

HVERDAGSFORSTÅELSER

og naturfagsundervisning

Af Birgitte Lund Nielsen

Abstract

Forskningen har vist, at en del hverdagsforståelser indenfor det naturfaglige område går igen på tværs af kulturer og grænser, og at der er brug for eksplicit fokus i undervisningen for at udfordre disse. For eksempel vil både mange skoleelever og voksne forklare årstider med reference til afstand mellem Solen og Jorden, Månens faser som forårsaget af noget der skygger, og skyer som vand i gasfase i stedet for væskefase. I teksten inddrages eksempler, der handler om elektriske kredsløb, kroppens stof- og energiomsætning, og om elevernes forståelse af modeller. Der gives desuden bud på, hvordan man som lærer kan undersøge elevers hverdagsforståelser og understøtte deres læring, for eksempel gennem undersøgende samtale. Konkrete værktøjer som grubletegninger og brug af kommenterede elevtegninger inddrages.

Introduktion

Eleverne har allerede tænkt over – og konstrueret mere eller mindre sammenhængende forståelser af – naturfaglige fænomener og processer, når vi møder dem i naturfagsundervisningen i skolen. Den naturfagsdidaktiske forskning har gennem de seneste årtier vist, at disse hverdagsforståelser kan være kulturelt påvirket og variere fra elev til elev, men det er også blevet tydeligt, at der er en hel række hverdagsforståelser, som går igen på tværs af kulturer og grænser (Paludan, 2000; Andersson, 2008).

I den pædagogiske og didaktiske litteratur er det også diskuteret, hvordan man kan understøtte elevers læring og deres motivation ved at tage afsæt i deres forforståelse. Dette er rammende beskrevet i det kendte citat af David Ausubel:

“The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly”.

Betydningen af elevers forforståelse har endvidere været inddraget i de seneste års mere socialkonstruktivistiske didaktiske diskurs, for eksempel om dialog og undersøgende samtale i klassen (Barnes, 2008). Ligeledes er undersøgelse af elevers forforståelse i fokus, når 'synlig læring' kommer på dagsordenen (Hattie, 2013). Det gælder både i forhold til formativ

evaluering og feedback til eleverne og i forhold til læreres indsigt i, hvordan eleverne forstår de faglige sammenhænge. Dette er de to del-aspekter i Hatties begreb om synlig læring.

Der er altså mange grunde til, at man som naturfagslærer systematisk bør undersøge elevernes *forforståelse* – her forstået som elevernes generelle indsigt i begreber og fænomener – inden undervisning. Herunder er det vigtigt at have særlig opmærksomhed på typiske *hverdagsforståelser*, her forstået som 'misforståelser' af den særlige type, som er identificeret i den internationale naturfagsdidaktiske forskning, og som er beskrevet og eksemplificeret i dette kapitel.

Formålet med teksten er altså at syntetisere, hvad vi ved fra forskningen. Der er ikke plads til at præsentere et overblik over hverdagsforståelser indenfor alle naturfaglige tematiseringer. Det kan man for eksempel finde på skandinavisk i Andersson (2008) eller på engelsk i Allen (2010). Der vil dog blive refereret til nogle udvalgte eksempler, der dækker naturfaglige indholdsområder bredt som afsæt for en diskussion af, hvordan man som naturfagslærer enkeltvis – og ikke mindst som naturfagsteam – kan *undersøge* elevernes hverdagsforståelser og bruge dette til at *understøtte* deres læring af de nogle gange komplekse og abstrakte begreber og sammenhænge.

Den unaturlige naturvidenskab og hverdagstænkningen

Hverdagsforståelser er kendt for at være ret sejlivede. Når først eleverne har konstrueret en forståelse af naturvidenskabelige fænomener og processer, som giver god mening for dem og kan anvendes til at forstå en række fænomener, kan det være endog meget svært at ændre denne forståelse igen. Dette kan skyldes, at mange hverdagsforståelser har en vis indre logik. Ofte er det tale om fornuftige forståelser hentet fra den observerbare hverdag, mens den 'korrekte' naturvidenskabelige forklaring er abstrakt og kan opleves som kontraintuitiv (Paludan, 2000). Dette er én af årsagerne til, at vi bruger begrebet 'hverdagsforståelser' i den skandinaviske naturfagsdidaktiske litteratur og ikke 'misconceptions' (misforståelser) som i dele af den angelsaksiske litteratur, hvor man dog også bruger 'alternative frameworks' (alternative begrebskonstruktioner).

Litteraturen om hverdagsforståelser indenfor naturvidenskab – eksempelvis Kirsten Paludans bøger på dansk (Paludan, 2000; 2004) – analyserer på glimrende vis børns typiske måde at tænke på, og hvordan og hvorfor naturvidenskaben kan opleves som unaturlig i den sammenhæng.

Det fremhæves, at de fleste elever bibeholder en række hverdagsforståelser op igennem skolesystemet. Nogle af eleverne kan så at sige indlære de naturvidenskabelige forklaringer parallelt og svare korrekt, når man samtaler på naturvidenskabens sprog og præmisser i en skolesammenhæng, mens hverdagsforståelsen hurtigt popper op igen, hvis de skal løse problemer, der ikke lige er formuleret som dem, de har set i bogen. Det kalder Paludan

(2000) for parallelindlæring. Samtidig argumenterer hun for naturvidenskaben som et endog meget vigtigt indholdsområde i skolen.

Naturvidenskabelig forskning bidrager løbende til at opbygge logisk sammenhængende almene forklaringer på en række fænomener. Siden videnskabsfilosoffen Karl Popper udfordrede, at videnskab er kendetegnet ved at *verificere* påstande ved hjælp af observation og data, forstås dette kort fortalt som forklaringer, der kan modstå forsøg på at modbevise (*falsificere*) dem. Det er den tænkning, der ligger bag hypotetisk-deduktiv metode som naturvidenskabelig i stedet for induktiv metode (se for eksempel webartiklen af Keld Conradsen). Paludan understreger, at eleverne vil være ringere stillet intellektuelt og praktisk, hvis vi ikke som undervisere gør os umage for at åbne denne komplekse og abstrakte – men ikke desto mindre meget vigtige – verden for dem.

