

# MONIA

Matematik- og Naturfagsdidaktik  
– tidsskrift for undervisere, forskere og formidlere



Erhvervsakademi og  
Professionshøjskole

KØBENHAVNS  
PROFESSIONS  
HØJSKOLE **KP**

**DTU**



AARHUS  
UNIVERSITET



**DASG**  
Danske Science Gymnasier

SYDDANSK UNIVERSITET



DET NATUR- OG BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET  
KØBENHAVNS UNIVERSITET

2020-3

# MONA

## **Matematik- og Naturfagsdidaktik – tidsskrift for undervisere, forskere og formidlere**

MONA udgives af Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet ved Københavns Universitet, i samarbejde med Danmarks Tekniske Universitet, Det Tekniske Fakultet og Det Naturvidenskabelige Fakultet ved Syddansk Universitet, Hovedområdet Science & Technology ved Aarhus Universitet, Det Lærerfaglige Fakultet ved Københavns Professionshøjskole, UCL Erhvervsakademi og Professionshøjskole og Danske Science Gymnasier.

### **Redaktion**

Jens Dolin, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet (ansvarshavende)  
Ole Goldbech, Københavns Professionshøjskole  
Sebastian Horst, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet  
Kjeld Bagger Laursen, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet

### **Redaktionskomité**

Carl P. Knudsen, Danske Science Gymnasier  
Jan Sølberg, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet  
Lars Brian Krogh, Læreruddannelsen i Aarhus, VIA University College  
Martin Niss, Institut for Natur, Systemer og Modeller, Roskilde Universitet  
Morten Rask Petersen, Anvendt forskning i pædagogik og samfund, UCL  
Sabine Schmidt-Johansson, Afd. for Uddannelse og Studerende, Danmarks Tekniske Universitet  
Steffen Elmose, Læreruddannelsen i Aalborg, University College Nordjylland  
Tinne Hoff Kjeldsen, Institut for Matematiske Fag, Københavns Universitet

MONA's kritikerpanel, som sammen med redaktionskomitéen varetager vurderingen af indsendte manuskripter, fremgår af [www.science.ku.dk/mona](http://www.science.ku.dk/mona).

### **Manuskripter**

Manuskripter indsendes per mail, se [www.science.ku.dk/mona](http://www.science.ku.dk/mona). Medmindre andet aftales med redaktionen, skal der anvendes den artikelskabelon i Word som findes på [www.science.ku.dk/mona](http://www.science.ku.dk/mona). Her findes også forfattervejledning. Artikler i MONA publiceres efter peer-review (dobbelt blindt).

### **Abonnement**

Abonnement kan tegnes via [www.science.ku.dk/mona](http://www.science.ku.dk/mona). Årsabonnement for fire numre koster p.t. 225,00 kr., for studerende 100 kr. Henvendelser vedr. abonnement, adresseændring, mv., se hjemmesiden eller ring til tlf 70 25 55 13 (kl. 9-16 daglig, dog til 14 fredag) eller mail til [mona@portoservice.dk](mailto:mona@portoservice.dk)

### **Produktionsplan og deadlines for indsendelse af bidrag til MONA**

MONA udkommer fire gange om året, normalt på onsdagen nærmest 5. marts, 5. juni, 5. september og 5. december.

Artikelmanuskripter og forslag til aktuelle analyser modtages løbende og behandles så hurtigt som muligt. Den redaktionelle proces (inkl. peer-review) tager mindst tre måneder. Deadlines aftales individuelt.

For kommentarer, litteraturanmeldelser og nyheder er deadline normalt 2 måneder før officiel udgivelsesdag.

Omslagsgrafik: Lars Allan Haugaard/PitneyBowes Management Services-DPU  
Layout og tryk: Narayana Press

ISSN: 1604-8628. © MONA 2020

Citat kun med tydelig kildeangivelse

# Indhold

- 4 Fra redaktionen
- 6 **Artikler**
- 7 Modeller og modellering i grundskolens naturfag  
*Jørgen Løye Christiansen*
- 27 **Aktuel analyse**
- 27 Naturfagslærernes tid er en mistelten der skal tages i ed  
*Christina Frausing Binau*
- 39 STEM på htx  
25 år med teknologi og engineering i de gymnasiale uddannelser i Danmark  
*Peter Larsen*
- 52 STX-studenternes algebraiske færdigheder  
*Kasper Bjerling Søby Jensen*
- 63 Teknologiforstyrrelse: Hvad mener Børne- og Undervisningsministeriet, når de skriver “teknologi”?  
*Keld Nielsen og Martin K. Sillasen*
- 74 **Kommentarer**
- 75 Repræsentationer og registre  
*Lisser Rye Ejersbo*
- 80 Blokmodellen: Glitrende indpakning af risikabelt indhold  
*Lena Lindenskov*
- 87 Kontinuitet i børns science-dannelse  
*Stig Broström og Thorleif Frøkjær*
- 92 Tag fat om det grundlæggende med det samme!  
*Rene B. Christiansen*
- 95 **Nyheder**

# Fra redaktionen

Så er undervisningsåret godt i gang, og årets tredje MONA-nummer sendt ud. Mens dette skrives, er det stadig uafklaret hvor tæt på normal undervisningen kan gennemføres – eller om online-undervisning nu simpelthen er blevet en del af *new normal*. Hvor grundskolen formentlig kan fungere tæt på den tidligere situation før Corona, har mange videregående uddannelser allerede inden sommerferien fastlagt at en del af undervisningen skal være online. Og spørgsmålet er jo så også hvilke gode erfaringer fra nødundervisningen der kan føres med videre i matematik- og naturfagsundervisningen – det modtager vi meget gerne indlæg om, skriv til redaktionen på [mona@ind.ku.dk](mailto:mona@ind.ku.dk).

Dette nummer er lidt usædvanligt: Vi bringer én artikel og fire aktuelle analyser. Artiklen er skrevet af Jørgen Løye Christiansen og har titlen *Modeller og modellering i grundskolens naturfag*. Den beskæftiger sig med generelle aspekter af modeller og modellering og opstiller en definition af modellering der er designet til at være særlig velegnet i undervisningen i grundskolens naturfag. Hensigten er både at gøre det lettere for eleverne at forstå begrebet modellering og for lærerne at identificere elevernes tilegnelse af modelleringskompetencen.

De fire aktuelle analyser kommer vidt omkring i nogle af de emner der for tiden optager uddannelsesverdenen. Den første er af Christina Frausing Binou og har den malende titel *Naturfagslærernes tid er en mistelten der skal tages i ed*. Binou forholder sig på engageret vis til spørgsmålet om hvorvidt det er naturfagslærernes mangel på tid der tager livet af udviklingstiltag i grundskolen. Baggrunden for spørgsmålet beskriver hun sådan: “Mine oplevelser i folkeskolen giver mig grund til at foreslå at netop tiden vies nok opmærksomhed så den ikke ender med at spænde ben for god udvikling på naturfagsområdet”. Hendes analyse tager udgangspunkt i hendes oplevelser med forberedelsen og gennemførelsen af biologi i fire forskellige klasser i sidste skoleår.

Den næste, *STEM på htx – 25 år med teknologi og engineering i de gymnasiale uddannelser i Danmark* er forfattet af Peter Larsen. Anledningen er at den tekniske gymnasieuddannelse netop har fejret 25 års jubilæum som 3-årigt forløb. Artiklen fokuserer på faget Teknologi der kom til verden som et af uddannelsens profilfag. Teknologi har fra starten været tænkt som et STEM-fag, dvs. et fag der integrerer naturvidenskab, teknologi, engineering og matematik. Forfatteren beskriver hvordan faget i årenes løb har gennemgået en udvikling fra et fag med udgangspunkt i løst definerede ingeniørmetoder baseret på den enkelte undervisers erfaringer og baggrund hen imod et fag der tager udgangspunkt i et forskningsbaseret videns- og metodegrundlag.

Den tredje analyse er også om Teknologi, men fra et andet perspektiv. Den hedder *Teknologiforstyrrelse: Hvad mener Børne- og Undervisningsministeriet, når de skriver*

“teknologi”? og er skrevet af Keld Nielsen og Martin K. Sillasen. I den påpeges det at der ikke findes en entydig operationel definition af teknologibegrebet som kan bruges i grundskolen og den tilhørende læreruddannelse; der findes mindst to betydninger af teknologibegrebet, Digital teknologiforståelse og den brede teknologiforståelse i de ministerielle dokumenter. Forfatterne foreslår at Børne- og Undervisningsministeriet igangsætter en konkretisering af begrebet teknologisk dannelse, præcisering af T i STEM og får udarbejdet en bred definition af teknologibegrebet.

Og endelig har vi Kasper Bjerling Søby Jensens *STX-studenternes algebraiske færdigheder*, som indeholder en dugfrisk analyse af hvordan det ligger med dette års students greb om et væsentligt aspekt af matematikken, nemlig håndteringen af symboludtryk.

Som sædvanlig bringer vi også kommentarer til artiklerne i sidste nummer af MONA. Lisser Rye Ejersbo har i *Repræsentationer og registre* en række perspektiverende bemærkninger til Pernille Bødtker Sunde, Lóa Björk Jóelsdóttir og Pernille Ladegaard Pedersens *Blokmodellen – en overset repræsentation i dansk matematikundervisning?* Denne artikel er også kommenteret af Lena Lindenskov i *Blokmodellen: Glitrende indpakning af risikabelt indhold*.

I *Kontinuitet i børns science-dannelse* får vi Stig Broströms og Thorleif Frøkjærs reaktioner på Stine Mariegaard, Christina Haandbæk Schmidt og Claus Michelsens *Naturfaglig erfaringsdannelse som kontinuitetspraksis*. Og Rene B. Christiansen melder i *Tag fat om det grundlæggende med det samme!* om sine reaktioner på *Udvikling af modelleringskompetence i læreruddannelsen* af Pernille Ulla Andersen, Harald Brandt, Lars Brian Krogh, Martin Sillasen og Peer Daugbjerg.

Til slut skal vi ikke undlade at gøre opmærksom på at der nu og frem til 30/9 er åbent for indmeldinger af forslag til oplæg og workshopper på **BigBang-konferencen** 24-25/3 2021 via [www.bigbangkonferencen.dk](http://www.bigbangkonferencen.dk). Har du forskning, projektresultater eller erfaringer fra din skole eller organisation, som du brænder for at dele videre? Bidrag skal tage udgangspunkt i et af de elleve spor. MONA står for spor 3 der i 2021 har temaet *Kompetenceorienteret undervisning*:

Mange læringsmål er formuleret i kompetencetermer som har vist sig svære at omsætte i praktisk undervisning. Hvordan beskriver vi en kompetence på en sådan måde at det er tydeligt om eleverne har den eller ej? Hvordan beskriver vi progression, og hvor meget viden skal man have for at være kompetent? Hvordan evaluerer vi kompetencer i praksis? Hvordan går det med de fælles naturfaglige kompetencer, og er der en modsætning til matematik?

På MONA-sporet sætter vi fokus på undervisningens kompetenceorientering i faget, på tværs af fagene og på langs i uddannelsessystemet. Vi samler op på de senere års forskning og udviklingsarbejde og peger på, hvor der er behov for at blive klogere.

# Artikler

I denne sektion bringes artikler der er vurderet i henhold til MONA's reviewprocedure og derefter blevet accepteret til publikation.

Artiklerne ligger inden for følgende kategorier:

- Rapportering af forskningsprojekt
- Oversigt over didaktisk problemfelt
- Formidling af udviklingsarbejde
- Oversættelse af udenlandsk artikel
- Uddannelsespolitisk analyse

# Modeller og modellering i grundskolens naturfag



Jørgen Løye Christiansen,  
Læreruddannelsen, Center  
for Skole og Læring,  
Professionshøjskolen Absalon

**Abstract:** I denne artikel behandles generelle aspekter ved modeller og modellering, og der præsenteres en ny modelinndeling i tre basale grupper: 1-D-, 2-D- og 3-D-modeller. Der advokeres ydermere for en enklere definition af modellering hvor denne defineres som den proces der udspiller sig mellem "data" og "model". Det bliver herved tydeligere for eleverne i grundskolen at al anvendelse af modeller i naturfagsundervisningen ikke hører til modelleringskompetencen, og det bliver lettere at adskille de naturfaglige kompetencer fra hinanden til gavn for såvel lærere som elever. Med artiklen ønsker jeg at øge kendskabet til model- og modelleringsbegrebet for at kvalificere modelleringsundervisningen i den danske grundskole.

## Introduktion

Modelleringskompetencen er et af de fire kompetenceområder der rammesætter naturfagsundervisningen i den danske grundskole. Der er imidlertid ikke konsensus om forståelsen af begrebet modelleringskompetence i litteraturen. Som det vil fremgå senere, beskriver Børne- og Undervisningsministeriet modelleringsbegrebet og anvendelse af modeller på en måde så det ofte ikke er muligt at adskille modelleringskompetencen fra undersøgelseskompetencen. Skal lærerne undervise i modellering, skal de vide hvad modellering er, og kunne adskille den fra de andre naturfaglige kompetencer.

I denne artikel behandles væsentlige generelle aspekter af modeller og modellering og relateres til elevernes arbejde med modeller og modellering som det er intenderet i den danske grundskole. En ny modelgruppering i tre grupper præsenteres, og der advokeres for en enklere definition af modellering således at kompetencerne lettere lader sig adskille fra hinanden til gavn for såvel lærere som elever.

Vi berører modelbegrebet med overvejelser om hvad modeller er, og hvad der ikke er en model i naturfaglig henseende, om hvordan modeller kan inddeles i forskellige typer til gavn for eleverne, og om modellers funktion generelt og i undervisningen.

Dernæst handler det om forskellen mellem modeller og modellering og slutteligt om modellering i undervisningen.

## Hvad er en model?

Det er karakteristisk for naturfag at anvende modeller. Men selvom det anerkendes at modeller spiller en vigtig rolle i den naturvidenskabelige praksis og undervisning, er der ingen konsensus angående en definition af modelbegrebet, men der synes dog at være enighed om at en model altid er *af* noget og *har* et specifikt formål (se fx Halloun, 2004). Typisk er modeller forenkede versioner af noget i den virkelige verden. Så ved første øjekast er modeller simplificerede eller forstørrede eller reducerede versioner af nogle objekter (Gelfert, 2017). Ordet *repræsentation* indgår ofte i en beskrivelse af hvad en model er (se fx Gilbert & Ireton 2003; Halloun, 2004; Schwarz *et al.* 2009; Frigg & Nguyen, 2017). Frigg og Nguyen (2017) skriver fx at “Modeller er repræsentationer af en udvalgt del eller et aspekt af verden” (Frigg & Nguyen, 2017, p. 51). Det der repræsenteres via modellen, kaldes ofte i engelsksprogede artikler for *target* (målet). På dansk kunne vi også kalde det for “virkeligheden” bag modellen. Jeg vil nedenfor fortrinsvis bruge ordet *target* som synonym for den “virkelighed” som modellen repræsenterer.

Modeller er særlige beskrivelser der skildrer et *target* enklere (eller bare anderledes) end det faktisk er (Levy, 2015). Derfor kan det siges at modeller er fantasifulde beskrivelser af forhold i den virkelige verden. Når der udarbejdes en model, postuleres der hermed et bestemt scenarie, altså modellen, og modellen anvendes som en stand-in, altså et surrogat, for den del af verden (*target*) man ønsker at blive klogere på (Levy, 2015).

