fortsat) Bestemmelse af et praktisk arbejdes læringsmål

Første skridt i brugen af Figur 1 er en overvejelse af, om formålet med det praktiske arbejde generelt betragtet er at hjælpe eleverne med at:

- A. udvikle deres viden om og forståelse af naturen
- B. lære at anvende laboratorieudstyr eller at træne en praktisk færdighed
- C. udvikle deres forståelse af naturfaglige undersøgelsesmetoder

Dette markeres ved at skrive '1' i en af de tre bokse i den anden kolonne i figuren. Hvis det praktiske arbejde har et underordnet mål, kan det markeres med '2'. Vi bestemmer så læringsmålet mere præcist ved at krydse af i kolonnen til højre. Hvis den nedre boks for det mere generelle formål C afkrydses, kan formålet præciseres yderligere i boksen nedenfor.

Praktisk arbejde, hvis hovedformål er A (at hjælpe eleverne til at udvikle deres viden om og forståelse af naturen), varierer betydeligt med hensyn til læringskrav eller sværhedsgrad. Hvis formålet er, at eleverne skal observere en genstand, et materiale eller en hændelse, som de ikke har set eller betragtet så nøje før, og at de skal kunne huske, hvad de ser, så er læringskravet eller sværhedsgraden relativt lavt. Mange elever vil i nogen tid kunne huske, hvad de har set, og jo mere overraskende eller slående observationen er, desto længere vil eleverne sandsynligvis huske den. Men hvis læringsmålet er at hjælpe eleverne til at udvikle deres forståelse af naturvidenskabelige teo-

rier, begreber eller modeller, er læringskravet eller sværhedsgraden meget større. Meget praktisk arbejde er relativt ineffektivt, fordi læreren undervurderer, hvilken udfordring det er for eleverne at få deres observationer til at give mening. Den forestilling, at forklaringerne 'udgår' fra observationerne er blevet kaldt 'induktionens vildfarelse' (Driver, 1983). En nyere undersøgelse viser imidlertid, at disse forskellige niveauer i læringskrav eller sværhedsgrad ikke afspejles i lærerens udformning af det praktiske arbejde eller i den måde, som lærerne præsenterer det praktiske arbejde for eleverne på (Abrahams og Millar, 2008).

Når hovedformålet med praktisk arbejde er C (at hjælpe eleverne med at udvikle deres forståelse af naturfaglige undersøgelsesmetoder og naturvidenskabelig forskning), synes der ofte at være en udtalt tro på, at 'øvelse gør mester' – at eleverne alene ved at udføre deres egne undersøgelser vil blive bedre til at planlægge og gennemføre dem. Men forskningen synes at vise, at læringen bliver mere effektiv, når det er læreren, der udpeger og underviser i bestemte aspekter af naturfaglige undersøgelsesmetoder (Watson, Wood-Robinson og Nicolaou, 2006; Millar, in press). Bestemmelsessystemet i Figur 1 for aktiviteter af type C har til hensigt at tilskynde og inspirere til overvejelser over læringsmål i forhold til naturfaglige undersøgelser.

Lærerens udformning og præsentation af praktisk arbejde i undervisningen

Åbenhed/lukkethed

En hyppigt fremsat kritik af praktisk arbejde i naturfag går på den overdrevne tillid til 'køgebogsopgaver', hvor man bare skal følge opskriften – hvor eleverne får detaljerede instrukser om, hvad de skal gøre, ofte i form af et arbejds-papir (se for eksempel Hofstein og Lunetta, 2004: 40). Når eleverne udfører den slags aktiviteter, mister de ofte det overordnede formål af syne og ender med at følge instrukserne mekanisk og uden omtanke.

Tabel 2(A) kan bruges til at beskrive, hvordan hver fase eller hvert aspekt af et praktisk arbejde bestemmes. Den midterste kolonne kan også omfatte situationer, hvor læreren kommer med generelle retningslinjer, men overlader nogle beslutninger til eleverne. Dette kan så sammenfattes i Tabel 2(B) for at få én enkelt indikation af graden af åbenhed/lukkethed i undersøgelsen.