For at opsummere har omfattende naturfagsdidaktisk forskning underbygget, at en forandring af elevers hverdagsforståelser fordrer, at læreren sætter eksplicit fokus på disse i naturfagsundervisningen. I næste afsnit følger eksempler på typiske hverdagsforståelser.

Typiske hverdagsforståelser

Dag og nat, årstider og månens faser

Det er kendt fra forskningen, at en del af de yngste elever placerer jorden i centrum, hvis de bliver bedt om at tegne, hvordan Jorden, Solen og Månen bevæger sig i forhold til hinanden (Andersson, 2008). De geocentriske forståelser ser man både, når elever skal forklare dag og nat og årstider. Det er dog heldigvis ikke så svært at udfordre de geocentriske forståelser.

Elever på mellemtrinnet kan relativt hurtigt få en grundlæggende forståelse af Jorden, der drejer rundt om sig selv og rundt om Solen, mens Månen drejer om Jorden i bunden rotation. I den forbindelse kan man med fordel anvende animationer, et tellurium (hvis man har det til rådighed) og ikke mindst dramatisering med elevernes egne kroppe (Nielsen, under udgivelse 2014). Her vil jeg derfor fokusere på forståelse af årsag og sammenhænge i forhold til årstiderne og månens faser, hvor både skoleelever og en del voksne – herunder universitetsstuderende – har vist sig at have mere vedvarende problemer.

Forståelse i dybden af årsager til årstider fordrer reelt, at man har en grundlæggende erkendelse af Jorden og Solens relative størrelser, indbyrdes bevægelse og meget store afstand. Det betyder naturligvis ikke, at man ikke kan inddrage og samtale om fænomener knyttet til årstider i natur/teknik i de yngste klasser. Tværtimod kan arbejdet i de yngste klasser danne afsæt for spørgsmål til – og undersøgelser af – de astronomiske årsager senere i skoleforløbet.

Men tilbage til typiske elevforståelser i forhold til årsager til årstiderne. De yngste elever tror nogle gange, at den side af Jorden, der vender væk fra Solen, har vinter. De blander så at sige forståelse af Jordens daglige rotation om egen akse sammen med rotationen om Solen.

De yngste elever kan udmærket forklare sommer og vinter på den måde og så forklare dag og nat på den samme måde i en anden naturfagstime, uden at de selv nødvendigvis bliver opmærksomme på den manglende logik (Andersson, 2008).

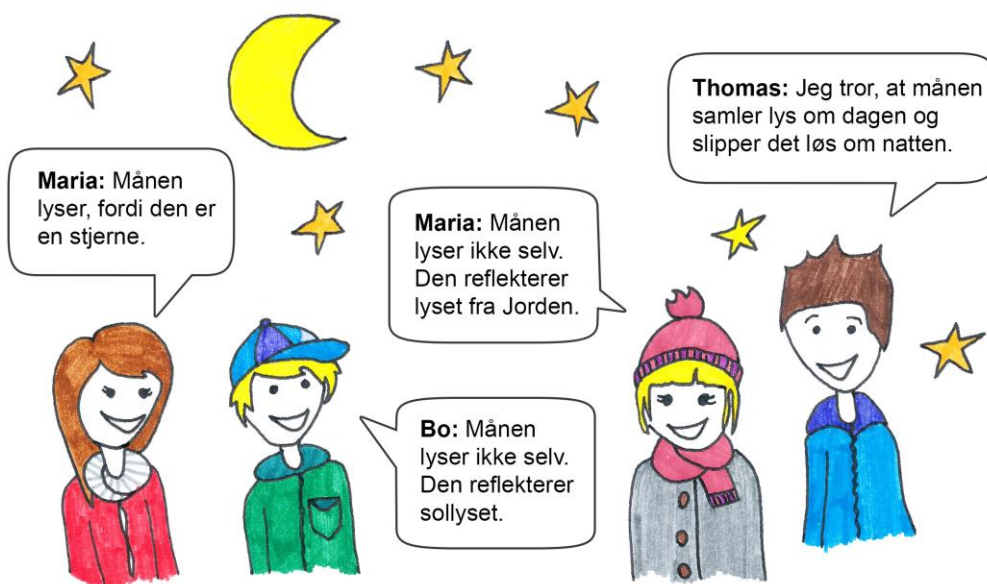
For de ældre elever har forskningen vist, at mange tror, at det er koldere om vinteren end om sommeren, fordi Jorden er længere væk fra Solen om vinteren (Allen, 2010, kap.18). Denne hverdagsforståelse kan være opstået ved, at eleverne har hørt, at Jordens bane om Solen har form som en ellipse. Så kan det falde naturligt at tænke, at det er varmt, når man er tæt på Solen, og koldt, når man er langt væk. Eleverne fletter ofte forskellige ting de oplever, hører og læser – som jordbanens ellipse-form og årstiderne – sammen til en hverdagsforståelse med en for dem indre logik. Hverdagsforståelsen kan være så dybt funderet, at de senere er overbevist om, at det var det, de lærte i skolen.

Den korrekte forklaring om jordaksens hældning og hvor stort område den samme stråling derfor dækker (indfaldsvinkel) er kompleks. Når man bliver opmærksom på hældningen, for eksempel i natur/teknik-undervisningen, flettes den derfor nogle gange sammen med hverdagsforståelse om afstand til Solen. De ikke-skalatro illustrationer i lærebøgerne kan være med til at forstærke elevernes overbevisning om, at det er sommer, når akse peger ind mod Solen, og der er kortere vej til Solen. Dette kan virke logisk for den nordlige halvkugle, men kan udfordres ved at spørge til den sydlige. Udendørs eksperimenter med planetbaner og lignende med korrekt forhold mellem Jordens størrelse og afstand til Solen kan desuden være med til udfordre hverdagsforståelserne.

Se også grubletegning i figur 7.

Forståelse af Månens faser er typisk en endnu større udfordring for eleverne end årstiderne. Selv mange voksne er overbevist om, at årsagen er, at noget skygger for noget andet. Wagenschein refererer i 'Verstehen Lehren' (1968) til en undersøgelse af voksne tyskeres forståelse af 'måneseglet'. Undersøgelsen viste, at 80 procent af den voksne befolkning troede, at 'måneseglet' skyldtes jordens skygge. Hertil skriver Wagenschein, at blandt hans studenter (fysik/didaktik) gælder det ca. hver fjerde. Han konkluderer, at på trods af at det naturvidenskabeligt set er oplagt, at det ikke *kan* skyldes Jordens skygge, kommer mennesket ikke til denne erkendelse af sig selv. Det stiller store krav til abstrakt rumlig forståelse at erkende Månens faser som afhængige af, hvor stor en del af den af solen oplyste Måne, man kan se fra Jorden på det pågældende tidspunkt (Allen, 2010).