Det *target* som modellen repræsenterer, kan underinddeles på forskellig vis. Men den definition som bl.a. Van Der Valk *et al.* (2007) og Oh og Oh (2011) anvender, hvor en model er en repræsentation af objekter, fænomener (og begivenheder), processer, idéer og/eller systemer, kan samlet set synes problematisk. Godt nok vil objekter, fænomener, processer og systemer være noget der findes “ude i virkeligheden”, men idéer vil jeg mene er menneskeskabte og må her betegnes som modeller i sig selv.

I denne artikel er det valgt som præmis at modeller skal søge at beskrive noget i den virkelige verden, noget som tænkes at være “derude”, og som naturligvis ikke i sig selv er en model. Derfor er det her valgt at inddele det *target* som modellerne kan repræsentere, i følgende fire grupper: objekter, fænomener (inkl. begivenheder), processer og systemer.

Et objekt kan være en kvark, det faste stof natriumklorid, et øje, et hus, et tankskib, Jorden, Mælkevejen osv. Et fænomen er en observerbar forekomst, som fx stråling, konvektion, nedbør, solformørkelse, “sort sol”, angst, meteornedslag osv. En proces er en række relaterede begivenheder eller trin der typisk forekommer i en bestemt



rækkefølge. Det kan fx være fermentering, forbrænding, fordampning, fotosyntese, diagenese osv. Et system kan fx være et rensningsanlæg, carbonkredsløbet, det geologiske kredsløb osv.

Love og teorier er egentlig også modeller, men de er ikke i en kategori for sig, men vil normalt kunne indplaceres i en af ovenstående kategorier på baggrund af deres *target*.

På tilsvarende måde forholder det sig med metaforer, sammenligninger (semiler) og analogier – deres *target* afgør deres placering. En metafor antyder at én ting er den *samme* som en anden, mens en sammenligning antyder at én ting er *ligesom* en anden (Gilbert, 2004; Taber, 2017). En metafor kunne være at sige at *cellekernen er cellens hjerne*, mens en sammenligning kunne være at sige at *både enzymet og substratet har specifikke geometriske former der passer præcist til hinanden som en nøgle passer i en lås* (Taber, 2017).

Analogier anvendes i modelsammenhænge ofte til at forstå noget der ikke er direkte tilgængeligt for os. En analogi har såvel negative som positive træk i den forstand at kun nogle aspekter af analogien direkte peger ind i *target*, og der er derfor ligheder på nogle områder og ikke på andre. Tag fx analogien om at et atom er som et lille solsystem. Det er i begge tilfælde sandt at det meste af systemets masse er at finde i midten af systemet, men det er kun i solsystemet at det er grundet centripetalkraften at enhederne (her planeterne) kontinuerligt kredser om den centrale masse (i stedet for at forlade systemet) (se endv. Taber, 2017).

Analogier kan sagtens være modeller, men det er mere usikkert om metaforer egentlig kan betegnes som modeller (Oh & Oh, 2011).

Vi kan spørge os selv om et blankt stykke A4-papir kan være en model? I sig selv er det jo ikke en model, men hvis der skabes en relation mellem A4-papiret og et *target* hvor elementer af *target* lader sig repræsentere ved A4-papiret, så vil A4-papiret i denne sammenhæng være en model. A4-papiret kunne jo repræsentere et olietankskib, eller tykkelsen på papiret kunne svare til tidsenheden et år osv. Vi har derfor brug for en oversættelse, en fortolkning, ja, en nøgle der for os selv, og for det meste også andre, gør A4-papiret til en model og etablerer en forbindelse til *target*. Så hvorvidt noget er en model eller ej, afhænger af hvordan den forstås og anvendes, snarere end hvilke iboende egenskaber den besidder (Taber, 2017).

## Karakteristika for naturfaglige modeller

Hvordan kan vi afgøre om noget er en naturfaglig model? Første tilnærmelse må selvfølgelig være at der kan argumenteres for at genstandsfeltet falder inden for det naturfaglige område. Et kort over Tolkiens *Middle-Earth* med placeringen af hav og land, veje og bjergkæder (kendte objekter i fx geografi) er vel nok en model, men det er sværere at argumentere for at det er en naturfaglig model, da *target* er fiktion.

Talrige objekter og fænomener vil vi kunne affeje som fiktion, og modeller der har disse som *target*, vil vi ikke definere som naturfaglige modeller. Problemet er dog, at man ikke altid kan afgøre om *target* er fiktion.

Model-*target*-relationen har paralleller til diskussionerne inden for videnskabsteorien hvor gyldige videnskabelige teorier skal kunne falsificeres. Problemet er dog at falsifikationer kun vil være tvingende hvis de er sande, og det kan være vanskeligt at afgøre om det er tilfældet. Falsifikation kan jo selv blive falsificeret som tiden går, og vi bliver klogere. På tilsvarende vis forholder det sig med naturvidenskabelige modeller og deres *target*. Fx ville man i år 1900 med stor sandsynlighed betegne modeller over æteren som videnskabelige modeller. Nu ved vi dog at æteren ikke eksisterer, og modellernes *target* var fiktion. Vi kan heller ikke med sikkerhed vide om fx mørk energi og superstreng eksisterer, men modeller der har disse som *target*, vil vi for nuværende normalt acceptere som videnskabelige modeller. Pragmatisk set bør man lade samtidens velargumenterede bud på en reel virkelighed være demarkeringen mellem fiktion og fakta, og derfor vil denne "virkelighed" være et reelt og gyldigt *target* for naturvidenskabelig modellering.

## Modeltyper

Grupperinger af modeller der anvendes i naturfagene, er mangeartede (og en sådan inddeling repræsenterer i sig selv en model). Der tales om fysiske (materielle) modeller i modsætning til ikke-fysiske modeller. Altså en sondring mellem modeller der kan "røres" ved, og dem der ikke kan (altså modeller som man i højere grad har i hovedet end i hånden). Man kan også tale om verbale modeller kontra non-verbale modeller, matematiske modeller kontra ikke-matematiske modeller osv. Det er imidlertid ikke god videnskabelig praksis at definere noget på baggrund af noget det ikke er, hvorfor opgaven bør være at kategorisere modeller på baggrund af deres egenart.

Der er talrige bud på kategoriseringer og grupperinger af modeller. Lige fra en grundinddeling i to grupper (se fx Chamizo, 2013), i tre grupper (se fx Ornek, 2008; Bokulich & Oreskes, 2017), i fem grupper (fx Black, 1962; Hannisdal & Ringnes, 2003; Gilbert, 2004) til inddelinger i ti grupper (fx Harrison & Treagust, 2000).

I denne artikel tages der, som hos Christiansen et al. (2019), udgangspunkt i den modelinddeling som Hannisdal og Ringnes har beskrevet, hvor modeller inddeles i fem grupper alt efter deres præsenteringsform (Hannisdal & Ringnes, 2003; Ringnes & Hannisdal, 2006) (se figur 1). Set i en undervisningskontekst med relation til grundskolen vil en sådan inddeling efter præsenteringsformer give god mening netop fordi eleverne ofte vil blive præsenteret for en modeltype eller selv præsentere en model for andre i forbindelse med deres naturfagsundervisning (se Christiansen et al., 2019). Jeg foreslår dog her at samle Hannisdal og Ringnes' fem grupper i tre basale fremtræ-

delsesformer: 1-D-, 2-D- og 3-D-modeller. Lyd defineres som værende endimensionel, flader som værende todimensionelle, og rumlige former som værende tredimensionelle (se endvidere figur 1). En sådan inddeling i kun tre, men tydeligt adskilte modelgrupper vil gøre det muligt allerede tidligt i naturfagsundervisningen at introducere forskellige og forståelige modeltyper for eleverne i indskoling. Man ville så kunne betegne dem som hhv. lydmodeller, flade modeller og rumlige modeller.

Brandt og Johansen (2014) foreslår at dele Hannisdal og Ringnes' simuleringsmodeller op i to grupper af modeller: animationsmodeller og interaktive modeller, således at der samlet opereres med seks modelgrupperinger. Det er denne inddeling i de seks modeltyper der præsenteres i nyeste læseplaner for naturfagene (Børne- og Undervisningsministeriet 2019a, b, c, d). Om animationsmodeller er en bestemt type af simuleringsmodeller, afhænger af ens forståelse af simulering. Skal det interaktive være det centrale? Skal eleverne kunne ændre på parametre og derved få andre resultater? Hvis sidstnævnte er demarkeringen, vil animationer ikke kunne henregnes til simuleringsmodeller. Animationer skal så enten være i en klasse for sig eller være en "bevægelig" illustrationsmodel. Jeg ser animationer som sidstnævnte (se figur 1).

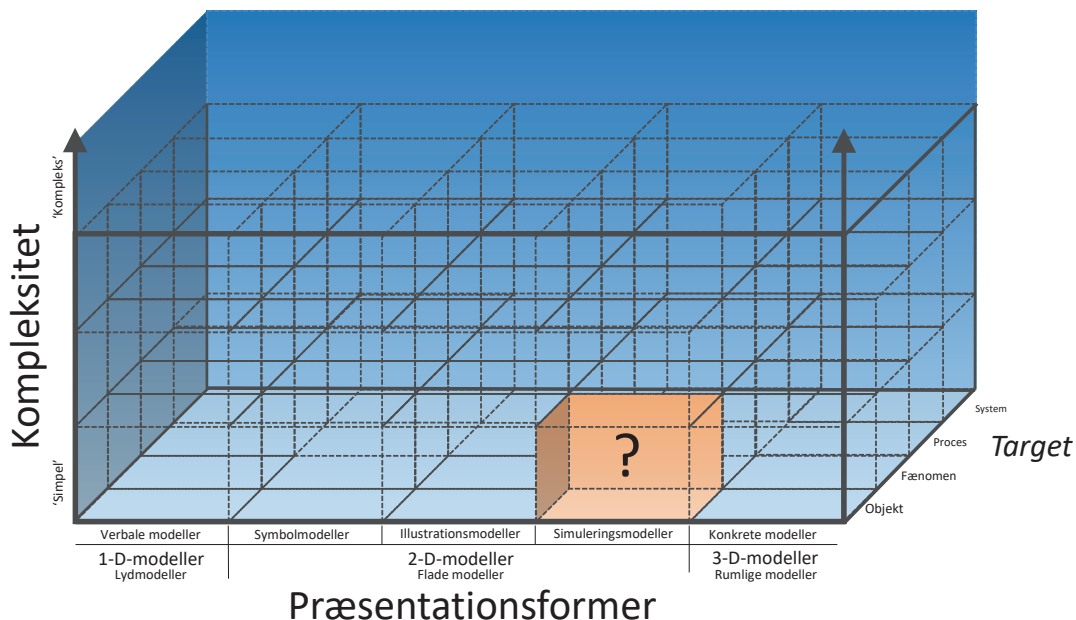
AUDITIVE MODELLER		VISUELLE MODELLER																		
1-D modeller ● Lydmodeller		2-D modeller ● Flade modeller						3-D modeller ● Rumlige modeller												
Verbale modeller		Symbolmodeller		Illustrationsmodeller			Simuleringsmodeller		Konkrete (fysiske) modeller											
Analogier		Sammenligninger		Elektron-prik-model (S)		Kemiske formler (S)	Matematiske udtryk (S)	Reaktionsligninger (S)	Tegning (S)	Tegning (S)	Foto (S)	Graf (S)	Diagram (S)	Animation (D)	Computersimulering (D)	Rolleespil (D)	Dynamiske (D)		Statistiske (S)	
				Forsørelser	1:1	Fornindskelser	Forsørelser	1:1	Fornindskelser											

**Figur 1.** En klassifikation af modeller til anvendelse i grundskolen kunne se således ud. Den centrale inddeling er i de fem modeltyper: verbale modeller, symbolmodeller, illustrationsmodeller, simuleringsmodeller samt konkrete modeller. Men hertil er der både en underinddeling og en overinddeling. Underinddelingen inden for de enkelte modeltyper er her ikke udtømmende, og inddelingerne kan ydermere forekomme kategorialt forskellige. De er dog medtaget for at give en forståelse for et muligt hierarki i modeltyper. Inden for de visuelle modeller betegner (S) og (D) at der er tale om hhv. statiske og dynamiske modeller. Hvis man vil starte med at indføre en mere simpel inddeling i modeltyper i naturfagsundervisningen, kunne dette være i tre grupper: 1-D-modeller, 2-D-modeller og 3-D-modeller. Her kunne man som underviser se det formålstjenligt at indføre andre og mere forståelige modelbegreber for eleverne. Fx hhv. lydmodeller, flade modeller og rumlige modeller.

Modelinddelingen her i artiklen omfatter ikke mentale modeller. Det betyder ikke at mentale modeller ikke udgør en vigtig del af elevernes modeller, men de mentale modeller er ikke tilgængelige for bedømmelse af andre. Det er først når elevernes mentale modeller kommer ud af "hovedet", at de kan vurderes, og dermed kunne indplaceres i en af ovennævnte 5 modelklasser (Christiansen *et al.*, 2019).