A)

Aspekt af praktisk opgave	Efter lærerens instruks	Afgjort efter lærer-elev-diskussion	Besluttet af eleverne
	(Afkryds kun ét felt ud for hvert aspekt)		
Hvilket spørgsmål der skal besvares			
Hvilket udstyr der skal anvendes			
Hvilken procedure der skal følges			
Hvilken metode de indsamlede data skal behandles efter			
Fortolkning af resultaterne			

B)

Graden af åbenhed/lukkethed	Afkryds kun ét felt
Detaljerede instrukser	
Der sættes rammer, men nogle beslutninger overlades til eleverne	
Spørgsmålet eller problemet er givet, men eleverne må afgøre fremgangsmåden	
Eleverne vælger spørgsmålet og beslutter fremgangsmåden	

Tabel 2 Graden af åbenhed/lukkethed i praktisk arbejde**Logisk struktur**

Et andet vigtigt aspekt af praktisk arbejde er, i hvilken grad det er styret af data eller tankegange og teorier (Tabel 3). Begynder aktiviteten med indsamling af data i form af observationer og målinger 'for at se, hvad der sker'? Eller begynder aktiviteten med overvejelser om hvad der kan forventes, for så at indsamle data med henblik på at undersøge om, forventningen holdt stik? Den sidstnævnte slags undersøgelser er mere egnede til at integrere tanke og handling. Og, som nævnt tidligere, er der en risiko for, at aktiviteter, som tager udgangspunkt i data, kan blive styret af det, Driver (1983) kalder 'induktionens vildfarelse', det vil sige den forestilling, at forklaringer udgår

fra observationer. Har man denne forestilling, undervurderer man i betydelig grad udfordringen for eleverne. En naturfaglig forklaring eller sammenhæng kan være indlysende for læreren, som allerede kender den, men den behøver overhovedet ikke at være indlysende for eleverne. Hvis mange praktiske aktiviteter, som det synes at være tilfældet, er ineffektive i forhold til elevernes udvikling af forståelse af tankegange, teorier og forklaringer, så kan en del af forklaringen ligge i de anvendte læringsaktiviteters logiske struktur. Derfor kan det være nyttigt at overveje aktivitetens logiske struktur – særligt når formålet er at udvikle forståelse af naturvidenskabelige tankegange og teorier. Det tredje alternativ i Tabel 3 tager højde for, at nogle aktiviteter ikke uden videre falder ind under en af de to øvrigt beskrevne kategorier.

Logisk struktur	Afkryds kun ét felt
Indsaml og overvej derefter hvordan de kan sammenfattes eller forklares	
Formuler et spørgsmål eller lav en forudsigelse; indsaml data for at undersøge eller teste	
Andet Forklar kort: _____	

Tabel 3 Logisk struktur i praktisk arbejde – styret af data eller tankegange og teorier?

De naturvidenskabelige tankeganges og teories betydning

Dette aspekt må overvejes samtidig med at den konkrete aktivitets læringsmål overvejes. For de aktiviteter, hvis generelle formål er 'A: At hjælpe med at udvikle elevernes viden om og forståelse af naturen' og hvis mere specifikke læringsmål er, at 'eleverne kan udvise forståelse af en naturvidenskabelig teori, et begreb, en forklaring, eller en model', stiller væsentligt højere krav end de praktiske aktiviteter, hvor vi ganske enkelt ønsker, at eleverne skal kunne huske en observeret hændelse eller et enkelt mønster i observationerne. De aktiviteter, hvis generelle formål er 'C: At hjælpe eleverne til at udvikle forståelse af naturfaglige undersøgelsesmetoder', vil altså stille betydeligt større krav til læringen, hvis de forudsætter forståelse af naturvidenskabelige tankegange, teorier og forklaringer, end hvis aktiviteterne hviler på dagligdags forestillinger og principper. Selv aktiviteter med det generelle formål 'B: At hjælpe eleverne til at anvende laboratorieudstyr eller følge en standardiseret

procedure' kan være vanskelige, hvis de forudsætter forståelse af, hvordan udstyret virker eller proceduren er. I forbindelse med enhver praktisk aktivitet er det derfor nyttigt at spørge, hvor vigtig forståelsen af naturvidenskabelige teorier er for at kunne gennemføre aktiviteten. Tabel 4 viser en måde hvorpå man kan sammenfatte denne vurdering.