Det kan nogle gange forstærke hverdagsforståelsen, at eleverne har hørt om eller arbejdet med måne- og solformørkelse i skolen. Forståelsen af den lille forskydning i omdrejningsplanerne, der sammen med de store afstande betyder, at positionen hvor Jorden er mellem Solen og Månen er fuldmånepositionen, hvor man så bare enkelte gange kan opleve måneformørkelse, fordrer, at tungen holdes lige i munden.



Figur 1. Grubletegning, der kan få eleverne til at diskutere, hvorfor Månen lyser.

Et første trin for at sikre forståelse af Månens faser er at udfordre en hverdagsforståelse af, at Månen lyser af sig selv ligesom Solen. I figur 1 er en grubletegning, der kan bruges til at diskutere dette (mere om grubletegninger nedenfor). Der findes også gode animationer af Månens faser, for eksempel her:

http://ww2.valdosta.edu/~cbarnbau/astro_demos/frameset_moon.html.

Bare det, at man taler åbent om hverdagsforståelser i undervisningen, og om at de også er udbredte blandt voksne, kan være med til at fokusere elevernes opmærksomhed.

Vand og vejr

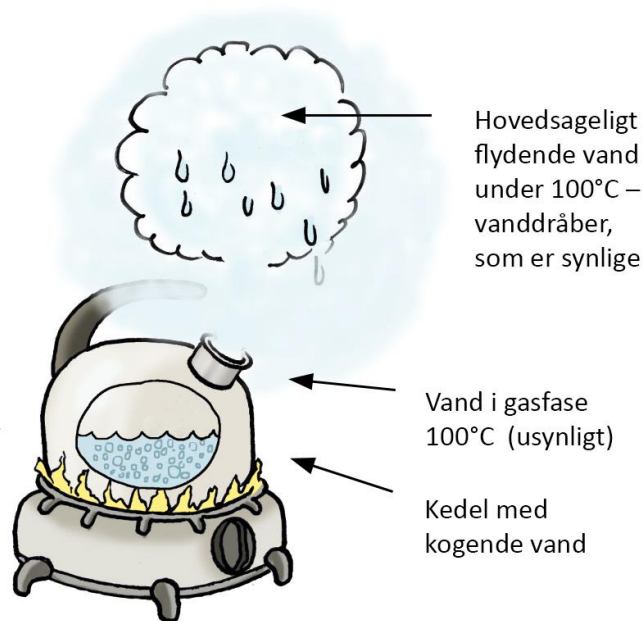
Inden for det faglige område, der handler om vejr og vandets kredsløb, findes der mange hverdagsforståelser knyttet til vands tilstandsformer. Før eleverne forstår, at vand kan overgå til en usynlig gasfase, vil mange af de yngste elever tro, at vand forsvinder, når det fordamper, eller at det bliver ved med at være en væske, men befinder sig et andet sted (Bar, 1989). De ældre elever, der har arbejdet med H_2O i undervisningen, vil i nogle tilfælde forklare bobler i kogende vand som brint og ilt (se grubletegning nedenfor i figur 6).

Eleverne har svært ved at forstå, at der findes usynligt vand i gasfase i atmosfæren. Og denne forståelse er vigtig, da den ligger til grund for senere at kunne forstå komplekse fysiske og geografiske sammenhænge i forbindelse med forskel på absolut og relativ luftfugtighed, dannelse af nedbør og fænomener som dug og tåge. På dette område er der i øvrigt ekstra udfordringer i vores sprog, da 'vanddamp' både bruges som betegnelse for

vand i gasfase (usynligt) og for de dråber, der ses, når vand fortættes til væskefase, for eksempel over en gryde eller kogekande (figur 2).

Dyb forståelse af processerne ved kondensering af nedbør, skydannelse og udløsning af nedbør fordrer desuden forståelse af tyngdekraft – forklaringer på et abstrakt niveau, som er komplekst for grundskoleelever. Udfordringerne er altså ikke *kun* et udtryk for elevernes hverdagsforståelser i gængs forstand, men også om konkret operationel versus formel operationel tænkning (kognitiv udvikling som beskrevet af Piaget).

Det samme gælder fænomener som føhn-effekt. Det virker naturligt for eleverne, at fordamning fordrer energi, men at fortætning *afsætter* energi er udfordrende og kontraintuitivt. Dette er jo for eksempel baggrunden for, at temperaturfaldet i den fugtige luft, der møder et bjerg, går fra ca. 1° pr. 100 meter til $\frac{1}{2}^{\circ}$ efter dugpunktet, mens opvarmningen af den nu relativt tørre luft på modsat side af bjerget hele vejen ned er 1° pr. 100 meter.



Figur 2. Kedel med kogende vand (efter Allen, 2010)

Det skal understreges, at dette ikke må fortolkes i retning af, at jeg mener, man skal lade være med at arbejde med disse fænomener i skolen – nærmest tværtimod. Der findes inden for alle de nævnte områder enkle eksperimenter, der sammen med den undersøgende klassesamtale (se nedenfor), kan være med til at konkretisere fænomenerne. Man skal bare som lærer være meget bevidst om, hvad det er for et niveau af sammenhængende forståelse af fænomenerne, eleverne på det givne trin kan rumme og være tilfreds med. Det må handle om en sammenhængende forståelse, som kan give erfaringen dybde på det

enkelte niveau, men også åbne for flere undersøgelser og dybere forståelse senere i progressionen (ad. Deweys erfaringsbegreb).

Et andet eksempel, der kan få betydning, når eleverne arbejder med vejr og klima i naturfagsundervisningen, er hverdagsforståelser knyttet til *lufts* egenskaber. At atmosfærisk luft reelt 'er noget', at det fylder og vejer mm. kan være en stor erkendelsesmæssig udfordring. Dette er et område med mange eksempler på parallelindlæring (Paludan, 2000), hvor skolesproget måske nok kommer frem, når man skal svare i en skolekontekst, mens hverdagsforståelsen overlever i andre kontekster. Selv ældre elever og studerende kan vise sig at have hverdagsforståelser knyttet til, at luft kun forårsager tryk, når luften er i bevægelse, og kun nedad.