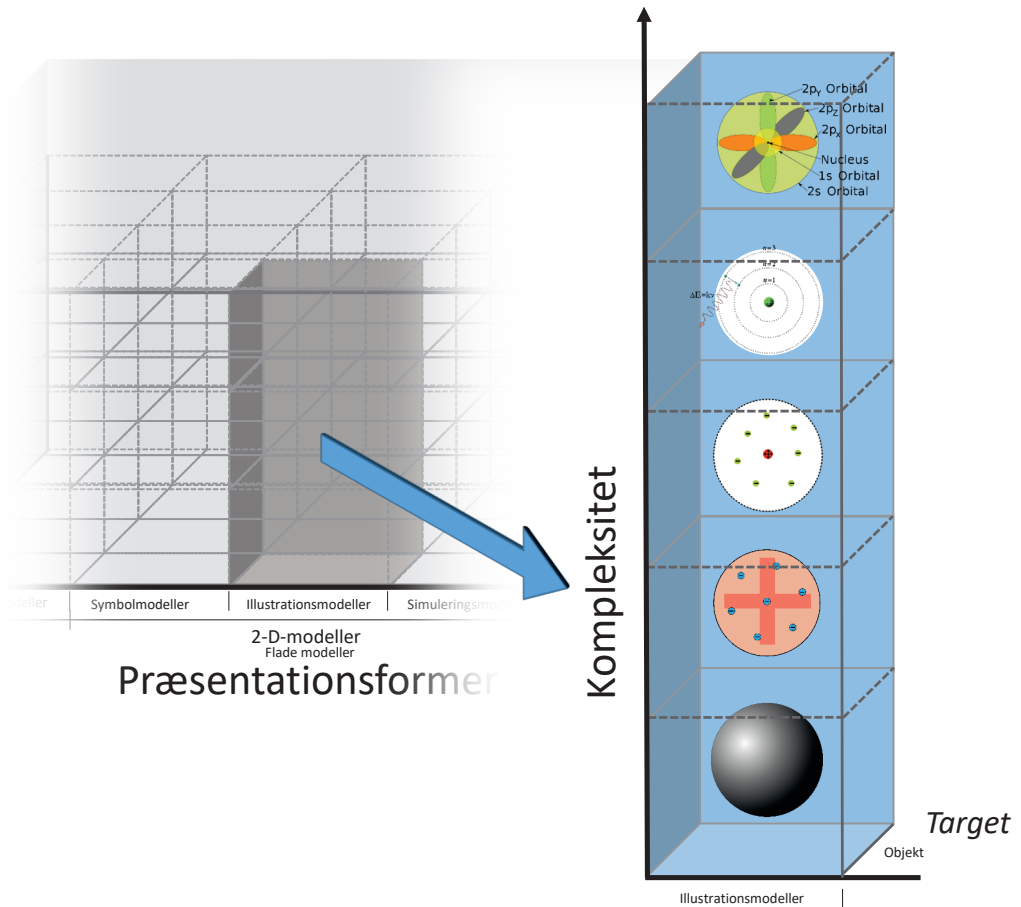
Ulempen ved Hannisdal og Ringnes' modelinddeling er imidlertid at der kan forekomme væsentlige overlap mellem modeltyperne. Nogle kategorier af modeltyper vil have samme udtryksform. Eksempelvis optræder "tegning" på figur 1 både som en symbolmodel og som en illustrationsmodel, men der er forskel på om der er tale om en simpel tegning af en sky med nogle streger der er symbol på regnvejr, eller om en tegning som illustrerer vandets kredsløb. Ydermere vil rollespil kunne være i såvel 2-D som 3-D og derfor lejlighedsvis henregnes til simuleringsmodeller, som på figur 1 er en del af 2-D-modellerne, og lejlighedsvis til de konkrete dynamiske modeller (fx rollespil hvor elever med dem selv som objekter viser rotationsrelationer mellem Solen, Jorden og Månen). Man vil kunne argumentere for at der indenfor 2-D-modellerne generelt er en stigende kompleksitet fra symbolmodeller, gennem illustrationsmodeller og til simuleringsmodeller. Det kan forstås sådan at symbolmodeller ofte indgår i illustrationsmodeller og simuleringsmodeller, mens det er sjældent at illustrations- og simuleringsmodeller er en del af symbolmodeller. Men man vil kunne diskutere om fx et kartogram, som det ekstremt forenklede og stærkt for tegnede kort over placeringen af S-togsruiter og -stationer, med sin omfattende brug af symboler skulle henregnes til gruppen af symbolmodeller eller illustrationsmodeller? Eller skal den interaktive animation som illustrerer den intertropiske konvergenzonen varierende placering i løbet af et år, henregnes til simuleringsmodeller eller til illustrationsmodeller? Det bliver til en diskussion af om nogle forhold overtrumfer andre, når modeller skal placeres i de fem klasser. For mig vil dette være en god mulighed for at træne argumentation med eleverne. Argumentation er jo et nøglepunkt i naturvidenskab og en del af det eleverne i den danske grundskole måles på (indgår fx tydeligt i kommunikationskompetencen i naturfagene). Eleverne skal derfor kunne argumentere for hvorfor de mener en given model skal indplaceres i den ene modelkategori frem for en anden.

Modeller der anvendes i grundskolen, kan rammesættes af modeltype, *target* og kompleksitet, forstået sådan at de fem modeltyper (se figur 1) kan kombineres med de fire *targets* der tidligere er beskrevet, og samtidig rumme mulighed for varierende modelkompleksitet (se figur 2 og 3). Eksempelvis vil 3-D-modeller, altså konkrete modeller, kunne repræsentere hhv. et objekt – fx en polystyrenkugle som model for et atom (en konkret statisk model med forstørrelse af *target*), fænomenet meteornedslag – fx ved sten der kastes i sand (en konkret dynamisk model med formindskelse af *target*), processen fotosyntese (som konkret statisk model) og en fysisk model repræsenterende fordøjelsessystemet (en konkret dynamisk model med forstørrelse af *target*).



**Figur 2.** Skematisk repræsentation af forslag til inddeling af modeller i fem præsentationsformer (jf. figur 1), med fire typer af "virkelighed" (target): et objekt, et fænomen, en proces eller et system. Figuren antyder også at for alle typer af modeller i kombination med de fire typer af target er det muligt at modellerne har varierende kompleksitet gående fra simpel til kompleks. Spørgsmålstegnet i kombinationen simuleringsmodeller og objekt hentyder til at kombinationen er formålsløs idet det ikke giver mening at foretage en simulering af et objekt i sig selv. Hvis objektet derimod fx vibrerer, er det dette fænomen der simuleres.

Hvad angår parameteren kompleksitet, så skal denne forstås således at det inden for alle gyldige kombinationer af modeltyper og target er muligt at variere på modellens kompleksitet hvad angår beskrivelse af target. En model kan være meget simpel, mens en anden model af samme type og med relation til samme target kan være langt mere kompleks (se endvidere figur 3).



**Figur 3.** Med udgangspunkt i figur 2 vises her som eksempel hvordan illustrationsmodeller af opbygningen af et atom kan gå fra en simpel atommodel, som foreslået af Dalton tilbage i 1803, gennem mere komplicerede modeller af Thomson, Rutherford, Bohr, og Schrödinger efterhånden som den videnskabelige erkendelse udvikledes. Forståelsen af atomets struktur har naturligvis udviklet sig siden Schrödingers atommodel fra 1926. Figuren er derfor ikke et forsøg på at vise et samlet overblik over udviklingen af atommodeller, men snarere at gøre opmærksom på at der findes mange modeller for samme virkelighed (target) med varierende kompleksitet.

## Modellers funktion

“... hvis alle naturvidenskabelige modeller har noget til fælles er det ikke deres natur, men snarere deres funktion” (Contessa, 2010, p. 194).

Det er repræsentation der er kernen i modellers funktion. Modeller spiller en stor rolle for både produktion, formidling og accept af naturvidenskabelig viden. En videnskabelig model kan virke som medie for tænkning og kommunikation med henblik på

at beskrive, forklare og forudsige naturfænomener og formidle videnskabelige idéer til andre. Modellers funktionelle roller kan udtrykkes med ikkesproglige semiotiske midler eller ved hjælp af analogi. Modeller hjælper os til at forstå den virkelige verden, altså den fysiske verden med dens fysiske realiteter. For at noget skal være en model, kræver det dog en rettedhed eller en intentionalitet. Modeller laves altså med henblik på noget og kan ikke ses løsrevet fra denne intentionalitet. Derfor er model- lers funktion også påvirket af overbevisninger, intentioner og kognitive interesser hos såvel modelskaber som modelbruger.

For modelskaber kan det være et ønske om at synliggøre abstrakte forhold, et ønske om at bibringe beskrivelser og/eller forenklinger af komplekse forhold eller et ønske om at give videnskabelige forklaringer på og forudsigelser af naturfaglige forhold.

Forskellige forskere vil ofte udarbejde forskellige modeller af samme *target* afhæn- gigt af deres særlige interesser og særlige mål. Derfor er det vigtigt at pointere at der ikke tales om rigtige eller forkerte modeller, men kun om gode eller dårlige modeller. Om en model er god eller dårlig, er i den grad kontekstafhængigt. Det er derfor vigtigt når der udarbejdes modeller, at modellerne har et sigte. Og netop sigtet har indfly- delse på hvilken model der endes op med. Modeller bruges derfor til at forstå verden og/eller til at kommunikere et syn på verden til andre. I en undervisningssituation er modeller derfor værktøjer der skal hjælpe eleven til bedre at kunne forstå verden eller til at kommunikere en forståelse af verden til andre.

## Modellering

Der er naturligvis forskel på model og modellering. Modellen er en simplifikation, en reduktion, af omverdenen, mens endelsen -ing henviser til en handling eller proces. Derfor er modellering fortrinsvis den proces hvor data behandles (handling) og resulterer i en model. Altså modeller bliver til via modellering. Der er imidlertid ikke konsensus om hvad der specifikt indgår i modelleringsprocessen. Men idealisering, uafhængighed og forestillingsevne er de karaktertræk der udgør modelleringens sær- præg, hvorfor fantasi har en særlig kognitiv rolle i modelleringsprocessen (Levy, 2015). Jong *et al.* (2015) skriver at,

“Modellering er den proces, hvor forskere og studerende fremstiller, konstruerer, reviderer og rekonstruerer mentale modeller, der giver dem mulighed for at løse problemer og skaffe sig videnskabelig viden” (Jong *et al.*, 2015, p. 987-988 – egen oversættelse)

Hos Halloun (2004) inkluderer modelleringen udvælgelse, konstruktion, validering, analyse og anvendelse af modeller. Hos Windschitel *et al.* (2007) involverer model- leringsprocessen trin som at tilgå et spørgsmål eller problem, danne midlertidige mo-

deller eller hypoteser om kausale eller holistiske relationer hos fænomener, foretage systematiske observationer med henblik på at teste rigtigheden af disse hypoteser, danne modeller baseret på disse observationer, evaluere modellerne i forhold til deres anvendelighed, deres evne til at forudsige eller deres evne til at forklare samt kunne revidere modellen og anvende den i nye sammenhænge.

Louca og Zacharia (2012) inddeler modelleringsprocessen i to faser: først en model-formuleringsfase med systematiske observationer og indsamling af data efterfulgt af konstruktionen af modellen. Dernæst opererer Louca og Zacharia (2012) med en modelanvendelsesfase hvor modellen først evalueres, dernæst evt. revideres og anvendes i nye situationer. Når Hestenes (1992) fx definerer modellering som den iterative proces der involverer konstruktion og videreudvikling af repræsentationer af fysiske fænomener, så dækker denne definition kun den centrale del af modelleringsprocessen som beskrevet af Louca og Zacharia (2012).

Levy (2015) betegner kort og godt modellering som konstruktion og analyser af modeller. Imellem disse to synes Schwarz *et al.* (2009) at placere sig med deres forsøg på at operationalisere elevernes modelleringspraksis via en inddeling i fire elementer:

- (1) elever *konstruerer* modeller
- (2) elever *anvender* modeller
- (3) elever *sammenligner og evaluerer* modeller
- (4) elever *reviderer* modeller

Modelleringsprocessen starter iflg. Louca og Zacharia (2012) med at gøre observationer og indsamle data. Også Prins *et al.* (2016) inkluderer dataindsamlingen som en del af modelleringsprocessen. Mens fx Hestenes (1992), Schwarz *et al.* (2009) og Levy (2015) ikke har dataindsamling indlejret i modelleringen (se endvidere Christiansen, 2020).

En vigtig parameter i modelleringskompetencen er metamodellering. Metamodellering kan forstås som en overfaglig og emneafhængig forståelse af modeller og modellering. Den generelle viden om modeller og deres anvendelse kaldes af Schwarz (2002) for metamodelleringsviden. Metamodellering udgør fundamentet for en forståelse af betydningen af modeller og modellering i de enkelte naturfag og inkluderer viden om hvad modeller kan repræsentere inkl. viden om modeltyper, viden om modelleres styrker, svagheder, fordele og ulemper, viden om hvilke formål modeller har, hvordan de anvendes, hvorfor de anvendes, og hvorfor modeller ændres. I denne definition er metamodellering en generel forståelse af modeller og modellering hvori den praktiske dimension ikke direkte er inkluderet (Schwarz *et al.*, 2009, 2012). Men metamodelleringsviden har stor indflydelse på hvordan modellering praktiseres.

Ovennævnte eksempler viser at der tydeligvis er forskellige syn på hvad modelle-



ring indbefatter. Men netop synet på modelleringsprocessen må også have indflydelse på hvad vi vil inkludere i modelleringskompetencen som den kommer til udtryk i den danske grundskole. Spørgsmålet er derfor hvordan Børne- og Undervisningsministeriet placerer sig i forhold til ovenstående forståelser af modellering, og hvilke konsekvenser denne forståelse har.

## Hvilke kompetenceområder hører modeller og modellering til?

Det er klart at modeller og modellering spiller en stor rolle i modelleringskompetencen. Men når eleverne anvender modeller i naturfagsundervisning er det, bedømt ud fra læseplanerne for de fire naturfag i grundskolen, ikke nødvendigvis som del af kompetenceområdet modellering, og når eleverne modellerer er det heller ikke nødvendigvis som del af kompetenceområdet modellering. Dette kan lyde underligt, men forklaringen har flere årsager. For det første er der som allerede nævnt forskel på model og modellering. For det andet er der forskellige syn på hvad der bør være inkluderet i modelleringsprocessen. Og for det tredje afhænger det af hvordan man vælger at definere og afgrænse de fire naturfaglige kompetenceområder som rammesætter naturfagsundervisningen. For hvis vi skal kunne bedømme modelleringskompetencen, er vi også nødt til at kunne adskille den fra de andre naturfaglige kompetencer. Da det er oplagt at hvis vi ikke evner at adskille fx modelleringskompetencen fra undersøgelseskompetencen, evner vi heller ikke at kunne evaluere den ene frem for den anden.

Hvad angår modelleringsprocessen er det tydeligt at modellering hos Børne- og Undervisningsministeriet inkluderer modeller som middel til dataindsamling. Fx skrives der i læseplanen for Natur/teknologi inden for kompetenceområdet modellering – Kompetencemål efter 2. klasse at “... eleverne kan lære om opbygningen af kroppen, herunder sanseorganernes placering og funktion, ud fra fysiske modeller som skelet og andre afbildninger af kroppen” (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019a, p. 17). Her bliver modeller middel til ny viden (data) som hermed giver svar på spørgsmål om opbygningen af kroppen. Dataindsamling med modeller opfattes derfor som en del af modelleringskompetencen, men ministeriet opfatter også dataindsamling med modeller som en del af undersøgelseskompetencen. Dette kan understøttes af et par eksempler fra læseplanen for Geografi, hvor der inden for kompetenceområdet undersøgelse skrives: “I undervisningen kan eleverne anvende modeller, kort og statistik til at undersøge årsager til demografiske, erhvervmæssige og bymæssige mønstre på forskellige geografiske skalaer og til forskellige tider” (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019d, p. 18) og videre “I undervisningen kan eleverne med modeller, kort og feltarbejde undersøge danske naturlandskabers karakteristika. Der kan være fokus på at undersøge jordbunden og den danske undergrund ved brug af kort og modeller og

*derigennem lære om jordbundens og undergrundens sammensætning og udbredelse i det danske område” (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019d, p. 19).*

Det er tydeligt i læseplanerne for naturfagene at det at anvende modeller ikke kun er en del af modelleringskompetencen. I læseplanernes generelle del står fx: *“Derudover er det en del af undersøgelseskompetencen at kunne forbinde egne undersøgelsesresultater med fagets forklaringer, modeller og måder at udvikle viden på” (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019a, b, c, d, p. 8).* Og som en del af undersøgelseskompetencen skal eleverne også kunne sammenholde deres resultater med faglige modeller (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019a, b, c, d).

Om undersøgelseskompetencen skrives der i læseplanernes generelle del: *“I arbejdet med undersøgelse og undersøgelseskompetence er der en progression, således at det gradvist bliver mere komplekst, hvad der undersøges, hvordan der undersøges, hvilke krav der stilles til elevernes analyse, fortolkning og modellering, samt hvor store frihedsgrader eleverne forventes at kunne håndtere i deres undersøgelser” (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019a, b, c, d, p. 9).*

Skal ovennævnte sætning tolkes som et perspektiverende blik på undersøgelseskompetencen og hvad den senere skal lede hen til? Eller ligger der her en forståelse af at modellering også er en del af undersøgelseskompetencen og ikke kun en del af modelleringskompetencen?