Betydningen af at eleverne forstår de naturvidenskabelige tankegange og teorier for at kunne gennemføre aktiviteten	Afkryds kun ét felt
Afgørende	
Rimelig	
Ikke afgørende	
Uden betydning	

Tabel 4 De naturvidenskabelige tankeganges og teories betydning

Hvad eleverne skal gøre med genstande og materialer

Som det fremgik af diskussionen i forrige kapitel, går praktisk arbejde i høj grad ud på, at eleverne håndterer genstande og materialer. Faktisk kan det betragtes som selve definitionen på praktisk arbejde. Men hvad eleverne skal gøre, kan være meget forskelligt. Tabel 5 viser en måde at beskrive, hvad eleverne skal gøre i en given aktivitet. Kategorierne udelukker ikke hinanden; tværtimod kan det være nødvendigt at afkrydse flere af dem. Det kan være en god ide for den enkelte lærer at analysere alle de praktiske aktiviteter, hun anvender i forbindelse med et bestemt emne i naturfag eller i løbet af skoleåret, med det formål at vurdere, om det praktiske arbejde er varieret nok.

Hvad eleverne skal 'gøre' med genstande og materialer	Afkryds alle der passer
Anvende et observations- eller måleinstrument	
Følge en standardiseret procedure	
Præsentere eller fremvise en genstand eller et materiale	
Fremstille en genstand	
Fremstille en prøve på et materiale eller et stof	
Få en hændelse til at finde sted (fremstille et fænomen)	
Observere et aspekt eller en egenskab ved en genstand, et materiale eller en hændelse	
Måle en mængde	

Tabel 5 Hvad eleverne skal 'gøre' med genstande og materialer i en given praktisk aktivitet

Hvad eleverne skal 'gøre' med naturvidenskabelige tankegange og teorier

I praktisk arbejde skal eleverne ikke kun 'gøre' noget med genstande og materialer, men de skal også 'gøre' noget med de naturvidenskabelige tankegange og teorier. Af de grunde, som er beskrevet ovenfor, kan det være nyttigt for den enkelte lærer at analysere en række praktiske aktiviteter i forhold til dette aspekt for at se, hvor varierede aktiviteterne er. Tabel 6 viser en række bestemmelseskategorier, der er egnede til dette formål. Igen kan det være hensigtsmæssigt at afkrydse flere af dem.

Hvad eleverne skal 'gøre' med de naturvidenskabelige tankegange og teorier	Afkryds alle der passer
Rapportere om observationerne ved hjælp af fagsprog	
Identificere en lighed eller en forskel	
Undersøge virkningen af udfaldet af en bestemt ændring (for eksempel ved at anvende andre genstande, materialer eller procedurer)	
Undersøge hvordan et udfald ændrer sig med tiden	
Undersøge hvordan et udfald ændrer sig, når der bevidst ændres på en variabel	
Undersøge hvordan et udfald ændrer sig, når der bevidst ændres to eller flere variable	
Udforme en målings- eller observationsprocedure	
Finde en værdi for en afledt mængde (det vil sige en mængde, der ikke kan måles direkte)	
Opstille og/eller teste en hypotese	
Afgøre om en given forklaring passer på en bestemt, observeret situation	
Afgøre hvilken af to (eller flere) forklaringer der passer bedst på data	
Foreslå en mulig forklaring på data	

Tabel 6 Hvad eleverne skal 'gøre' med tankegange og teorier i en given praktisk aktivitet

Elevernes bevidsthed om formålet med praktisk arbejde

Lad os nu gå videre fra udformningen af praktisk arbejde til lærerens præsentation af det for den enkelte klasse. Et væsentligt aspekt i lærerens præsentation af en aktivitet skal findes i elevernes bevidsthed om det praktiske arbejdes formål: Kan de se, hvorfor de udfører det konkrete praktiske arbejde i naturfagstimen? Er det praktiske arbejde en måde at svare på et spørgsmål, som eleverne allerede overvejer, eller en måde at undersøge et emne, som eleverne er blevet interesseret i, eller er det praktiske arbejde bare, 'hvad læreren bad os om at gøre i dag'? Tabel 7 viser nogle kategorier, der kan anvendes til at sammenfatte disse spørgsmål i forhold til en given praktisk aktivitet.