Drivhuseffekt og ozonlag - kulstofkredsløbet

Et meget komplekst område for eleverne inden for geografien og fysikken er processerne knyttet til fænomenerne drivhuseffekt og udtynding af koncentrationen af ozon i stratosfæren (såkaldt hul i ozonlaget). Eleverne vil typisk blande disse to processer – og deres betydning for os mennesker – sammen (Andersson, 2008; Andersson & Wallin, 2000).

Med hensyn til drivhuseffekt vil mange af eleverne have problemer med at forstå, hvorfor 'noget kan komme ind, men det har svært ved at komme ud', da dette fordrer en skelnen mellem forskellig bølgelængde af den elektromagnetiske stråling fra Solen (kortbølget) og fra Jorden (langbølget). Dette kompliceres yderligere af, at man for at forstå processen skal skelne mellem reflekteret stråling (der naturligvis bevarer bølgelængde) og absorberet og genudsendt stråling (der er mere langbølget, da jorden er et relativt koldere legeme). En simulering/animation kan være med til at understøtte elevernes forståelse. Se en simulering af drivhuseffekt: <http://phet.colorado.edu/da/simulation/greenhouse>

Inden for dette område er det endvidere tankevækkende, at eleverne typisk vil tænke på miljøvenlige tiltag som noget, der generelt er godt, eksempelvis at blyfri benzin vil afhjælpe den forhøjede drivhuseffekt. Det modsatte gør sig også gældende – altså at risici blandes – for eksempel at udtynding af stratosfærens ozonlag medfører temperaturstigninger. Ligeledes vil eleverne ofte tænke sort/hvidt, så alle miljørisici handler om 'giftstoffer', for eksempel har mange en forestilling om CO₂ og kvælstof som giftstoffer. I den forbindelse vil erkendelse af den 'naturlige' drivhuseffekt, som er en vigtig forudsætning for liv på planeten, skulle ekspliciteres sammen med eleverne.

Det samme gælder forståelsen af, hvorfor noget kan kaldes CO₂-neutralt, selv om der stadig udledes CO₂ ved forbrænding – men det er så en anden del af tematiseringen, kulstofkredsløbet, som jeg ikke vil komme mere ind på her.

Hjerte og lungekredsløb, mave og fordøjelse

Forskningen har også påvist en hel række hverdagsforestillinger knyttet til kroppens hjerte- og lungekredsløb, fødeindtag og næringsstofs- og energiomsætning.

I forhold til grundlæggende fysiologi har mange elever svært ved at placere både hjerte og mavesæk i et tomt omrids af en krop (figur 3).

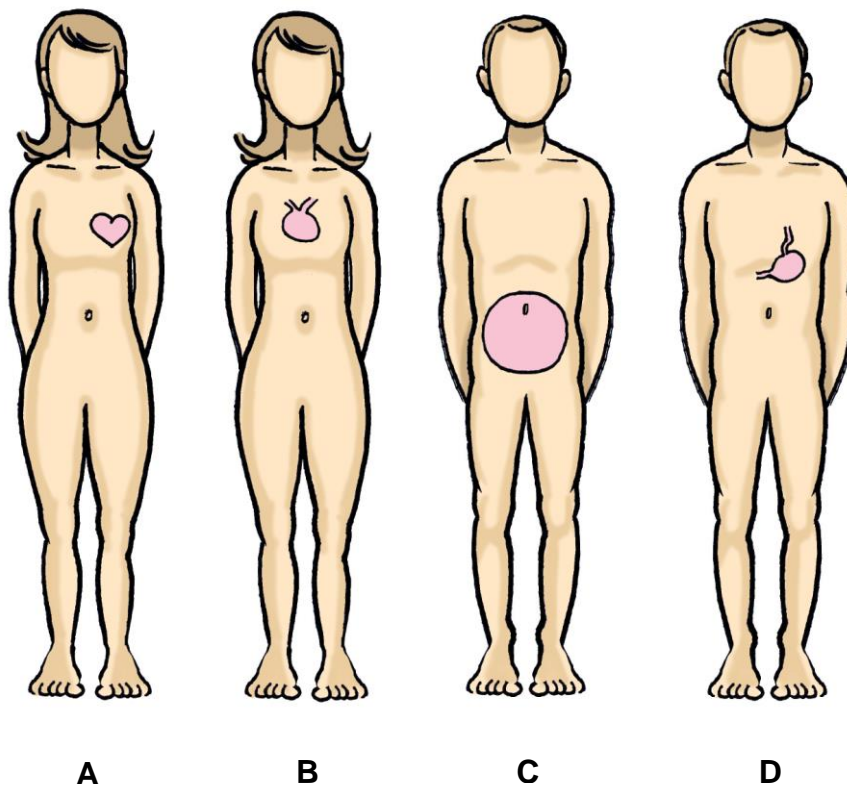


Fig. 3. A) Elevers typiske placering af og tegning af form på hjertet. B) Hjertets form og position anatomisk. C) En typisk hverdagsforståelse er, at maven er et stort organ lokaliseret omkring navlen. D) Mavesækkens form og position anatomisk. (Allen, 2010).

Der er også en række hverdagsforestillinger knyttet til elevernes billede af hjertet som en slags pumpe (Allen, 2010, kap. 3). Det falder eleverne naturligt at fokusere på, at blodet pumpes ud fra hjertet, mens de ikke umiddelbart tænker, at det skal tilbage igen. Ligeledes vil eleverne typisk fokusere mere på 'det store kredsløb' og hjertet og mindre på iltningen via lungekredsløbet, og hvis de kombinerer hjerte- og lungekredsløb, kan der forekomme en forståelse af, at der går en slags luftvej fra lungerne til hjertet (Allen, 2010).

Et eksempel på hverdagsforestillinger kommer fra en klasseundersøgelse af elevers for- forståelse. En elev i 6. klasse har inden undervisning tegnet hjertets placering og blodkredsløbet (se figur 4). Tegningen eksemplificerer inddragelse af hjerte og ikke lunger, blod der løber ud fra hjertet, og at hjertet tegnes øverst til venstre.