Metamodelleringsaspekter i læseplanerne ses tydeligst i den generelle del af læseplanerne for biologi, fysik/kemi og geografi hvor modelleringskompetencen beskrives: *“Det er ved at få erfaringer med modellering som proces, at eleverne for alvor udbygger deres modelleringskompetence. Selv at undersøge, revidere og konstruere modeller skærper elevernes blik for forholdet mellem model og virkelighed, for betydningen af en models funktion og for styrker og svagheder ved modeller”. (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019b, c, d, p. 10).* Endvidere skrives der: *“Eleverne udvikler igennem undervisningen et metablik på modeller og modellering, således at de mod slutningen af trinforløbet kan vælge modeller efter formål, diskutere deres styrker og svagheder samt indgå i en samtale om modeller og modellering i relation til et specifikt fagligt indhold eller en problemstilling” (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019b, c, d, p. 19).*

Det er derfor åbenbart at læseplanerne har metamodellering som et tydeligt og vigtigt mål i den kompetenceorienterede naturfagsundervisning. Faren er imidlertid at læreren i sin undervisningsplanlægning i høj grad orienterer sig efter den fagspecifikke del af læseplanen hvor metamodelleringsaspektet ikke fremstår med megen vægt.

Fx skrives der for faget biologi i afsnit 5.3 at eleverne inden for færdigheds- og vidensområdet Evolution skal anvende og vurdere modeller, inden for færdigheds- og vidensområdet Økosystemer skal eleverne udvælge, anvende og vurdere modeller, in-

den for færdigheds- og vidensområdet Krop og sundhed skal eleverne kunne udvælge, anvende, vurdere og redesigne modeller, og inden for færdigheds- og vidensområdet Bioteknologi skal eleverne anvende, forstå og forklare modeller, og undervisningen kan her også omfatte konstruktion af egne modeller. Overordnet set er der her en mere "instrumentel" tilgang til modelleringen. Et enkelt metamodelleringsaspekt nævnes dog under færdigheds- og vidensområdet Krop og sundhed nemlig at eleverne skal arbejde med kritisk stillingtagen til modeller. Ordet modellering optræder talrige gange i de dele af læseplanerne der er fælles for de fire naturfag. Men det kan undre at ordet modellering overhovedet ikke optræder i de fagspecifikke færdigheds- og vidensområder inden for kompetenceområdet modellering.

## Modeller og modellering i forhold til de 4 naturfaglige kompetenceområder

Når læseplanerne lejlighedsvis henregner anvendelse af modeller til undersøgelseskompetencen og lejlighedsvis til modelleringskompetencen, kan det afspejle en forståelse af at disse to kompetenceområder har væsentlige overlap med hinanden. Men det er også problematisk hvis modelleringskompetencen ikke kan afgrænses fra grundskolens andre naturfaglige delkompetencer, eksempelvis altså undersøgelseskompetencen. Det kan være en udfordring hvis det ikke kan afgøres om elevernes anvendelse af en model som middel til at indsamle data henhører til undersøgelseskompetencen eller modelleringskompetencen (eller begge). Er det egentlig hensigtsmæssigt hvis det ydermere ikke kan afgøres om selv den dataindsamling der ikke gør brug af modeller, er en del af undersøgelseskompetencen eller modelleringskompetencen? Skal det så tolkes som at dataindsamlingen isoleret set er en del af undersøgelseskompetencen, men hvis eleverne senere vælger at anvende disse data som udgangspunkt for en model, så overgår denne dataindsamling øjeblikkeligt til at være en del af modelleringskompetencen hvad den ikke var da data reelt blev indsamlet! Det ville derfor være enklere hvis man valgte at definere modellering på linje med fx Hestenes (1992), Schwarz *et al.* (2009) og Levy (2015) hvor dataindsamling ikke er en del af modelleringen. Der er selvfølgelig ikke tvivl om at der skal være data til stede for at der kan udarbejdes en model, men jeg stiller spørgsmålstejn ved om selve dataindsamlingen bør inkluderes i modelleringskompetencen ift. undervisningen i den danske grundskole.

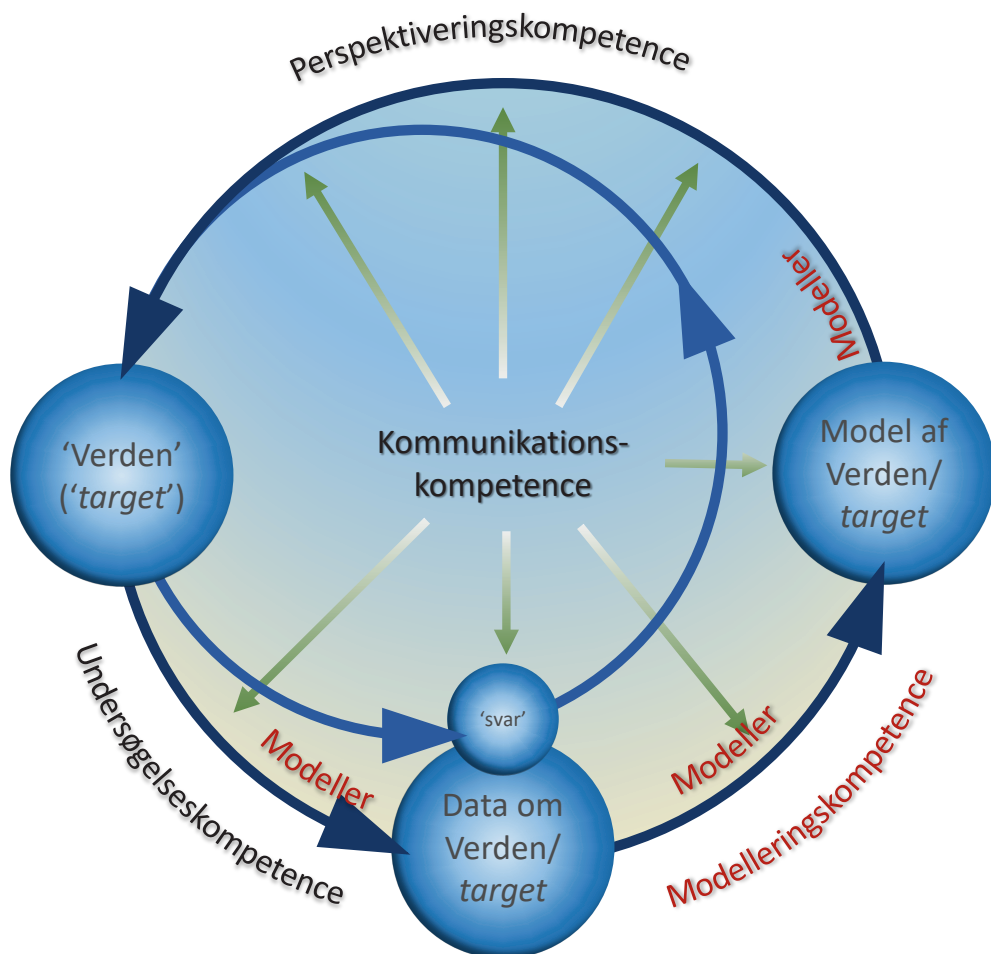
Derfor foreslås det her at modellering defineres som selve den proces der ligger mellem "data" og "model" inkl. de tanker, overvejelser, argumenter m.v. der inddrages i fasen (se endvidere figur 4).

Da der netop er forskel på modeller og modellering og således en accept af at ikke al anvendelse af modeller er en del af modelleringskompetencen, bliver det tydeligt

at modeller spiller en stor rolle ifm. at udvikle elevernes undersøgelseskompetencer. Modeller vil desuden også kunne indgå som del af perspektiveringskompetencen.

I modelanvendelsesfasen har jeg det synspunkt at anvendelse af modellen i ramme af modellens eget regime er en del af modelleringskompetencen, men når modellen anvendes til at løse en helt anden problematik, altså i en ny situation som ikke ligger inden for modellens eget regime, så kan der være tale om perspektivering. Lad mig komme med et eksempel: hvis eleverne i et undervisningsforløb om kartografi ender op med at udarbejde et kort (model) over skolen, vil efterfølgende diskussioner af modellens forklaringskraft, hensigtsmæssig brug af symboler, farver osv. stadig være en del af modelleringskompetencen uanset hvor mange korrektioner (reviderede modeller) disse diskussioner resulterer i. Vi er stadig inden for det jeg kalder modellens eget regime. Men hvis eleverne efterfølgende anvender kortet (modellen) til fx at afgøre hvor på skolens område det vil være mest hensigtsmæssigt at placere det drivhus de skal bruge til tomatdyrkning i biologi, så er modelleringsprocessen ophørt, og modellen er anvendt perspektiverende.

Samlet set vil jeg foreslå at man i dansk skolekontekst definerer de tre naturfaglige kompetencer undersøgelses-, modellerings- og perspektiveringskompetencen som det der udfolder sig mellem hhv. "Verden", "Data om verden" og "Model af verden". Her kan "Verden" i et model-/modelleringsperspektiv erstattes med *target*. Som illustreret i figur 4 bliver kompetenceområderne på denne måde langt tydeligere adskilt fra hinanden end for nuværende hvilket sandsynligvis vil være til gavn for såvel lærere som elever. Bemærk hvordan kommunikationskompetencen her opfattes som et fundament under de tre andre kompetencer der er med til at give disse værdi når eleven argumenterer, diskuterer osv. Herved bliver det tydeligere for eleverne hvordan kompetenceområderne kan afgrænses fra hinanden, og hvordan de kan relateres. Det bliver også tydeligt at der er forskel på model og modellering da modeller ikke udelukkende finder anvendelse i modelleringskompetencen, men også kan være et element i dataindsamlingen (undersøgelseskompetencen) og ligeledes anvendes perspektiverende. Men selve modelleringen udspiller sig, som den proces den er, mellem data og model.



**Figur 4.** De 4 kompetencemål for den danske grundskoles naturfag er her relateret til hinanden med inspiration fra "den naturvidenskabelige arbejdsmåde". Hvis eleven har et naturfagligt spørgsmål til "verden", skal eleven tilvejebringe data for at kunne besvare spørgsmålet. Denne dataindsamlingsproces betegnes undersøgelseskompetencen. De indkomne data skal behandles og analyseres. Nogle gange kan det være nok til at få det svar eleven har brug for. Denne nye viden om "verden" kan eleven så efterfølgende perspektivere "ud i verden". Andre gange vil de indsamlede data udgøre grundlaget for modelleringsprocessen, der når den er gennemført, vil ende op med en model af verden/target. Denne model af verden kan eleven via perspektiveringskompetencen efterfølgende bruge til at sige noget om (en anden del af) verden.

I figur 4 er kompetenceområderne udspændt mellem de tre "fysiske" enheder Verden, Data om verden og Model af verden. Det er disse tre enheder der for eleven kan synes håndgribelige, mens kompetencerne der udspiller sig imellem, vil være sværere for eleven at få øje på. Det betyder også at modeller i forbindelse med naturfagsundervisningen vil kunne have forskellig funktion alt efter om funktionen bedømmes fra

hhv. en underviser- eller en elevvinkel. I en undervisningssituation må man være sig bevidst om hvorvidt modellen er mål eller middel. Dette er ikke lige til at afgøre da det er kontekstafhængigt. Eleven forstår måske at undervisningsaktiviteten har som mål at der udarbejdes en model, og midlet til at nå målet er modellering. Læreren kan dog have det synspunkt at modellen er et middel til at opnå målet; at gøre eleven mere modelleringskompetent.

## Perspektivering

I grundskolen bør vi i naturfagsundervisningen lade eleverne selvstændigt og aktivt arbejde med modeller og modellering. Eleverne skal derfor bringes i situationer hvor de både "gør noget" med modeller og "gør noget" der resulterer i modeller. At "gøre" noget med modeller kræver at modellerne forefindes ved påbegyndelse af aktiviteten, mens det andet aspekt af modellering hvor det at "gøre" noget der resulterer i en model, betyder at modellen ikke foreligger i færdig form til at begynde med.

Hvad angår modelleringsundervisningen, bør den rammesættes således at eleverne får mulighed for selvstændigt at gennemgå modelleringsprocessens forskellige faser.

Når eleven udarbejder en model, skal eleven også kunne fortælle hvorfor der udarbejdes en model (og ikke bare svare "*fordi læreren siger det*"), hvem der skal bruge modellen, og hvad den skal bruges til. Eleven skal derfor have en forståelse for at modellen er et middel til kommunikation af viden til andre. Derfor skal eleven kunne vælge relevant indhold, relevant materiale og relevante udtryksformer.

En aktivitet kunne tage udgangspunkt i carbonkredsløbet hvor en relativ kompleks 2-D-model/illustrationsmodel med 9. klasse som målgruppe danner udgangspunkt for netop en 9. klasses modelleringsaktivitet. Men i stedet for at lade modellen være middel til dataindsamling (ny faglig viden), som ofte kunne være tilfældet i undervisningen, lader man denne model være datagrundlaget for elevernes modelleringsaktivitet. Eleverne skal altså med udgangspunkt i denne komplekse model udarbejde en simplere model der passer til en anden målgruppe (fx 3. klasse). Eleverne skal derfor igennem talrige modelleringsovervejelser: hvad forstår vores målgruppe? Hvad skal vi vælge at medtage fra den svære model, og hvad skal vi fravælge? Hvordan skal vi illustrere det så dem fra 3. klasse kan forstå det? Osv. Læreren kan stilladsere elevernes gruppearbejde så det sikres at alle relevante modelleringsdrøftelser gennemføres i gruppen. Når modellen er produceret, fx i et tegneprogram, kan gruppen i samtale med andre argumentere for deres valg og fravalg. Nogle ville indvende at eleverne ikke bliver meget klogere af at beskæftige sig med carbonkredsløbet på så "lavt" et niveau, men her skal vi huske på at det er målet at eleverne skal blive mere modelleringskompetente – faglig viden om carbonkredsløbet var ikke formålet med aktiviteten.

Det er principielt målgruppen/modelbrugerne der bedømmer om det er en god el-

ler dårlig model der er blevet designet, gerne i dialog med modeldesigner. I sådanne dialoger bliver eleverne opmærksomme på at der ikke bør tales om rigtige og forkerte modeller, men om gode og dårlige modeller. Fx vil den komplekse illustrationsmodel af carbonkredsløbet givetvis være en god model i 9. klasse, men en dårlig model i 3. klasse. Men modellen som sådan bliver jo hverken mere eller mindre rigtig alt efter om det er en 9.-klasseselev eller en 3.-klasseselev der ser på den.