Hvordan kommunikeres formålet til eleverne?	Afkryds kun ét felt
Aktiviteten er foreslået af læreren uden tydelig forbindelse til den forudgående undervisning	☐
Aktivitetsens formål er forklaret af læreren og sat i tydelig forbindelse til den forudgående undervisning	☐
Læreren anvender klasses Diskussion til at hjælpe eleverne med at forstå, hvordan aktiviteten kan besvare et interessant spørgsmål	☐
Formålet med aktiviteten fremgår tydeligt for eleverne af den forudgående undervisning	☐
Aktiviteten er foreslået og bestemt af eleverne efter forudgående diskussion	☐

Tabel 7 Elevernes bevidsthed om formålet med en given praktisk aktivitet

Introduktion af praktiske arbejde for eleverne

Lærere bruger forskellige metoder, når de skitserer og introducerer praktisk arbejde for eleverne. Det praktiske arbejde kan forklares mundtligt med anvendelse af skrevne instrukser eller diagrammer, vist på tavlen eller på en skærm. En anden almindelig praksis er at bruge et arbejdsblad. Læreren kan også beslutte at demonstrere udstyr og procedurer, inden eleverne selv går i gang. Tabel 8 viser disse muligheder.

Hvordan introduceres eleverne til praktisk arbejde?	Afkryds alle der passer
Mundtligt af læreren	☐
Skrevne instrukser på tavle eller projektor	☐
Arbejdsblad	☐
Hele eller dele af aktiviteten demonstreres på forhånd af læreren	☐

Tabel 8 Hvordan det praktiske arbejde introduceres for eleverne

Diskussion før og efter praktisk arbejde

Mange undervisere i naturfag har fremført det synspunkt, at størsteparten af den læring, der sker i forbindelse med praktisk arbejde, finder sted under den diskussion, som følger efter selve aktiviteten. Det gælder i særdeleshed, hvis aktiviteten sigter på at udvikle elevernes forståelse af naturvidenskabelige tankegange og teorier. Diskussionen før og efter praktisk arbejde er altså meget vigtig. Kategorisering af det praktiske arbejde i forhold til denne dimension sætter fokus på, at samtale og diskussion i forbindelse med praktisk arbejde betyder mindst lige så meget som selve udførelsen. Tabellerne 9 og 10 viser nogle kategorier, der kan være nyttige i denne sammenhæng. For begge tabeller gælder, at mere end en enkelt kategori kan passe. En nylig undersøgelse (Abrahams og Millar, 2008) viste, at hovedparten af samtalen før praktisk arbejde handler om, hvilket udstyr og hvilke procedurer eleverne skal anvende, og at meget lidt (og ofte slet intet) handler om, hvilke tankegange og teorier eleverne skal kende til, for at aktiviteten giver mening for dem. Desuden viste undersøgelsen, at der under og efter det praktiske arbejde næsten ikke var nogen diskussion om arbejdets udformning, undersøgelsesmetode, om kvaliteten af de indsamlede data eller om, hvilken tillid, man kan have til resultater og konklusioner. For observatøren synes det tydeligt, at lærerne ikke gjorde brug af det praktiske arbejdes mange oplagte muligheder for at fremhæve og undersøge naturfaglige ideer, begreber og undersøgelsesmetoder. Bestemmelseskategorierne i Tabel 9 og 10 har til hensigt at sætte fokus på behovet for at diskutere relevante teorier og naturfaglige undersøgelsesmetoder før gennemførelsen af det praktiske arbejde og på mulighederne for i en efterfølgende diskussion at udvikle elevernes forståelse af naturfaglige undersøgelsesmetoder og naturvidenskabelig forskning. Abrahams og Millar (2008) fandt også adskillige eksempler på kategori 3 i Tabel 10: At læreren gentager og demonstrerer hele aktiviteten, efter at eleverne selv har udført den. Det synes at være en meget risikabel praksis, hvis den gentages ofte, da eleverne måske begynder at forvente, at denne gentagelse finder sted, og derfor vil være mindre optagede af at lære af deres eget praktiske arbejde og blot vente på, at læreren gennemgår.