Fig. 4. En elev i 6. klasse har inden undervisning tegnet hjertets placering og blodkredsløbet i forbindelse med en undersøgelse af elevernes forforståelse (tegningen er fra et dansk forskningsprojekt, hvor lærere har undersøgt elevers begrebsforståelse: Nielsen, 2012)

Mange elever – også i de ældste folkeskoleklasser – vil i øvrigt have svært ved at forklare, hvad der sker med luften, der indåndes. Det er komplekst at forstå blodets funktion og de to kredsløbsfunktioner: både udveksling af ilt og CO₂ og pumpning rundt i kroppen (Allen, 2010).

I forhold til fordøjelsen vil mange af de yngste elever slutte deres tegning med en mavesæk, hvor maden ender, hvis de får til opgave at beskrive et stykke mads vej igennem kroppen. Nogle elever kobler ikke fødeindtagelse sammen med afføring (Allen, 2010). En anden – helt modsat – opfattelse er, at al den indtagne føde senere forlader kroppen, altså en model af et rør igennem kroppen uden udveksling, hvor mængden af afføring er lig med mængden af indtaget føde. Der er endvidere set eksempler, hvor elever har et billede af to separate systemer hele vejen igennem kroppen – ét der ender med fast afføring, og ét der ender som urin.

Elektrisk energi

Før de deltager i naturfagsundervisning, vil eleverne ikke nødvendigvis vide, at et elektrisk kredsløb er afgørende for at 'få lys i pæren'. Mange vil kun tegne én ledning fra batteri til pære (figur 5 th.), hvis de bliver bedt om at tegne deres hypotese om, hvordan de kan få lys i pæren, inden de eksperimenterer. Det svarer til deres oplevelse af, at der tilsyneladende kun er én ledning mellem lampe og stikkontakt hjemme i stuen (Allen, 2010, kap 15; Andersson, 2008).

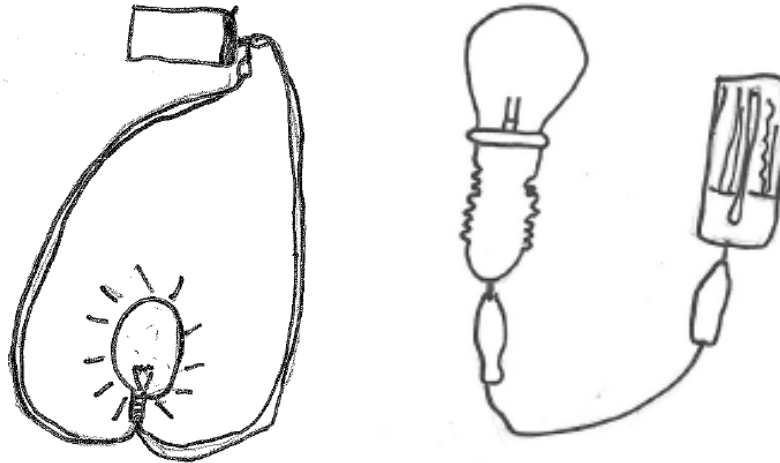


Fig. 5. Tegninger fra elever i dansk 3. klasse. Fra lærerens undersøgelse af elevernes for forståelse (Nielsen, 2012) inden start på undervisning med brug af materialet 'El-kørekortet'.

Desuden kan elever, der faktisk opererer med et kredsløb i deres forståelse, mangle erkendelsen af de to poler på en lyspære og på et batteri, som det er eksemplificeret med tegningen til venstre i figur 5, hvor ledningen er sat fast samme sted på både batteri og pære.

De ældste elever kan også have brug for at starte med undersøgelser med enkle artefakter (materialer/udstyr mm.) – kobbertråd uden isolering og pærer uden fatning – når de starter med fysik i 7. Klasse. De nævnte sammenhænge og kredsløbsforståelsen skal ofte genopfriskes, inden de fortsætter med mere komplekse temaer i forbindelse med el/energi. Det opdager man for eksempel, hvis eleverne tror, at det har betydning, om de vælger en rød eller en sort ledning. De forskellige fatninger, eleverne møder i fysiklokalet, kan ligeledes være en black-box. Eleverne kan have brug for på hverdagsprog at diskutere, hvordan fatningen er konstrueret. Det gælder også tilsyneladende enkle sammenhænge i forbindelse med metal, der rører metal versus isolering.

Elever i alle aldre har desuden grundlæggende udfordringer med at forstå, at alle dele i et elektrisk kredsløb påvirker hinanden. Mange vil tro, at en forandring et sted i kredsløbet kun påvirker komponenter, der kommer *efter* forandringen – altså at strømmen rejser rundt i kredsløbet og møder komponenterne efterhånden. Denne sekventielle tænkning ligger bag mange af de udfordringer, elever har med at forstå elektriske kredsløb, for eksempel at strømmen er den samme alle steder i kredsløbet (Allen, 2010). Mange elever tænker, at et batteri udløser den samme strøm uafhængigt af, hvilket kredsløb det er koblet til, og at denne givne mængde strøm flyder ud fra batteriet og formindskes, hver gang strømmen passerer en komponent i kredsløbet (læs mere om dette tema, inklusive danske undersøgelser, i Nielsen & Paulsen, 1992).

Modeller

Det sidste afsnit i denne del har fokus på et eksempel på typiske hverdagsforestillinger inden for området, som man normalt kalder naturvidenskabens natur (Nature of Science: NOS, se mere i artikel af Keld Conradsen i kompendiet). Eksplicit fokus på NOS må fremhæves som et indsatsområde baseret på de seneste års forskning. Driver, Leach, Millar og Scott (1996) giver et bredt overblik over unge menneskers billede af NOS. Det eksempel, jeg vil fremhæve, handler om noget, der anvendes flittigt i naturfagsundervisning, nemlig modeller.

Hele ideen med modeller i naturvidenskaben er kompleksitetsreduktion, og brug af modeller vil ofte indebære en bevidst udeladelse af ting, proportionsforvrængning mm.

"A model of something - is a simplified imitation of it - that we hope can help us understand it better" (American Association for the Advancement of Science, 1990).