Lad mig komme med et andet eksempel. I en undervisningssituation kan målet være at gøre eleverne opmærksomme på at der er forskel på et "rigtigt" kort og på et godt kort. Et kort kan, sammen med dets signaturforklaring, nemlig godt være korrekt, altså sådan "juridisk" set, men hvis det ikke kommunikerer sit budskab klart og tydeligt, er det ikke et godt kort. Hvis man eksempelvis har et kort hvor havet er sort, skoven er blå, og åen er rød, og hvis alt dette står i signaturforklaringen, er der på sin vis ikke nogen fejl på dette kort. Det er et lige så rigtigt kort som det kort der med samme visning og samme type signaturforklaring viser havet som blå, skoven som grøn og åen som blå. Det sidste kort er derfor ikke et mere rigtigt kort, men et bedre kort fordi det bidrager med en bedre og mere klar kommunikation til brugeren. Hvis eleverne vil indvende at havet jo er blå, kan man som lærer bare vise dem et satellitfoto af fx Nordsøen. Her vil havet fremstå sort, men vi har nogle mere eller mindre vedtagne farvekonventioner der letter og tydeliggør vores grafiske kommunikation hvis vi i modeldesignfasen benytter os af dem.

Metamodellering er et vigtigt aspekt ift. at gøre eleverne mere modelleringskompetente. Men det kræver ofte stilladsering fra lærerside og understøttelse via kommunikationskompetencen. Eleverne skal derfor have mulighed for at ræsonnere og argumentere over relationen mellem model og virkelighed. De skal kunne forklare hvad modellers funktion er, både generelt og specifikt. De skal kunne argumentere for at en model er bedre end en anden model, men samtidig have forståelse for at der kan være fornuftige grunde til at have forskellige modeller af samme fænomen eller objekt.

Alt det metamodelleringsmæssige kan lyde svært at få inkorporeret i undervisningen, men i den rigtige rammesætning kan læreren facilitere mange gode metamodelleringsovervejelser og -forståelser hos eleverne.

Hvad angår problematikken med modellers relation til virkeligheden, kan vi i N/T godt tage udgangspunkt i en illustrationsmodel med en vejrsprognose for Danmark. Lad os sige at modellen vil vise at det bliver solskin overalt i Danmark. Der vil derfor ofte optræde en sol over alle de danske landsdele, måske ni i alt. Læreren kan derved facilitere en diskussion af hvor mange sole der findes her i vores del af solsystemet. Mange elever vil nok være klar over at svaret er en, men hvorfor vises der så ni på modellen? Altså hvad er relationen mellem model og virkelighed, og hvorfor kan det alligevel give god mening at vise ni sole?

## Referencer

- Black, M. (1962). *Models and metaphors: studies in language and Philosophy*. New York: Cornell University Press.
- Bokulich, A. (2017). Models and Explanation. In Magnani, L. & Bertolotti, T. (eds.), *Springer Handbook of Model-Based Science* (s. 103-118). Springer International Publishing.
- Bokulich, A. & Oreskes, N. (2017). Models in the Geosciences. In Magnani, L. & Bertolotti, T. (eds.), *Springer Handbook of Model-Based Science* (s. 891-911). Springer International Publishing.
- Brandt H. & Johansen, B.L. (2014). Modeller i naturfagene. ntsnet.dk/naturfagsdidaktik 36 pp.
- Børne- og Undervisningsministeriet (2019a). *Læseplan for faget Natur/teknologi*. Lokaliseret d. 29 april 2020 på <https://emu.dk/sites/default/files/2019-08/GSK-L%C3%A6seplan%20-%20Natur%20teknologi.pdf>.
- Børne- og Undervisningsministeriet (2019b). *Læseplan for faget biologi*. Lokaliseret d. 29 april 2020 på <https://emu.dk/sites/default/files/2019-08/GSK-L%C3%A6seplan-Biologi.pdf>.
- Børne- og Undervisningsministeriet (2019c). *Læseplan for faget fysik/kemi*. Lokaliseret d. 29 april 2020 på <https://emu.dk/sites/default/files/2019-08/GSK-L%C3%A6seplan%20-%20Fysik%20kemi.pdf>.
- Børne- og Undervisningsministeriet (2019d). *Læseplan for faget geografi*. Lokaliseret d. 29 april 2020 på <https://emu.dk/sites/default/files/2019-08/GSK-L%C3%A6seplan-Geografi.pdf>.
- Cassini, A. (2018). Models without a Target. *ArtefactOs. Revista de estudios de la ciencia y la tecnología*, 7(2), 185-209.
- Chamizo, J.A. (2013). A new definition of models and modeling in Chemistry's teaching. *Science & Education*, 22(7), 1613-1632.
- Christiansen, J.L. (2013). Kompetenceorienteret naturfagsundervisning. I Christiansen, J.L., Hansen, N.J., Madsen, J. & Lindhardt, B. (red.): *KOMPIS – Kompetencemål i praksis. Et udviklings- og forskningsprojekt i dansk, matematik og naturfag 2009-2012* (s. 29-39). University College Sjælland.
- Christiansen, J.L. (2020). Modelleringsprocessen. *MONA* 2, 85-88.
- Christiansen, J.L., Andersson, J., Hansen, D., Jensen, M.-A.S., Kinnerup, L.B. og Lilius, K.M., (2019). Brug af modeller og modellering i udskolingens naturfagsundervisning. *MONA* 4, 8-27.
- Contessa, G. (2010). Introduction (to special issue). *Synthese* 172, 193-195.
- Frigg, R. & Nguyen, J. (2017). Models and Representation. In Magnani, L. & Bertolotti, T. (eds.), *Springer Handbook of Model-Based Science* (s. 49-102). Springer International Publishing.
- Gelfert, A. (2017). The Ontology of Models. In Magnani, L. & Bertolotti, T. (eds.), *Springer Handbook of Model-Based Science* (s. 5-23). Springer International Publishing.
- Gilbert, J.K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115-130.
- Gilbert, S.W. & Ireton, S.W. (2003). *Understanding Models in Earth and Space Science*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Halloun, I.A. (2004). *Modeling Theory in Science Education*. Kluwer Academic Publishers. 250 pp.



- Hannisdal, M. & Ringnes, V. (2003). Modeller og modellbruk i naturfagene. I Jorde, D. & Bungum, B. (red.). *Naturfagdidaktik: Perspektiver, Forskning, Utvikling* (s. 199-212). Gyldendal Nordisk Forlag.
- Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Hestenes, D. (1992). Modeling games in the Newtonian World. *American Journal of Physics*, 60(8), 732-748.
- Jong, J.-P., Chiu, M.-H. & Chung, S.-L. (2015). The Use of Modeling-Based Text to Improve Students' Modeling Competencies. *Science Education*, 99(5), 986-1018.
- Levy, A. (2015). Modeling without models. *Philosophical Studies*, 172(3), 781-798.
- Louca, L.T. & Zacharia, Z.C. (2012). Modeling-based learning in Science education: cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. *Educational Review*, 64(4), 471-492.
- Oh, P.S & Oh, S.J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130.
- Ornek, F. (2008). Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science. *International Journal of Environmental & Science Education*, 3(2), 35-45.
- Prins, G.T., Bulte, A.M.W. & Pilot, A. (2016). An-Activity-Based Instructional Framework for Transforming Authentic Modeling Practices into Meaningful contexts for Learning in Science Education. *Science Education*, 100(6), 1092-1123.
- Ringnes, V. & Hannisdal, M. (2006). *Kjemi Fagdidaktikk – Kjemi i skolen*. Høyskole Forlaget.
- Schwarz, C.V. (2002). Using Model-Centered Science Instruction to Foster Students' Epistemologies in Learning with Models. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA. April 2002. 12 pp.
- Schwarz, C.V., Reiser, B.J., Davis, E.A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B. & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 632-654.
- Schwarz, C.V., Reiser, B., Acher, A., Kenyon, L., & Fortus, D. (2012). MoDeLS: challenges in defining a learning progression for scientific modeling. In A. Alonzo & A. Gotwals (Eds.), *Learning progressions in science: current challenges and future directions* (s. 101-137). Boston, MA: Sense.
- Taber K.S. (2017). Models and Modelling in Science and Science Education. In: Taber K.S., Akpan B. (eds) *Science Education. New Directions in Mathematics and Science Education*. (s. 263-278) SensePublishers, Rotterdam.
- Van Der Valk, T., Van Driel, J.H. & De Vos, W. (2007). Common Characteristics of Models in Present-day Scientific Practice. *Research in Science Education*, 37, 469-488.

## English abstract

*This paper addresses general aspects of models and modelling and pupils' use of models and modelling as intended in the curriculum of Danish primary and lower secondary education. A new classification in 1D, 2D and 3D models is presented. The paper advocates a definition of modelling as the process that lies between "data" and "model". This entails that not all use of models should be included in the modelling competence. The article intends to enable an increase of teachers' knowledge of models and modelling in order to improve modelling-based teaching in science education.*

# Naturfagslærernes tid er en mistelten der skal tages i ed



Christina Frausing Binau,  
Astra og Skolen på Duevej,  
Frederiksberg

Ifølge nordisk mytologi glemte Frigg at tage misteltenen i ed, og resultatet blev at hendes ene søn Høder uforvarende dræbte sin bror Balder med en pil af denne træsort. Hvad hvis nu naturfagslærernes mangel på tid er den "mistelten" der tager livet af udviklingstiltag i grundskolen? Tid kan synes som en banal og endda kedelig faktor at tage højde for i projekter der har til formål at udvikle praksis i naturfagene. Men mine oplevelser i folkeskolen giver mig grund til at foreslå at netop tiden vies nok opmærksomhed så den ikke ender med at spænde ben for god udvikling på naturfagsområdet.

## Kort om forfatterens situation

Jeg er uddannet folkeskolelærer fra 2000 med linjefagene dansk og biologi. Yderligere har jeg en pædagogisk diplomuddannelse som naturfagsvejleder fra 2010 samt en master i scienceundervisning fra 2018 i bagagen sammen med nu 13 års undervisningserfaring i folkeskolen.

Siden 2012 har jeg arbejdet som konsulent i Astra – det nationale naturfagscenter og i en årrække tillige i Naturfagernes Evaluerings- og Udviklingscenter, NEUC.

I skoleåret 2019-2020 har jeg arbejdet i en kombinationsstilling med ca. 40% tid i Astra og ca. 60% på Skolen på Duevej i Frederiksberg Kommune. Stillingen på skolen er et barselsvikariat, men fortsætter én dag om ugen i skoleåret 2020-2021. Undervejs i skoleåret har jeg ført en refleksionsdagbog på ugebasis for at fastholde mine oplevelser og refleksioner så de kan komme mit konsulentarbejde til gode. Artiklen *Der er meget mere arbejde, end jeg har tid til* fra Folkeskolen (Lauritsen 2020) refererer til dagbogen, og udpluk fra enkelte ugers refleksioner kan læses i (Binau 2020).

Min oplevelse som folkeskolelærer i dagens Danmark er kort fortalt: Der mangler i dén grad tid til at forberede og efterbehandle undervisningen. Jeg har været både klasse-, dansk- og biologilærer på 7. årgang i det forgangne skoleår, og den knappe tid gælder på alle tre områder. I det følgende fokuserer jeg på naturfagsområdet og kommer med mine bud på hvorledes netop tidsfaktoren kan hæmme god udvikling. Dette vil lede mig frem til at foreslå hvad fremtidige projekter kunne kaste sig over at undersøge.

Med “projekter” og “udviklingstiltag” mener jeg den brede vifte af initiativer der kommer “udefra” og “vil” grundskolens naturfag noget – har et princip eller en dagsorden der ønskes implementeret i praksis. Det kan fx være via fondsfinansierede projekter og tilbud som skoler eller lærere selv melder sig til deltagelse i. Eller det kan være ministerielt initierede tiltag som det måske er kommunalt besluttet at skolerne skal være med i. Jeg mener således ikke den enkelte skoles egne eventuelle pædagogiske udviklingsarbejder endside de projekter som eleverne deltager i i naturfagsundervisningen, som fx projektopgaver og fællesfaglige forløb.

Jeg bringer her fire af de erkendelser jeg har gjort mig i løbet af skoleåret, idet jeg lader min refleksionsdagbogs feltnoter tale for sig selv:

### *Erkendelse nr. 1: Tiden som klargøring og oprydning kræver, begrænser frekvensen af praktisk, undersøgende arbejde*

I uge 30 skriver jeg: *Ugens overraskelse: Shit, der er ikke blevet indkøbt CO<sub>2</sub>-indikator, og jeg skal have reagensglas til 86 elever.*

*Ugens chok er, at der ikke er blevet indkøbt CO<sub>2</sub>-indikator i sidste uge. Det er mandag eftermiddag, jeg opdager det. Jeg når at få fat i Frederiksen, der vil sende næste dag, men det løser ikke problemet med, at jeg skal kunne blande det onsdag morgen kl. 7.30. Jeg skaffer det via en ven på naboskolen, der heldigvis har rigeligt i skabet og tager det med hjem, så jeg kan hente det hos ham om aftenen.*

*Så er næste udfordring, at det at igangsætte det klassiske CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>-påvisningsforsøg med fire klasser ideelt set kræver i nærheden af 100 reagensglas med propper og holdere, hvis eleverne – som man kunne ønske – skulle arbejde i makkerpar. Det har jeg ikke til rådighed. Jeg kan få lokaliseret udstyr, så vi har nok til grupper à ca. fire. Men det koster en rum tid i rengøring af reagensglas, før det er klar. Vandpesten har jeg heldigvis købt i weekenden i min lokale akvariebutik. **Jeg får genopfrisket min forståelse for, hvorfor det er, man trods gode intentioner og viden om lyksalighederne ved elevernes praktiske, undersøgende arbejde sommetider forfalder til et demonstrationsforsøg eller at sætte eleverne til at læse om det.** Det har nok kostet mig i alt ca. tre-fire idealistiske arbejdstimer (forberedelse og skafning af materialer samt efterfølgende oprydning), at 7. årgang skulle sætte forsøgene i gang, så vi kan lære noget af dem i næste uge. Og så har jeg ikke engang talt mine frikvarterer om onsdagen med, der gik med at gøre rullevoغن klar fra den ene classes arbejde til den næstes. Jeg mødte ind*

på skolen 7.30 for at blande indikatorvæske og fordele vandpest i baljer, og jeg gik igen 11 timer senere. Først da var jeg færdig med oprydning og opfølgning. Opfølgningen var bl.a. at sætte klassernes respektive forsøgsopstillinger ud i respektive klasselokaler, så de (som lektie) kunne tage billeder af opstillingerne fredag. Og det var at få skrevet denne lektie samt linke til en lillebitte film, eleverne skal have set til næste uge ind i Skoleintra. (...) **Hvad hvis man havde undervisningsassistenter i folkeskolen til de praktiske fag, så der var praktisk hjælp at hente til at klargøre og oprydde? Hvad ville det betyde for hyppigheden og kvaliteten af praktisk, undersøgende arbejde?**

I uge 35 noterer jeg: Ugens spørgsmål: Er tiden den største hæmmer for god naturfagsundervisning?

Ingen forhastede konklusioner – blot en tanke, der har luret hele ugen: **Hvad nu hvis det, der mest af alt skulle til, for at eleverne kunne få en tids- og målsvarende, varieret og veltilrettelagt naturfagsundervisning, var, at lærerne fik tid nok til at forberede den?**

I uge 50 skriver jeg: Ugens overvejelse: Burde der differentieres i forberedelsestiden til "våde" og "tørre" fag?