Diskussion før praktisk arbejde	Afkryds alle der passer
Ingen	
Om det udstyr og de procedurer, der skal anvendes	
Om relevante idéer, begreber, teorier og modeller	
Om aspekter af naturfaglige undersøgelsesmetoder, der har forbindelse til det praktiske arbejde	

Tabel 9 Klassediskussion *før* praktisk arbejde

Diskussion efter praktisk arbejde	Afkryds alle der passer
Ingen	
Om at bekræfte 'hvad vi har set'	
Centreret omkring lærerens gentagelse af aktiviteten	
Om hvordan observationerne kan forklares, og om hvilke naturvidenskabelige tankegange og teorier aktiviteten 'handler om'	
Om aspekter af aktivitetens udformning, kvaliteten af data, tillid til konklusionerne osv.	

Tabel 10 Klassediskussion *efter* praktisk arbejde

Elevernes notater i forbindelse med praktisk arbejde

Et sidste aspekt af lærerens præsentation af det praktiske arbejde angår de notater, der gøres undervejs i det praktiske arbejde (Tabel 11). Som det var tilfældet med adskillige af de ovenfor diskutererede aspekter, er hensigten med disse kategorier at motivere til at reflektere over, hvordan man som lærer kan variere de forskellige praktiske aktiviteter, som man anvender i sin undervisning.

Elevernes notater om det praktiske arbejde	Afkryds kun ét felt
Ingen	
Notater efter elevens ønske	
Et udfyldt arbejdsblad	
Skriftlig rapport med given struktur og format	
Skriftlig rapport i format efter elevens valg	

Tabel 11 Elevernes notater om det praktiske arbejde

Anvendelse af klassifikationssystemet

Formålet med dette klassifikationssystem for praktisk arbejde er at give lærere eller andre interesserede mulighed for systematisk at revidere praktiske aktiviteter, som de anvender eller overvejer at anvende i undervisningen. Klassifikationskategorierne sætter fokus på nøglespørgsmål og er valgt på baggrund af publiceret forskning om praktisk arbejde i naturfag. Kategorierne afspejler forskellige naturfagsdidaktiske aspekter, som naturfagslærere og forskere har tillagt værdi. Tabellerne kan samles til et enkelt planlægningsværktøj, som giver en detaljeret beskrivelse af praktisk arbejdes udformning og præsentation. Planlægningsværktøjet kan ses på de næste sider. Værktøjet kan tydeliggøre de valg, som ligger implicit i det praktiske arbejdes udformning og præsentation, og det kan hjælpe læreren til at få øje på ændringsmuligheder, så effektiviteten øges. Anvendes planlægningsværktøjet på en række praktiske aktiviteter (der for eksempel finder sted i løbet af et skoleår), kan det give læreren et fingerpeg om aktiviteternes ensartethed eller forskellighed, hvilket kan føre til, at læreren reviderer eller ændrer på aktiviteternes udformning, læringsmål eller præsentation.

Planlægningsværktøj til praktisk arbejde

Udformning

Aktivitetsnummer	1	2	3	4	5
1 Graden af åbenhed/lukkethed (afkryds kun ét felt)					
Detaljerede instrukser					
Der sættes rammer, men nogle beslutninger er overladt til eleverne					
Spørgsmålet eller problemet er givet, men eleverne må afgøre fremgangsmåden					
Eleverne vælger spørgsmål og beslutter fremgangsmåden					
2 Logisk struktur (afkryds kun ét felt)					
Indsaml data om en situation, overvej derefter, hvordan den kan sammenfattes eller forklares					
Anvend dine egne ideer til at formulere et spørgsmål eller en forudsigelse; indsaml data for at undersøge eller teste					
Andet:					
3 Betydningen af at eleverne forstår de naturvidenskabelige teorier (for at kunne gennemføre aktiviteten) (afkryds kun ét felt)					
Afgørende					
Rimelig					
Ikke afgørende					
Uden betydning					
4 Hvad eleverne skal 'gøre' med genstande og materialer (afkryds alle der passer)					
Anvende et observations- eller måleinstrument					
Følge en standardiseret procedure					
Præsentere eller fremvise en genstand eller et materiale					
Fremstille en genstand					

(fortsættes)

(fortsat)