Forskning har vist, at eleverne typisk tænker bogstaveligt om modeller (Schwarz & White, 2005). Eleverne forestiller sig, at det som udgangspunkt er vigtigt at få modellen til fysisk at ligne det, den repræsenterer, så meget som muligt, hvis de er i gang med at konstruere en model. Elever vil ligeledes typisk tænke på de modeller, lærere eller lærebøger præsenterer dem for i naturfagsundervisningen, som små kopier af virkeligheden. Når elever tolker modellerne bogstaveligt og lægger vægt på ydre i stedet for funktionel overensstemmelse mellem model og virkelighed (Schwarz & White, 2005), vil de modeller de møder i naturfagsundervisningen kunne danne afsæt for misforståelser.

Et eksempel er de typiske modeller af vandets kredsløb med film/låg på og nogle gange med is ovenpå, hvor målet er at sætte gang i fortætning i den ene side, mens fordampning hjælpes på vej af en lampe i den anden side. Disse modeller er som udgangspunkt gode og kan være en vigtig del af undervisningen, men den undersøgende samtale omkring modellerne er uundværlig (se nedenfor).

Det er for eksempel tydeligt, at mange elever tegner vandets kredsløb, så det kun regner over land og ikke over hav, fordi de har set dette i mange tegnede modeller i lærebøgerne, og fordi en sådan opfattelse styrkes via den nævnte klassiske akvariemodel. Det er vigtigt at være opmærksom på, at eleverne møder mange af sådanne visuelle repræsentationer i materiale til naturfagsundervisning, og at de sjældent ser sådanne repræsentationer af ideer og abstrakte enheder som modeller, der er lavet med formålet at reducere kompleksitet og fremhæve bestemte sammenhænge.

I bund og grund lærer eleverne nok mere via klassediskussion og idegenerering om, hvad der sker i naturen, og hvordan man eventuelt kan repræsentere dette i en model, end ved at bygge en model, der er foreskrevet i en kogebogs-opskrift, eller se på en model, læreren har bygget.

Konkrete metoder til undersøgelse af elevernes begrebsforståelse

Baseret på international og dansk forskning ved vi, som det er eksemplificeret her, en hel del om typiske hverdagsforståelser inden for en bred række af de naturfaglige tematiseringer, der arbejdes med fra 1. til 9. Klasse. Denne forskning bør medføre, at man som lærer har særligt fokus på elevernes forståelse inden for de områder, hvor vi ved, at der typisk optræder hverdagsforståelser.

Men selv om der findes meget forskningsbaseret viden, kan der være gode grunde til *selv* at indarbejde undersøgelse af elevernes forståelse i naturfagsundervisningen. Dels for at man som lærer bedst muligt kan støtte de enkelte elever formativt og følge deres begrebsudvikling (synlig læring: Hattie, 2013). Dels fordi eksplicit diskussion, hvor eleverne sætter ord på, hvordan de forstår de faglige sammenhænge, alt andet lige er den bedste måde at *udfordre* hverdagsforståelserne på.

Viden om elevers typiske hverdagsforståelser, både et overblik fra forskningen og løbende lokale undersøgelser, kan også med fordel inddrages af det lokale fagteam (se nedenfor).

Concept cartoons/grubletegninger

De såkaldte concept cartoons, udviklet af de engelske forskere Brenda Keogh og Stuart Naylor (1999), er et diskursivt værktøj, der baserer sig på den omfattende forskning i elevers typiske hverdagsforståelser. En lang række concept cartoons er oversat til norsk og kaldes grubletegninger, og flere er udviklet af Naturfagscenteret i Oslo. De ligger klar som en resurse, man kan downloade direkte til anvendelse i undervisningen. Hent grubletegninger her: <http://www.naturfag.no/side/vis.html?tid=1233983>. Nogle enkelte concept cartoons er oversat til dansk i hæfte fra Dansk Naturvidenskabsformidling, 2012. De kan downloades her: <http://www.formidling.dk/sw55888.asp%20>. Dansk oversættelse af flere tegninger er på vej.

Ved at synliggøre måder at betragte naturfaglige fænomener på gennem forskellige navngivne unge menneskers bud bliver det for eleverne mere legitimt at forklare egne tanker om fænomenerne for hinanden. Eleverne stimuleres til at tænke videre hver især og sammen. Deres opmærksomhed på, hvad de er i gang med at lære, skærpes, og diskussionerne kan stimulere dem til at stille relevante spørgsmål til yderligere undersøgelse. Desuden får læreren et unikt indblik i elevernes forståelse.



Fig. 6. Vand, som koger. Indgangsspørgsmål til den undersøgende samtale er: "Hvad mener du/!"

Grubletegninger kan på den måde blive et værktøj i undersøgende naturfagsundervisning, i de seneste år blandt andet diskuteret under betegnelsen Inquiry Based Science Education (IBSE). Lidt firkantet kan man sige, at fokus på hands-on og minds-on er som yin og yang, hvis vi vil udvikle den måde, vi driver naturfagsundervisning på. Grubletegninger kan samtidig være et værktøj i den formative evaluering via den indsigt, læreren får ved at lytte til eleveres diskussioner (evt. video) og/eller via deres skriftlige opsummering på diskussionerne.

I figur 6 er vist én af de grubletegninger, der findes via linket til Naturfagscenteret, her dog tegnet med nye 'personer', og i figur 7 ses en grubletegning, hvor de tre svarmuligheder er designet af forfatteren og afprøvet i geografiundervisningen med elever i 8. klasse.



Fig. 7. Hvorfor er det varmere i Afrika end i Europa? (Grubletegningen er anvendt i en 8. klasse i forbindelse med det projekt, der også refereres til i figur 4 og 5).

Undersøgende samtale og dialogisk undervisning

Spørgsmålene i grubletegningerne er bevidst formuleret i hverdagsprog for at stimulere elevernes egen forståelse og argumentation og for at undgå, at de blot kopierer lærebogens formulering (udfordringen med parallelindlæring).

Forskningen peger på, at grubletegninger kan blive et konkret redskab for læring, hvis tegningerne designes, så der kommer gang i såkaldt *undersøgende samtale* (Barnes, 2009). Det ser ud til, at elevernes forståelse af komplekse fænomener gradvis kan udvikles gennem samtale, hvor de måske lidt famlende prøver sig frem, oftest med brug af hverdagsprog. Forskning i dialogisk undervisning peger på, at stilladserende input fra læreren er afgørende for at stimulere undersøgende samtale, både blandt elever i en gruppe, når de er i gang med praktiske eksperimenter, og ved helklassediskussion. Når eleverne så skal formidle/præsentere, kan man som lærer stille krav om brug af naturfagligt sprog og de korrekte begreber. Barnes (2009) understreger *undersøgende samtale* som der, hvor man er i gang med at lære, mens den *præsenterende samtale* groft sagt viser, om man har lært.