Endnu engang optages jeg af det forhold, at det kræver meget tid at forberede, gennemføre og rydde op efter "våd" naturfagsundervisning. Ugens biologitimer stod i fiske-dissektionens tegn: Efter at have været på besøg på havforskningsskibet Dana for en måneds tid siden, fik vi i omegnen af 55 torsk og små 20 rødspætter fra Østersøtoget. Fik forærende vel at mærke – væsentlig pointe – for det ville have kostet tusindvis af kroner at købe.

Hvad der var gratis i anskaffelse, kostede til gengæld små tre timers arbejde dagen før selve undervisningen: Fiskene skulle hentes på DTU Aqua, de skulle bæres op på 4. etage (og der var mange kilo, skal jeg hilse at sige) og sættes til at tømme med vand til dagen efter. Dissektionssæt, bakker og baljer skulle hentes i natur/teknologi-lokalet i den anden bygning, og de skulle vaskes af – der havde været jord i bakker og baljer sidst. Plancher med fiskenes anatomi skulle printes og lamineres – ellers ville de ikke holde til de otte omgange, dissektionen foregik over. Klassen arbejder nemlig i to stationer, når vi laver praktisk, undersøgende arbejde; så kan jeg være ved den "våde" station hele tiden, og jeg behøver kun udstyr til 12 elever ad gangen. Onsdag morgen var jeg naturligvis nødt til at møde ret tidligt ind, for at første hold fisk kunne være klar i bakkerne.

Desværre blev jeg ramt af uheld fra morgenstunden, da bunden gik ud på den ene spand, idet jeg skulle løfte den over i vasken. Det betød, at jeg havde mere end 10 liter fiskevand på gulvet, da klokken var 7.50. Den slags er hændeligt, men desværre ekstra sandsynligt i mit tilfælde, da de spande, jeg har, er nogle, jeg har fået ved at gå tiggang i den for skolen lokale blomsterbutik. Der er absolut minimalt med penge til rådighed, så det virkede som et smart move – lige indtil jeg så havde sok og i øvrigt meget travlt med at søbe vand op.

*Selve dissektionen med de otte hold var udbyttmæssigt det hele værd: Stor var forundringen, og høje var stemmerne, da elever forløste, hvad de først (supersødt) regnede med, var en "fiskebaby" i en kæmpe torsks bug – men som de ved nærmere eftertanke måtte konkludere, nok var én der var blevet slugt hel i selskab med rejer. Jeg tror ikke, de foreløbigt glemmer, hvordan torsken æder. Også de, der ikke selv gjorde spektakulære fund i maverne på fiskene, fik en oplevelse, jeg vil vædde med, sætter spor – og en krog at hænge deres øvrige viden om fisk på.*

*Blandt undersøgelsesspørgsmålene var, om vi kunne lokalisere leveren på hver torsk og sammenligne dem med billeder af parasitangrebne lever fra de slides, vi fik efter sendt fra besøget på Dana. Eleverne kunne konkludere, at leveren mestendels så sunde ud.*

*Jeg kørte en behård eksercits ift. oprydning efter hver af de otte omgange og satte fx dukkene til at slæbe skrald ned osv. Ikke desto mindre tog det mig en lille times tid at få skuret færdigt og få bestilt en ekstraordinær omgang rengøring.*

*Det betyder, at selve den praktiske forberedelse af og oprydning efter undervisningen tog små fire timer. Nu har jeg stordriftsfordelen i og med, at jeg kører mine fire klasser igennem i streg. Havde jeg kun ét biologihold, skulle der stort set det samme til, bortset fra at mængden af fisk ville være mindre, og der derfor kunne spares lidt tid i forhold til at bære op i lokalet og sætte til optøning.*

***Jeg må desværre sige, at jeg godt forstår, hvorfor nogle afstår fra at sætte alt dette i værk og lader eleverne lære om fisk ved "tørbiologiundervisning" i stedet. Jeg forstår det så inderligt godt. Og jeg tænker, om ikke det var rimeligt og på tide at den slags fag, der har praktisk, undersøgende arbejde som en del af sit DNA (det gælder vel også fx madkundskab og håndværk og design) fik en særlig status, en bestemt faktor i forberedelse – sådan helt officielt?***

*Når mål og læseplaner tilskriver et fag at praktisere "våd" undervisning – skal og bør det følges til dørs af tid til "våd" forberedelse og efterbehandling af undervisningen. Det tager længere tid at få den slags undervisning sat i værk, end det gør at forberede en "tør". Ønsker vi den slags undervisning øget, må vi efter min bedste overbevisning rydde den forhindring af vejen, der ligger i, at det kan være overordentlig svært at finde tid til det – med mindre man lægger, hvad der helt seriøst omtales som "interessetimer" = gratis timer, hvis man ser positivt på det, skruerbrækkertimer hvis man anskuer det negativt.*

*Det kan være, jeg skal finde en bedre måde at italesætte det end "vådt" og "tørt", da det jo kan lyde som om jeg forklejner fag, der ikke skal have fisk og den slags på bordet, eller insinuerer at de er kedelige. Det er ikke det, jeg mener! Og en pointe er selvfølgelig også, at selv "tørre" fag som dansk tager tid at forberede. Fx skal der jo læses romaner, forberedes drama osv. Grundlæggende bør alle fag have tilstrækkelig tid til forberedelse og efterbehandling. Men selv hvis der sikredes bedre tid generelt (...), er der et særligt*

vilkår omkring "våde" fag. Det bør alverden vide. Og det bør der tages fat om. Og første skridt set fra min synsvinkel må være, at naturfagslærere kommer frem med, at **det kræver en ganske særlig indsats og derfor ekstra tid, hvis vi skal levere den undervisning, der er praktisk, undersøgende anlagt.**

## **Erkendelse nr. 2: Al anderledes organisering af undervisning kræver ekstra tid til at tilrettelægge**

I uge 34 skriver jeg: *Ugens indsigt: Sætter mig for at gennemføre en (synes jeg selv) eksemplarisk organiseret undervisning – og er lige ved at knække halsen på forberedelsen.*

*Jeg sætter mig for at gennemføre en biologiundervisning, hvor eleverne gruppevis turnerer mellem fire stationer med forskelligartet arbejde i 15 koncentrerede minutter ad gangen – og har fem-minutters pauser imellem. Jeg synes selv, det er en rigtig god arbejdsform, der sikrer både variation, bevægelse (i det små dog, men alligevel) og især mest mulig taletid til den enkelte elev. Plus at det giver mig samtaletid med hver eneste gruppe ved stationen med det (for de fleste) sværeste indhold. Alt er godt ... indtil jeg skal finforberede det, hvad der ender med at blive tirsdag eftermiddag (= i sidste øjeblik), fordi skemalagt forberedelsestid er blevet ædt af andre presserende sager.*

*Det ender med at tage mig i omegnen af 3,5 time at få det på skinner: Inden tekster (der er fundet for længst) er skåret til, blevet forsynet med instruerende læseformål m.m., papkort til at flytte rundt med fotosyntesens ingredienser med er skaffet og skrevet, inden en vejledning med 1) gør dit 2) gør dat osv. er skrevet og lamineret til alle fire stationer osv., osv., osv. Undervejs i forberedelsen fortryder jeg bitterligt, men det vil ligesom tage endnu mere tid at rulle det tilbage og finde på en anden form.*

*Onsdag i alle fire klasser går det rigtig godt, og man kan sige, det har været maset værd. Men jeg puster ud og bliver mindet om, hvorfor det er, det ofte bliver til en undervisning organiseret således, at alle elever eller grupper foretager sig det samme samtidig, så instruktioner gives kollektivt og mundtligt: Dette er mindre forberedelsestungt. Og det ærgerlige er, at det er langt vanskeligere at få nok, rolig samtaletid med hver enkelt gruppe om netop det sværeste i den kollektive organisering. Det koster simpelthen (mig i hvert fald) en masse forberedelsestid at lave en stationsorganiseret undervisning, og den tid er meget vanskelig at finde inden for rammen af ens arbejdstid.*

I uge 39 noterer jeg: *Ugens husker: Omorganisering af skoledagene er noget af det, der trækker tidstænder ud. Og ugens forslag: Kunne en "mikrokoordinator" få øremærket tid til logistisk forberedelse?*

*Her er noget af det, der tager tid: Omorganisering af skoledage, så fire klasser med tre lærere i løbet af tre uger kan komme på to ture hver ... Man skulle tro, det var løgn, men det er sandt: Sådan en logistik tager måske et par timer at få til at gå op, hvis man også medtæller booking af besøg og tilmelding (...) det er værd at huske på, hvad det*

reelt koster af tid til det rent logistiske, når naturfagsundervisningen går ud over den skemalagte ramme. Hertil kommer så tiden til at forberede selve indholdet.

*En tanke, der har formet sig i løbet af ugen, er: **Kunne en "mikrokoordinator", der tildeles ekstra timer til at skabe logistiske og andre slags praktiske rammer omkring fællesfaglig naturfagsundervisning, fungere som katalysator i processen for at få det fællesfaglige på skinner?***

### **Erkendelse nr. 3: Når tiden er knap, er evaluering det første der ofres**

I uge 48 skriver jeg: *Ugens indrømmelse: Forsøger at tage min egen evalueringsmedicin, men kan ikke få den ned...*

*Efter i denne uge at have gennemført skole/hjem-samtaler i den klasse, hvor jeg (udover biologi-) er dansk- og klasselærer, og i den forbindelse have brugt en del tid på at gøre status på den enkelte elev (både før og under samtalerne), kommer jeg til at tænke nærmere over min evalueringspraksis som udøvende lærer.*

*I dansk og som klasselærer benytter jeg mig af en evalueringslog, jeg har udviklet, med hvilken jeg løbende samler til bunke for den enkelte elev. I al sin enkelthed har jeg et skema for hver elev med følgende kategorier i øverste række: Evaluering i forbindelse med ... – Dato – Kriterier/målepunkter – Tegn/observation/måling – Evt. vurdering.*

*Det tager mig noget tid indimellem at kigge på nogle af de elevprodukter, jeg samler ind fx skriveøvelser, videoer, noter, grammatikbøger, fremlæggelser og den slags – fysiske såvel som elektroniske. Jeg bruger ikke mange minutter pr. elev pr. produkt, men alt i alt giver det mig et fint indblik i den enkeltes styrker og svagheder, såvel som udviklingen heri.*

*Jeg ville så gerne bruge systemet i biologi også. Dels for at gøre en god og systematisk indsats med mine elever og tilmed kunne levere god overlevering til hende, jeg er barselsvikar for, når tid kommer. Og dels for at prøve min evalueringslog af i naturfagsregi, nu mens jeg har lejlighed til det – så jeg kan videreudvikle konceptet sidenhen, men vide at det er testet af hverdagen.*

*Men i mine bestræbelser på at tage min egen medicin, hvad angår evaluering (som jeg jo alligevel har skrevet i naturfagsdidaktikbøger om), må jeg simpelthen erkende, at jeg ikke kan få medicinen ned. Ikke lige nu i hvert fald. Jeg kløjs i to forhold:*

*For det første har jeg 88 elever i biologi. Så selvom jeg bare skulle bruge et par minutter på hver elev engang imellem, så er det simpelthen et helt uoverstigeligt højt antal minutter at bruge.*

*For det andet (som hænger uløseligt sammen med det første) så er det simpelthen kun i teorien og ikke i min nuværende praksis, der er tid til alle tre dele af det, der i didaktisk litteratur anses for en treenighed: At planlægge, gennemføre og evaluere undervisning. Jeg når at gennemføre – ingen tvivl om det. Jeg når at planlægge (inden for eller ud over den berammede tid). Men jeg når ikke at evaluere – ikke i biologi i hvert fald. Jeg*



gennemfører masser af undervisningsaktiviteter med evaluerende sigte – altså hvor jeg ville kunne bruge dem til egentlig evaluering. Men ifølge litteraturen (og herunder jo altså min egen, må jeg indrømme), så skal der tre dele til, for at der er tale om evaluering af elevers læring: Kriterier, måling (eller tegn) og vurdering af måling/tegn i forhold til kriterierne. Jeg når ikke til at foretage en vurdering. Når tegnene er taget (fx naturfaglige skriveøvelser indsamlet), så er lektionerne ovre, og jeg når ikke andet end at rydde op, indtaste fravær og opdatere ugeplan for næste uge. Seriøst: Jeg kan ikke nå at sætte mig og kigge på 88 elevers skrivelser, tegninger, mindmaps, begrebsskort osv. Jeg har opdelt hver klasse i seks faste arbejdsgrupper, så hvis det er noget gruppebaseret, så har jeg “kun” 24 at se på. Men i rigtig mange sammenhænge vil jeg simpelthen ikke kunne få nok ud af at se på en gruppes produkt. Det giver mig i hvert fald ikke indblik i den enkelte elev.

Som regel øjner jeg lige et par elevprodukter igennem – hånden på hjertet af ren og skær nysgerrighed: Hvad har Alma kunnet svare på dette? Hvordan endte Arthur med at forstå hint? På den måde får jeg taget bestik af, hvordan selve undervisningen (= det jeg har fundet på) har virket. Jeg får altså på sin vis evalueret min egen undervisning. Men det er i min optik en anden sag end at evaluere elevernes læring for at kunne give dem feedback og støtte deres læreproces.

Jeg står i det valg nu, om jeg skal sætte mig nogle aftener eller weekenddage og gå de forskellige tegn, jeg har taget fra hver elev igennem – og på den måde få et indblik i deres biologifaglige læring. Eller om jeg skal acceptere, at det er der ikke tid til, og eftersom der næppe er nogen, der dør af, at jeg ikke gør det, så sker der ikke noget ved at lade være.

Nu kunne man jo sige, at der også er andre måder at tage tegn og vurdere elever på (i forhold til kriterier, der på forhånd er opstillet), nemlig ved at gøre det her og nu, på stedet, i undervisningen. Det forsøger jeg såmænd også. Jeg vil sige, jeg kan naturligvis ikke undgå at se, at Anja ikke aner, hvad hun skal gøre, når hun møder ordet ‘hypotese’, at Anders af sig selv bruger ordet ‘exoskelet’, som jeg nævnte en passant sidst osv. Det giver mig idéer om deres styrker og svagheder. Men det er ikke systematisk, og der er ingen chance for, at jeg ser eller hører alle elever. Jeg har dem 90 minutter om ugen. 65 af eleverne (dem som ikke er i “min egen” klasse) kan jeg end ikke navnene på 100 % (...)

Så selvom mine intentioner er gode, hvad angår evaluering i naturfag, så står min reelle tid ikke mål med ambitionen. **Jeg kan ikke lade være at overveje, hvad forsknings- eller andre slags projekter ville finde ud af, hvis de undersøgte, hvad der er konkrete barrierer for en god evalueringspraksis i naturfag i dag.** Det kan godt være, der er naturfagslærere, der mangler inspiration til redskaber at evaluere med eller til at systematisere evalueringen. Men en efteruddannelse udi evaluering løser næppe det konkrete problem med at finde tiden til at føre teorien ud i livet. Det gør det i hvert fald ikke for mig.