Fremstille en prøve på et materiale eller et stof					
Få en hændelse til at finde sted (fremstille en fænomen)					
Observere et aspekt eller en egenskab ved en genstand, et materiale eller en hændelse					
Måle en mængde					
5 Hvad eleverne skal 'gøre' med de naturvidenskabelige teorier (afkryds alle der passer)					
Rapportere om observationerne ved hjælp af fagsprog					
Identificere en lighed eller en forskel					
Undersøge virkningen af udfaldet af en bestemt ændring (for eksempel af at anvende andre genstande, materialer eller procedurer)					
Undersøge hvordan et udfald ændrer sig med tiden					
Undersøge hvordan et udfald ændrer sig, når der bevidst ændres to eller flere variable					
Udforme en målings- eller observationsprocedure					
Finde en værdi for en afledt mængde (det vil sige én, der ikke kan måles direkte)					
Opstille og/eller teste en hypotese					
Afgøre om en given forklaring passer på en bestemt, observeret situation					
Afgøre hvilken af to (eller flere) forklaringer der passer bedst på data					
Foreslå en mulig forklaring på data					

Præsentation

Aktivetsnummer	1	2	3	4	5
6 Hvordan kommunikeres formålet til eleverne? (afkryds kun ét felt)					
Aktiviteten er foreslået af læreren uden tydelig forbindelse til den forudgående undervisning					
Aktivitetsens formål er forklaret af læreren og sat i tydelig forbindelse til den forudgående undervisning					
Læreren anvender klasses Diskussion til at hjælpe eleverne med at forstå, hvordan forsøget kan besvare et interessant spørgsmål					
Formålet med aktiviteten fremgår tydeligt for eleverne af den forudgående undervisning					
Forsøget er foreslået og bestemt af eleverne efter forudgående Diskussion					
7 Hvordan introduceres eleverne til praktisk arbejde? (afkryds alle der passer)					
Mundtligt af læreren					
Skrevne instrukser på tavle eller projektor					
Arbejdsblad					
(Hele eller dele af) aktiviteten demonstreres på forhånd af læreren					
8 Diskussion før praktisk arbejde (afkryds alle der passer)					
Ingen					
Om det udstyr og de procedurer, der skal anvendes					
Om relevante idéer, begreber, teorier og modeller					
Om aspekter af naturfaglige undersøgelsesmetoder, der har forbindelse til det praktiske arbejde					
9 Diskussion efter praktisk arbejde? (afkryds alle der passer)					
Ingen					
Om at bekræfte 'hvad vi har set'					

(fortsættes)

(fortsat)

Centreret omkring lærerens gentagelse af aktiviteten					
Om hvordan observationerne kan forklares, og om hvilke naturvidenskabelige teorier aktiviteten 'handler om'					
Om aspekter af aktivitetens udformning, kvaliteten af data, tillid til konklusionerne osv.					
10 Elevernes notater om det praktiske arbejde (afkryds kun ét felt)					
Ingen					
Notater efter elevens ønske					
Et udfyldt arbejdspapir					
Skriftlig rapport med given struktur og format					
Skriftlig rapport i format efter elevens valg					
Læringskrav. Hvordan bedømmer du denne aktivitets læringskrav i lyset af dine afkrydsninger ovenfor? (afkryds kun ét felt)					
Meget højt					
Rimeligt højt					
Moderat					
Relativt lavt					
Meget lavt					

Referencer

Abrahams, I. og R. Millar (2008): Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science, i: *International Journal of Science Education*, 30 (14), 1945-1969, Taylor & Francis.

Driver, R. (1983): The fallacy of induction in science teaching, kap. 1 i: *The pupil as scientist?*, 1-10, Milton Keynes: Open University Press.

Hodson, D. (1990): A critical look at practical work in school science, i: *School Science Review*, 71 (256), 33-40, The Association for Science Education.

Hofstein, A. og V.N. Lunetta (2004): The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century, i: *Science Education*, 88 (1), 28-54, Wiley Periodicals, Inc.

Millar, R. (2010): Practical work, I: Dillon, J. and J. Osborne (red.): Good practice in science teaching: *What research has to say*, 2. udg., London: McGraw-Hill.

Millar, R., J.-F. Le Maréchal og A. Tiberghien (1999): Mapping the domain: Varieties of practical work, i: Leach, J. og A.C. Paulsen (red.), *Practical work in science education – Recent research studies*, 33-59, Roskilde: Roskilde University Press, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Watson, R., V. Wood-Robinson og L. Nikolaou (2006): Better scientific enquiries, i: Wood-Robinson, V. (red), *ASE guide to secondary science education*, 196-204, Hatfield: Association for Science Education.