Lærerens bevidsthed om, hvordan elevernes samtale og brug af begreber kan stimuleres på forskellige måder i en indledende ide-genererende fase og i en afsluttende evaluerende fase, hvor eleverne formidler deres resultater, kan være afgørende for, at undersøgende tilgange som IBSE bliver en succes (forstået som at eleverne får lært de nye begreber).

Andre forskere der har undersøgt dialogisk læring siger dette med lidt andre ord ved at fremhæve, at vi som lærere ofte ubevidst bruger det, der kaldes en *interaktiv-autoritativ* kommunikativ tilgang, hvor eleverne inddrages i klassesamtale, men med lukkede

spørgsmål, såkaldt IRE (spørgsmål-svar rutine) (Mortimer & Scott, 2003. Se også webartiklen af Sanne Schnell i denne antologi).

Interaktiv-autoritativ kommunikation kan absolut have en rolle at spille i klassesamtale, men vi skal være opmærksomme på også at bruge tid på en åben ide-generering, det man kan kalde *interaktiv-dialogisk* kommunikation, hvor vi ikke nødvendigvis straks evaluerer elevernes input som enten rigtige eller forkerte (Mortimer & Scott, 2003).

Det er i øvrigt ikke alle grubletegninger, der handler om områder, hvor vi kan sige, at der er et 'korrekt' svar (med den nuværende naturvidenskabelige viden). I nogle tilfælde må man tilføje "det afhænger af....", før man lægger sig fast på en forklaring. Det er vigtigt at være eksplicit om dette over for eleverne. Selv tilsyneladende enkle sammenhænge kan vise sig at have flere komplicerende faktorer, når de bliver gået efter i sømmene, og det kan være formålstjenstligt for eleverne at indse, at naturfaglige problemer ikke altid har et rigtigt svar.

Elevernes kommenterede tegninger – FØR og EFTER

En anden enkel måde at undersøge elevernes hverdagsforståelse på er at lade dem tegne for eksempel hjertets og mavens placering eller madens vej gennem kroppen i et omrids af en krop (se figur 3). Det samme kan man gøre inden for andre faglige områder, eksempelvis i en indledende fase hvor man undersøger deres forforståelse. I forløb som el-kørekortet opfordres de yngste elever generelt til at tegne deres hypotese, før de går i gang med at eksperimentere.

I Allen, 2010, findes en hel række eksempler på, hvordan elevtegninger kan bruges inden for de forskellige faglige områder. Mange gange kan det give god mening både at anvende tegninger FØR og EFTER undervisning og bruge dette i formativ evaluering og feedback til eleverne. For de ældste elever kan det med fordel være *kommenterede* tegninger eller en kombination af tegning og skriftlig forklaring. Se et eksempel på læreres analyse af kommenterede FØR- og EFTER-tegninger af sammenhænge i forbindelse med Solen, Jorden og Månen i Nielsen (2014). I det hele taget er elevernes skriftlighed i hypotesedannelse og som opsamling på undersøgelser (IBSE) alt andet lige en central del i deres læringsproces.

Der findes adskillige web-resurser, hvor man kan læse om en vifte af forskellige metoder til at identificere elevens hverdagsforestillinger, især hvis man også søger på engelsk. For eksempel 'Misconceptions and naive ideas' på The Association for Science Education (ASE): <http://www.ase.org.uk/resources/scitutors/professional-issues/p41-misconceptions-and-naive-ideas-of-children/>

Mindmaps, begrebskort og web 2.0-værktøjer

Værktøjer som mindmaps og begrebskort kan ligeledes anvendes til at støtte elevernes undersøgende samtale og undersøge deres begrebsforståelse, og de kan bruges som et værktøj i den formative evaluering.

Brugen af disse værktøjer er allerede meget udbredt i dansk naturfagsundervisning, og værktøjerne vil derfor ikke blive yderligere uddybet her, blot en henvisning til, at der findes en del forskelligt software, som med fordel kan anvendes med eleverne. Et par eksempler:

På C-map tools: <http://cmap.ihmc.us> kan man for eksempel finde software til brug for arbejdet med klassiske hierarkisk opbyggede begrebskort med forbindelsesord.

Mindmeister: <http://www.mindmeister.com/da> er et eksempel på software til at arbejde med mindmaps. Programmet giver god mulighed for løbende skift mellem at eleverne arbejder alene, og at de kooperativt arbejder med delte mindmaps.

Ligeledes findes der mange platforme, eksempelvis google docs, hvor eleverne kan arbejde sammen på dokumenter. Elevernes arbejde med diverse web 2.0-værktøjer, for eksempel udarbejdelse af klassens naturfags-wiki, kan tjene det dobbelte formål at understøtte samtale og (social) læring og at undersøge elevernes begrebsudvikling.

Undersøgelse af elevernes begrebsforståelse – også i fagteamet

For kort at summere op kan naturfagslæreren med fordel undersøge elevernes hverdagsforståelser, for eksempel ved brug af kommenterede elevtegninger eller ved videooptagelse af deres diskussion af grubletegninger. Dette kan have flere formål. Den formative evaluering er nævnt: Indsigt i elevernes begrebsforståelse kan danne baggrund både for at støtte og for at følge med i deres begrebsudvikling. Et andet mål er at udfordre elevernes kendte hverdagsforståelser.

Man taler om, at der inden for mange faglige områder – ikke kun naturfag – er nogle faglige tærskler (threshold concepts), som kan være svære at komme over. Men når sådanne centrale forståelser er på plads, 'belønnes' det med nye læringsmuligheder bredt indenfor fagområdet. Forståelser af (vands) faser og faseskift, som er brugt her i artiklen som eksempel, danner baggrund for forståelsen af mange naturfaglige fænomener og sammenhænge, og det samme kan siges om den grundlæggende forståelse af elektriske kredsløb eller af kroppens stof- og energiomsætning.