**Måske kunne projekter udvikle modeller for evaluering, hvor en kollega deltog**

*i undervisningen med den opgave at samle tegn og foretage vurdering på stedet? Måske kunne man indføre tidspuljer til evalueringsarbejde? Måske skal man tænke i, at det ikke nødvendigvis er naturfagslæreres mangel på vid, men mangel på tid, der hæmmer en god evalueringspraksis i naturfag?*

#### **Erkendelse nr. 4: Kompetent sidemandsoplæring kunne være grundstenen i faglig opkvalificering af naturfagslærere**

I uge 41 skriver jeg: *Ugens konkrete lærdom: Sådan finder man mikroplast i fisks mave/tarmsystem – og bliver fagligt opkvalificeret i undervisningstiden.*

*(...) det lykkedes mig at få Hovedet i havet (fra Aarhus Universitet) til at lægge vejen forbi skolen med otte lektioners fiskedissektion (...) Her var der valuta for pengene! Ikke alene stillede utrolig rare og kompetente folk op som undervisere, de havde også hele gearret med inklusiv sild til fire klasser, og eleverne fik både gode oplevelser og rigtig gode muligheder for at lære noget. Tilmed blev jeg fagligt opkvalificeret. For jeg havde utroligt nok aldrig prøvet at dissekere netop fisk før, og jeg ville slet ikke ane, hvordan vi skulle få lavet præparater fra fiskenes mave/tarmsystem, som kunne undersøges i stereolup. Yderligere ville jeg ikke vide præcis, hvad vi kiggede efter. Men alt det ved jeg nu.*

*Som lærer i praksis bliver jeg altså klædt på til senere undervisning, og det kunne på den måde ikke være et bedre kursus for mig (...)*

*Min refleksion går på, at jeg ikke tvivler et sekund på værdien af netop denne slags faglige opkvalificering af naturfagslærere, hvor vi sidemandsoplæres af kompetente fagfolk. Tilbuddet, som Hovedet i havet kommer ud med, varer egentlig kun en dobbeltlektion for hver klasse, og heraf går ca. 20 minutter med oprydning. Så det hverken kan, skal eller bør stå alene (og det præciserer Hovedet i havet også), men alt det udenom er jeg som almindelig naturfagslærer langt mere på hjemmebane i end netop, hvordan mikroplasten lokaliseres i fiskene. Jeg tvivler heller ikke et sekund på værdien af, at Hovedet i havet kommer med hele udstyret: Fisk, dissektionssæt, petri-skåle, tragte, flasker – og stereolupper, der virker! Der kan sommetider blive rynket på næsen af lastbiler, der kører ud til den enkelte skole, stiller op og kører igen. Men jeg oplever (og har oplevet det før), at det giver nogle muligheder, jeg ellers ikke ville have haft. Mine elever havde chance for at lære noget, og jeg lærte noget, der kunne komme mine fremtidige elever til gode, hvis jeg ellers havde nogle. Så kan man selvfølgelig altid overveje i det lidt større perspektiv, om det var nødvendigt med lastbiler, der kører stereolupper ud til skoler, hvis nu naturfagsområdet var prioriteret højt nok, så den slags (basis-) udstyr allerede fandtes derude. Men det er en helt anden historie. Og måske skal vi ikke undervurdere den løbende faglige opdatering, der har mulighed for at finde sted, når universiteter (eller andre aktører) bringer seneste nyt ud. Jeg havde nok ikke fået tildelt et kursus i at finde mikroplast i fisk ad anden vej – men kunne nu lære det*

sammen med mine elever. Måske skal en (for mig) ny praksis for faglig opkvalificering af naturfagslærere afprøves?

**Mulig model for faglig opkvalificering af naturfagslærere:** Send fagperson ud til skolen for at undervise. Krav: Fire klasser igennem på en dag – med fire forskellige naturfagslærere. De fire lærere oplever altså alle, hvordan man finder mikroplast i fisk, programmerer i Scratch, 3D-printer verdensmålene eller noget helt fjerde. De forpligter sig til 1) at dele deres nye viden med fagteamet (fx via billeder, de tager og et uv-materiale (til elever og lærere) de kan dele) 2) sætte gang i fagteamets refleksion om, hvordan dette (nye) kan spille ind i deres skoles praksis (fx via refleksionsark til fagteamet). Til gengæld kommer fagperson ud og underviser de fire klasser, har gear osv. med til det – gratis. Måske efterlades der ligefrem specielt grej, hvis det er nødvendigt for, at den aktuelle ting kan lade sig gøre fremadrettet på skolen også. Og måske en komplet (og prioriteret) indkøbsliste, så man kan skaffe sig det rette ad åre?

## Hvad betyder den manglende tid for projekter og indsatser der ønskes implementeret i naturfagsundervisningen?

Jeg håber at mine dagbogsnotater har illustreret at tid kan opleves som en mangelvare i forbindelse med folkeskolens naturfagsundervisning. Her er blot bragt et udpluk. Skoleåret har 40 uger – jeg har således masser af feltnoter.

Spektret af projekter og initiativer der har til formål at udvikle naturfagsundervisningen i grundskolen, er bredt. Antallet af indsatser og strømninger der ønskes implementeret i naturfagspraksis, er stort. Jeg tænker fx på principper om undersøgelses- og problembasering, om elevcentring, om dagsordener som fokus på modellering fremfor modeller alene, på fællesfaglighed, engineering og konkrete metoder som Argument Driven Inquiry, 5E/6F-organisering – ja, listen er lang.

Som observatør af feltet gennem en årrække noterer jeg mig at projekterne som et gennemgående træk tager højde for naturfagslærernes tid når det kommer til at tillære sig selve projektets substans: Ofte er der en art kursus eller anden form for kompetenceudvikling indtænkt i projektperioden. Ikke sjældent begrænser det sig dog til at dreje sig om tid til at lære selve projektets metode eller princip og måske drøfte med fagteamet hvordan dette så sættes i værk på skolen.

Men når projektets projektører er slukket, og dagligdagen sætter ind, er det den enkelte lærer der skal have projektets princip til at vokse videre i undervisningen. Hvis læreren er trængt på tid til forberedelse og efterbehandling, vil det være min påstand at sandsynligheden for at princippet glider i baggrunden, stiger. Selvom man er blevet dygtig til princippet, tager det stadig tid at føre det ud i livet. Endda er min egen oplevelse at når man først har fået øjnene op for noget – fx hvordan naturfagstekster kan gøres bedre ved læseformål og læsepædagogisk bearbejdelse, eller

hvordan elevernes undersøgende arbejde kan stilladseres – så vil man nødvendigvis præstere en undervisning der *ikke* tager højde for det. En slags indsigtens forbandelse: Når du ved noget om gode tekster, vil du nødvendigvis stikke dine elever en dårlig – ergo bearbejder du den forhåndenværende tekst til den er bedre. Når du ved noget om hvordan forskning kan gøres til egentlige undersøgelser, vil du nødvendigvis sætte eleverne til at følge en opskrift blindt – ergo bearbejder du selv undervisningsmaterialets forlæg. Alt dette tager tid. Har du ikke tiden, har du to valg: At lade det gode princip fare eller bruge din fritid på at følge princippet til døds.

## Hvad betyder den manglende tid for eleverne?

Ét er naturfagslærernes perspektiv på forholdene omkring den knappe tid – det kan opleves urimeligt, utilfredsstillende og opslidende at skulle bruge “interesstimen” for at få tilrettelagt en undervisning man synes man kan være bekendt. Men et andet perspektiv – nok i virkeligheden det væsentligste – er at den knappe tidsressource kan have konsekvenser for eleverne og deres læringsudbytte.

I en situation med én dobbeltlektion ugentligt til biologi er der rift om selve undervisningstiden. Uden at trætte her med for mange detaljer kan enhver lærer nok ikke genkende til at selve de kropsdovne teenagers ankomst til et faglokale (medbringende de rette ting), en fraværsregistrering samt opstart og iscenesættelse af “hvor er vi, og hvad skal vi i dag” let kan tage de første 10 minutter.

Hvis de næste 80 minutter skal udnyttes så hver elev får mest mulig taletid, mest mulig kontakt med læreren, mest mulig lejlighed til deltagelse i det praktisk-undersøgende eller -modellerende element i lektionen og får gode muligheder for faglig læsning og/eller skrivning – så skal lektionen være yderst veltilrettelagt. Her er det min erfaring at en stationsorganiseret undervisning virkelig kan noget. Andre organiseringer hvor fx undervisningen er *flipped* så eleverne fx har hørt lærerinstruktionen på forhånd, kræver også tid. Selv med spritnye spidskompetencer udi fjernundervisning som Corona-tiden har bibragt mange lærere, ved vi at det tager tid at optage og uploade videoer og lydfiler.

Pointen er at med en knap undervisningstid til naturfag med stadig øgede krav om dagsordener og strømninger der ønskes implementeret for at øge elevernes læringsudbytte, så er der ekstra meget brug for at lærerne har tid til at tænke sig om: Hvordan sikrer jeg flest mulige af de ønskede principper tilgodeset i lektionen? Hvordan skal det organiseres denne gang så der er mest mulig valuta for pengene hvad angår den dyrebare undervisningstid? Og når læreren så har tænkt sig om, tager det tid at skaffe, gøre klar, stille op – og sidenhen rydde af vejen som det forhåbentligt allerede er illustreret i min refleksionsdagbog.

*Er det da hurtigere at forberede en undervisning der ikke tager højde for alle de*

*principper?* Ja, det er det. Et lærerforedrag med 1:24-formidling og et par spørgsmål eleverne kan tale om i grupper bagefter og så en fælles opsamling – det er hurtigere at sætte i værk. Men det er så langt væk fra at imødekomme de principper vi lærere ved fra vores uddannelse, vores styredokumenter og vores følgen med i nyere forskning på området at vi burde tilrettelægge vores naturfagsundervisning ud fra.

## Hvad foreslår jeg så?

Mit ønskescenarie er naturligvis at naturfagslærere i grundskolen sikres tid nok til at en tids- og målsvarende naturfagsundervisning kan planlægges, gennemføres og evalueres. Dette fagpolitiske sværdslag skal stå et andet sted.

Hvad angår alle de gode projekter, programmer og indsatser der søsættes på grundskolens naturfagsområde, er mit forslag at der vies opmærksomhed nok på den reelle situation naturfagslærerne står i, med hensyn til tid til at planlægge, gennemføre og evaluere undervisning. Jeg er bange for vi opnår ikke-implementerbare løsninger hvis ikke vi har øje for den aktuelle situation derude; løsninger der kun dur i projektperioden, men ikke kan overleve mødet med hverdagen. Jeg foreslår at projektmagere foretager egentlige forstudier “derude” i den vaskeægte skolevirkelighed så der er opnået indsigt i hvordan vilkårene er for den naturfagsundervisning man med sit projekt ønsker at styrkes. Så der ikke bygges på antagelser om hvordan lærere sidder og planlægger og evaluerer undervisning, som ikke er overensstemmende med realiteterne.

Endda ønsker jeg at nogle projekter satte sig for at undersøge de spørgsmål jeg har stillet mig undervejs i mit virke.

Hvad ville det betyde

- for kvaliteten af naturfagsundervisning hvis naturfagslærerne fik øget forberedelses- og efterbehandlingstid?
- for kvaliteten og frekvensen af den praktisk-undersøgende naturfagsundervisning hvis der var undervisningsassistenter i naturfag?
- for naturfagsundervisningen hvis en “mikrokoordinatorfunktion” oprettes til at skabe logistiske og andre slags praktiske rammer omkring fællesfaglig naturfagsundervisning?
- for evalueringspraksis i naturfagene hvis en kollega deltog i undervisningen med fokus på at tage tegn og vurdere in situ?
- for naturfagslærernes udvikling af kompetence hvis en faglig opkvalificeringsmodel med sidemandsoplæring undervejs i undervisningen iværksættes?

Det er ikke ofte at fagpolitiske elementer som læreres arbejdstid er genstand for opmærksomhed inden for naturfagsdidaktisk debat. Måske er det endda kontroversielt. Men følgende er min bedste overbevisning baseret på et helt års dugfriske skoleerfaringer: Vi risikerer at gode udviklingstiltag i form af projekter, programmer, indsatser og principper som ønskes implementeret, falder for den pil af mistelten som selve naturfagslærernes knappe tid udgør, hvis ikke denne kommer i hu og på den måde tages i ed.

## Referencer

- Binau, C.F. (2020) Dagbogsblade – Christina Frausing Binau, lokaliseret den 12. juni 2020 på <https://www.folkeskolen.dk/1841100/dagbogsblade---christina-frausing-binau>
- Lauritsen, H. (2020) Der er meget mere arbejde, end jeg har tid til, lokaliseret den 12. juni 2020 på <https://www.folkeskolen.dk/1841599/der-er-meget-mere-arbejde-end-jeg-har-tid-til>

# STEM på htx

## 25 år med teknologi og engineering i de gymnasiale uddannelser i Danmark



Peter Larsen, Learnmark  
Horsens

**Abstract:** I august 2020 var det 25 år siden det tekniske gymnasium, htx, blev en 3-årig gymnasial uddannelse med samme omfang og adgangsmuligheder til videregående uddannelse som det almene gymnasium, stx.

Faget Teknologi, der blev udviklet som et af profilfagene til htx, har siden starten i 1995 været tænkt som et STEM-fag, dvs. et fag der integrerer naturvidenskab, teknologi, engineering og matematik. Fagets kerne er engineering, dvs. ingeniør-metoder hvor eleverne udvikler og anvender teknologi og anvender viden fra uddannelsens øvrige fag i projektarbejdet.

Gennem årene har faget gennemgået en udvikling fra et fag med udgangspunkt i løst definerede ingeniør-metoder baseret på den enkelte undervisers erfaringer og baggrund hen imod et fag der tager udgangspunkt i et forskningsbaseret videns- og metodegrundlag.

### Engineering og teknologi i gymnasiet

I 2012 udkom rapporten *A Framework for K-12 Science Education* der gør rede for hvordan udviklingen af elevernes kompetencer indenfor naturvidenskab, engineering og teknologi kan implementeres i det amerikanske skolesystem fra *kindergarten* til *high school*. Udgangspunktet var at USA's rolle i den globale økonomi har været vigende, da amerikanernes viden om naturvidenskab, engineering og teknologi ifølge rapporten kan ses som mangelfuld (National Research Council, 2012).

I Danmark har denne udvikling medført et fokus på skoleelevers udvikling af de såkaldte STEM-kompetencer (Science, Technology, Engineering and Mathematics) da det også her til lands ses som nødvendige kompetencer. Fx har Dansk Industri påpeget at der i Danmark uddannes færre med STEM-kompetencer end i lande vi normalt sammenligner os med (Jensen & Lind, 2019).

En række aktører, som Det nationale naturfagscenter Astra (Astra, 2020), Engineer the future (Engineer the future, 2020) og Teknologipagten (Teknologipagten, 2019), er i fuld gang med at arbejde med engineering i grundskolen.

Seneste skridt er engineering i gymnasiet hvor Engineer the future samarbejder med Region Midtjylland og Region Hovedstaden om et to-årigt projekt der har til formål at “undersøge undervisningsmetoden engineerings potentiale og udvikle ‘best practice’ for implementering i gymnasiets naturvidenskabelige undervisning” (Engineer the future, 2020).

Hvordan ser det egentlig ud med engineering i gymnasiet i Danmark? I Danmark har vi som bekendt tre 3-årige gymnasiale uddannelser, stx eller det almene gymnasium, hhx eller handelsgymnasiet og htx eller det tekniske gymnasium.