Hverdagsforståelser kan bedst udfordres gennem målrettet kombination af hands-on- og minds-on-naturfagsundervisning. I undersøgende naturfagsundervisning (som IBSE) kan elevernes undren og deres undersøgende samtale igangsættes ved at bruge nogle af de nævnte værktøjer. Det er vigtigt at være opmærksom på, at de ofte dybt funderede hverdagsforståelser sjældent udfordres *bare* ved, at eleverne laver en undersøgelse eller designer et eksperiment - det være sig nok så godt.

Elevernes undersøgende samtale, hvor de famlende og søgende afprøver deres forståelser gennem dialog med hinanden og med læreren er afgørende, ligesom det er centralt, at læreren sørger for, at der samles op på de faglige pointer. Det kan godt være, at man som lærer synes, at den faglige pointe står lysende klart i forsøget, men det gør den altså ikke nødvendigvis for eleverne. Bevidst fokus på integration af elevernes manipulering med fysisk udstyr og deres manipulering med ideer (hands-on + minds-on) er afgørende for, at initiativer for at gøre naturfagsundervisningen mere undersøgelsesbaseret kan etablere sig med succes i forhold til elevernes faglige udbytte.

Jeg vil slutte af med kort at eksemplificere, hvordan undersøgelse af elevernes begrebsforståelse også kan være en del af den sociale læring *for lærerne*.

Forskningen har vist, at fagteamsamarbejde kan spille en helt central rolle i udvikling af den lokale naturfaglige kultur. På mange skoler arbejder naturfagslærerne sammen, for eksempel om at lave en lokal læseplan, og man diskuterer, hvordan man kan sikre progressionen fra 1. til 9. klasse.

En lokal læseplan skal kunne noget andet end Fælles Mål. Det handler ikke om overordnede formuleringer og anvisninger, men om en løbende diskussion i fagteamet om, hvordan eleverne kan konstruere en for dem meningsfuld forståelse på de enkelte trin i progression. Her er der brug for at være meget konkret, og fælles undersøgelser af elevernes begrebsforståelse i lokale klasserum – for eksempel ved brug af de værktøjer, der er nævnt her – kan danne grundlag for en konkret diskussion af, hvilke begreber der med fordel kan introduceres hvornår, og hvilke typer af undersøgelser (evt. IBSE-spørgsmål) der kan anvendes på de enkelte trin, så eleverne støttes i at stille spørgsmål, som de reelt har mulighed for at undersøge og nå frem til en meningsfuld forståelse af.

Det giver også god mening i lærerteamet at diskutere, hvordan man bedst kan bruge lokalområdets muligheder og ressourcer indenfor naturfag (naturcentre, udendørs faciliteter mm.) med afsæt i, hvad det er for begreber og sammenhænge, der meningsfuldt kan arbejdes med på det enkelte trin i progressionen.

Anbefalingen er, at undersøgelse af elevernes begrebsforståelse, med indsamling og fælles analyse af konkrete produkter som kommenterede elevtegninger og video fra lokale klasserum, bliver en fast del af fagteamsamarbejdet. Fagteamet bør danne ramme om diskussion af elevernes læring af naturfag – ikke kun stå for praktiske aftaler og indkøb af materialer.

Diskussions- og refleksionsspørgsmål

- Tænk på det seneste naturfaglige tema, du/I har arbejdet med, eller det næste, du/I skal i gang med.
 - Overvej og diskuter først, hvilke hverdagsforståelser I tror der findes inden for dette område.

- Undersøg derefter, hvilke hverdagsforståelser der er fremhævet som typiske i forskningen. I kan bruge litteraturen nedenfor, og der findes også web-resurser med et overblik. Ved søgning efter engelsksprogede resurser kan søgeordene 'misconceptions' og 'alternative conceptions' anvendes.
- Overvej, hvordan man i en konkret klasse kunne bruge denne viden til at undersøge og understøtte elevernes begrebsudvikling
- Udskriv et antal af de mange forskellige grubletegninger, og fordel dem mellem jer organiseret i mindre grupper.
 - Diskuter først på grubletegningens præmisser, altså hvad I selv tænker om det pågældende fænomen.
 - Gå derefter bagom og identificer, hvad det er for kendte hverdagsforståelser, der kan have inspireret til design af den pågældende grubletegning. Her kan I eventuelt anvende Naturfagscenterets hjemmeside, (link: <http://www.naturfagscenteret.no/>) hvor der kan findes noget baggrund for de forskellige grubletegninger.

Litteratur

- American Association for the Advancement of Science, AAAS (1990). *Science for all Americans – project 2061*. Oxford University Press
- Allen, M. (2010). *Misconceptions in primary science*. Open University Press.
- Andersson, B. & Wallin, A. (2000). Students' understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing CO₂ emissions and the problem of ozone layer depletion. *Journal of research in Science Teaching*, 37(10), side 1096-111.
- Andersson, B. (2008). *Att förstå skolans naturvetenskap*. Studentlitteratur
- Bar, V. (1989). Children's views about the water cycle. *Science Education*, 73, side 481-500.
- Barnes, D. (2009). Exploratory talk for learning. I N. Mercer & S. Hodgkinson (red.). *Exploring talk in school*. London: SAGE.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Hattie, J. (2013). *Synlig læring – for lærere*. Frederikshavn: Dafolo.
- Keogh, B. & Naylor, S. (2009). Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. *International Journal of Science Education*, 21(4), side 431-446.
- Mortimer, E.F. & Scott, P.H. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press
- Paludan, K. (2000). *Videnskabens verden og vi – om naturvidenskab og hverdagstænkning*. Aarhus Universitetsforlag.
- Paludan, K. (2004). *Skole, natur og fantasi*. Aarhus Universitetsforlag.
- Nielsen, B.L. (2014). Students' annotated drawings as a mediating artefact in science teachers' professional development. *NorDiNa* 1(2) .

- Nielsen, B. L. (2012). Science teachers' meaning-making when involved in a school based professional development project. *Journal of Science Teacher Education*, 23(6), side 621-649.
- Nielsen, H. & Paulsen, A. (red) (1992): *Undervisning i fysik - den konstruktivistiske ide*. Gyldendal.
- Schwarz, C. & White, B. (2005). Metamodelling knowledge: Developing students' understanding of scientific modelling. *Cognition and Instruction*, 23, side 165-2005.