Det kan ud fra en hurtig søgning i de gymnasiale læreplaner konstateres at begrebet engineering ikke indgår i gymnasiefagene. Nu er engineering jo også et engelsk/amerikansk begreb. Andre relaterede begreber som teknologi og teknologisk indgår i 13 tilfælde i stx-læreplanerne (Børne- og Undervisningsministeriet, 2017) og i 69 tilfælde i htx-læreplanerne hvor man også finder begrebet produktudvikling 23 steder (Børne- og Undervisningsministeriet, 2017). Udgangspunktet for engineering i gymnasiet er på den måde meget afhængig af hvilken gymnasial uddannelse der er fokus på.

Den yngste af de tre uddannelser, htx, blev netop oprettet som 2-årig forsøgsuddannelse i 1982 for at imødegå problemet med rekruttering til de tekniske og naturvidenskabelige videregående uddannelser. I 1995 blev htx en 3-årig gymnasial uddannelse og har gennem hele sin 25-årige levetid haft en teknologisk profil hvor forskellige aspekter af teknologi er behandlet i alle uddannelsens fag – særligt i faget Teknologi hvor samspillet mellem teknologiudvikling og samfundsudvikling samt anvendelse af viden og metoder i forbindelse med produktudvikling har haft en central rolle.

Htx-uddannelsen er gennem de 25 år ændret mange gange med nye bekendtgørelser, og fagene er blevet udviklet og ændret – også faget Teknologi.

Med udgangspunkt i engineering-diskussionen og htx-uddannelsens 25-årige historie som gymnasial uddannelse er det derfor interessant at undersøge hvordan begrebet engineering hænger sammen med udviklingen af faget Teknologi – hvordan kan engineering defineres i en dansk gymnasial sammenhæng, hvad har kendetegnet udviklingen af faget Teknologi gennem de 25 år – og hvor står faget i dag?

For at undersøge begrebet engineering ses på en definition fra ovennævnte amerikanske rapport sammenholdt med relevante danske begreber; udviklingen af faget Teknologi gennem 25 år belyses gennem de skiftende bekendtgørelser hvor der ses på introduktion af forskellige begreber og metoder i fagbilagene; hvor faget er i dag, belyses gennem det videnskæssige grundlag for den gældende læreplan efterfulgt af eksempler på engineering-relevante forløb fra forfatterens undervisning.

### *Hvad er engineering?*

Begrebet engineering findes ikke på dansk. Typisk oversættes engineering til ingeniørarbejde – men hvad er det? Hvad laver ingeniører? Ingeniører arbejder typisk med



udvikling, fremstilling, anvendelse eller implementering af teknologi. Og hvad vil det så sige – mere operationelt – i en gymnasial uddannelseskontekst?

I den amerikanske rapport *A Framework for K-12 Science Education* defineres engineering som “a systematic and often iterative approach to designing objects, processes, and systems to meet human needs and wants” mens teknologi ses som “any modification of the natural world made to fulfil human needs or desires” (National Research Council, 2012).

Anvender vi den amerikanske definition, er engineering en systematisk og iterativ tilgang til udformning af genstande, processer og systemer der opfylder menneskelige behov – og teknologi er enhver forandring af den naturlige verden med det formål at opfylde menneskelige behov. Engineering kan på den baggrund ses som udvikling af teknologi – eller med et godt dansk begreb *produktudvikling* – hvor produkter ses bredt som genstande, processer og systemer.

I faget Teknologi på htx har produktudvikling haft en central rolle siden htx begyndte som forsøgsuddannelse i 1982.

### *Forhistorien*

Htx-uddannelsen begyndte som en ungdomsuddannelse rettet mod videregående uddannelser “i teknisk retning”. Uddannelsen var 2-årig, og eleverne skulle have gennemført 1. del af en erhvervsfaglig grunduddannelse. Med uddannelsen blev faget Teknologi, konstruktion og teknisk kommunikation introduceret, med formålet bl.a. “at udbygge elevens kendskab til sammenhængen mellem den teknologiske og den øvrige samfundsmæssige udvikling” (HTX-forsøgsuddannelse, 1987). Uddannelsen blev med mindre ændringer gjort permanent i 1989 (HTX-uddannelsen, 1989).

I 1991 blev faget Teknologi introduceret som et projektor organiseret fag hvor formålet bl.a. var at give eleven kendskab til produktudvikling “med udgangspunkt i samfundsfaglige og teknologiske problemstillinger” hvor projektforløbene skulle resultere i et praktisk fremstillet produkt. Produkter blev fremstillet i værksteder og laboratorier tilknyttet teknikfagene med fokus på enten byggetekniske, el-tekniske, maskintekniske eller proces tekniske aspekter (htx-bekendtgørelsen, 1991).

I 1994 kom ‘overgangsbekendtgørelsen’ der bekendtgjorde at elever sidste gang kunne optages på den 2-årige htx-uddannelse i august 1994 (htx-bekendtgørelsen, 1994). Fra august 1995 har htx-uddannelsen været 3-årig.

### *En 3-årig gymnasial uddannelse med en engineering-profil*

Da htx-uddannelsen eller *teknisk gymnasium*, som nogle skoler begyndte at kalde uddannelsen, blev 3-årig i 1995 og dermed fra et brugersynspunkt (de kommende gymnasieelever og deres forældre) blev ligestillet med det almene gymnasium, ændrede også faget Teknologi karakter. Formålet var at “eleven får kendskab til betragtninger

om produkters livscyklus, herunder opståen og udvikling”, herunder tværfaglige arbejdsmetoder, så eleven “forstår den teknologiske udvikling og produktionens samspil med det omgivende samfund”. Sammen med et indhold af produktudvikling, fremstilling af produkt og dokumentation, stadig i “projektorganiserede undervisningsforløb med udgangspunkt i samfundsmæssige og teknologiske problemstillinger” hvor der inddrages andre fag og arbejdes tværfagligt med samfundsfag, blev et fag med udgangspunkt i ingeniørmeterer introduceret i de gymnasiale uddannelsers fagrække – sammen med en ny prøveform, projektprøven med en afsluttende projektperiode på 60 lektioner ud af fagets i alt 340 lektioner (255 timer). Hertil kom dele af erhvervsfags 320 lektioner hvor den grundlæggende værkstedsundervisning foregik (htx-bekendtgørelsen, 1995).

Med den nye fagplan kom der i undervisningen fokus på produkters livscyklus og begrebet livscyklusvurdering, de fleste skoler gik væk fra ‘en lærer, en klasse’ og gav eleverne mulighed for at fremstille produkter i alle skolens værksteder, og prøverne blev på nogle skoler afholdt som gruppeprøver.

I 2000 fik faget Teknologi et omfang af 360 timer (erhvervsfag var reduceret til 120 timer). Dele af fagets formål blev præciseret, livscyklus blev ændret til miljøvurdering, og eleverne skulle kunne arbejde med faserne i en produktudvikling og arbejde projektorganiseret, problemløsende og tværfagligt og udvikle praktiske løsningsforslag. I fagbilaget indgik nu begreber som produktionsformer, teknologianalyse og miljøvurdering (htx-bekendtgørelsen, 2000).

### *Reform 2005 – studieretningsgymnasiet*

I 2004 (med start august 2005) blev htx-uddannelsen som de øvrige 3-årige gymnasiale uddannelser struktureret med et grundforløb og et studieretningsforløb. Studieområdet blev indført, i grundforløbet for at udvikle eleverne fra grundskoleelever til gymnasieelever og i studieretningsforløbet for at udvikle eleverne fra gymnasieelever til at kunne blive studerende på videregående uddannelser. Dermed kom der større fokus på fagenes bidrag til elevernes studiekompetencer hvor faget Teknologi på mange skoler fik en central rolle med et iboende fagligt samspil, problemorientering og projektarbejde.

Fagbilagene ændrede navn til læreplaner og blev omskrevet til faglige mål og kerne stof. Hvad skal eleverne kunne, og hvad skal de vide for at kunne det?

I faget Teknologi skulle eleverne bl.a. kunne “analysere og dokumentere en teknologisk, naturvidenskabelig, samfundsmæssig problemstilling og udarbejde et løsningsforslag hertil” og “anvende metoder til systematisk produktudvikling”, for at kunne det skal eleverne vide noget om problemformulering, problemanalyseværktøjer, informationssøgning, dokumentation, idéudvikling og “systematisk produktudvikling med faserne forundersøgelse, udformning, fremstilling, afprøvning og vurdering”.

Undervisningen er problemorienteret og projektor organiseret. Teknologi fik et omfang på 330 timer. Med gymnasireformen blev gruppeprøver afskaffet (Htx-bekendtgørelsen, 2004).

I 2010 blev begrebet teknologisk dannelse indført i læreplanen for Teknologi: "Faget giver eleven elementer af en teknologisk dannelse gennem en forståelse for samspillet mellem teknologi og samfund, en kritisk sans og evne til løsning af praktisk/teoretiske problemstillinger gennem problemorientering samt en forståelse af hvordan teknologisk viden produceres gennem analyse og syntese i en samlet proces." Det afspejler sig i de faglige mål hvor eleven skal kunne "redegøre for hvordan teknologisk viden produceres, herunder tanker og teorier der ligger bag teknologiens udvikling, og for teknologiens samspil med det omgivende samfund" og kernestoffet "teknologi som teknik, viden, organisation og produkt, teknologiudvikling som lineær og interaktiv udvikling, teknologivurdering som konsekvensvurdering, helhedsvurdering og konstruktiv vurdering". Produktudvikling er ændret til "systematisk produktudvikling med faserne behovserkendelse, behovsundersøgelse, produktprincip, produktudformning og produktionsforberedelse". Undervisningsformen i faget er problembaseret læring i længere projektføløb (htx-bekendtgørelsen, 2010).

I 2013 blev gruppeprøver igen indført (Htx-bekendtgørelsen, 2013).

### *Reform 2017 – med grundforløb i produktudvikling*

I 2017 blev de 3-årige gymnasiale uddannelser samlet under en bekendtgørelse. Uddannelserne blev organiseret i et 3-måneders grundforløb og et studieretningsforløb. På htx blev grundforløb i produktudvikling introduceret. Studieområdet blev bevaret på htx, men ændrede karakter med mindre fokus på fagligt samspil og større fokus på udvikling af studiekompetencer der afsluttende kommer til udtryk i et studieområdeprojekt. Faget Teknologi spiller stadig en stor rolle i studieområdet i forhold til studiekompetencer, men nu mere i forhold til problembaseret læring med udgangspunkt i nøgleproblemstillinger og teknologisk dannelse end fagligt samspil.

Teknologi fik et omfang på 290 timer hvoraf typisk 30 ligger i grundforløb i produktudvikling (Gymnasiebekendtgørelsen, 2017).

Læreplanen blev ændret så det blev tydeliggjort hvad faserne i et produktudviklingsforløb skal indeholde. Det overordnede faglige mål er at eleven skal kunne "arbejde med teknologisk innovation ved at udvikle produkter gennem en systematisk og iterativ produktudviklingsproces indeholdende faserne problemidentifikation, problemanalyse, produktprincip, produktudformning, produktionsforberedelse og realisering", og kernestoffet blev indlejret i de enkelte faser i produktudviklingsprocessen så det blev tydeligt hvilke aktiviteter der ligger i de enkelte faser (Børne- og Undervisningsministeriet, 2017).

## *Engineering og faget Teknologi i dag*

I dag er faget Teknologi i htx-uddannelsen et gymnasialt engineering-fag hvor eleverne finder, skaber og anvender kontekstrelevant viden – viden fra uddannelsens øvrige fag og anden viden relevant i forbindelse med det enkelte projekt.

Gennem undervisningen får eleverne elementer af en teknologisk dannelse – de får viden om og erfaringer med teknologi- og produktudvikling og anvendelse af teknologi samt en større samfundsbevidsthed i form af en forståelse for samspillet mellem den teknologiske udvikling og samfundsudviklingen.

Grundlaget for indholdet i fagets læreplan udspringer af de danske ingeniøruniversiteter, Aalborg Universitet og Danmarks Tekniske Universitet.

Fagets teknologiteoretiske indhold tager udgangspunkt i begreber og metoder fra Aalborg Universitet. Teknologi ses med et socio-teknisk udgangspunkt i et helhedsperspektiv som artefakter i anvendelse (Müller, et al., 1986) der udvikles i en iterativ og interaktiv udvælgelsesproces i en samfundsmæssig kontekst (Müller, 2010). Eleverne får en forståelse for at teknologi er mere end genstande, genstandene skal anvendes med et formål, samt at teknologi udvikles og anvendes af mennesker i et samspil med det omgivende samfund – at teknologi både løser og skaber problemer.

Undervisningen foregår hovedsageligt som problembaseret læring hvor eleverne arbejder sammen i grupper med projekter – med stærk inspiration fra undervisningsformen på ingeniøruddannelserne på Aalborg Universitet.

Undervisningsformen har baggrund i projektpædagogikken, der tager udgangspunkt i elevernes erfaringsverden hvor eleverne lærer, ud fra egne erfaringer, at reflektere, teoretisere og eksperimentere (Illeris, 2007). Faget lægger vægt på sammenhængen mellem teori og praksis hvor eleverne dels anvender deres viden fra både Teknologi og andre fag i forbindelse med analyse af problemstillinger og udvikling af produkter og dels fremstiller de udviklede produkter i skolens værksteder og laboratorier.

Projekter kan være disciplinbaserede – tage udgangspunkt i enkelte faglige mål eller delmål hvor formålet er at eleverne lærer viden og metoder der knytter sig til en disciplin, fx miljøvurdering. Eleverne får færdigheder. Eller projekter kan være problembaserede – tage udgangspunkt i en samfundsmæssig problemstilling hvor eleverne lærer at anvende relevant viden og metoder i forbindelse med udvikling af produkter der bidrager til at løse samfundsmæssige problemstillinger. Eleverne udvikler kompetencer. I forbindelse med undervisningen fungerer læreren som underviser og i høj grad som facilitator af elevernes læreproces (Holdgaard & Kolmos, 2007). Undervisningen tilrettelægges med en blanding af disciplinbaserede projekter hvor dele af fagets stof og metoder introduceres, fx fremstilling af produkter i et konkret værksted eller miljøvurdering, og problembaserede projekter der tager udgangspunkt i samfundsmæssige problemstillinger, som fx arbejdsmiljø eller bæredygtighed. Læ-

reren fungerer som underviser hvor metoder og stof introduceres, og som vejleder i forbindelse med projektarbejdet i både klasselokale og i værksted/laboratorium.

Arbejdsmetoden i forbindelse med produktudvikling bygger på en fasemodel udviklet på Institut for Produktudvikling ved Danmarks Tekniske Universitet (Andreasen & Hein, 1985). Fasemodellen lærer eleverne at arbejde systematisk og reflektivt – at analysere problemstillinger inden man går til en løsning – og ‘kortlægger’ projektet med en række faser der indeholder en række forskellige aktiviteter der er relevante for et godt produktudviklingsforløb. Produktudvikling som en systematisk og iterativ proces er fagets grundlæggende arbejdsmetode og danner rammen om hovedparten af kernestoffet i fagets problembaserede projektforsøg. Produktudvikling udføres systematisk gennem faserne problemidentifikation, problemanalyse, produktprincip, produktudformning, produktionsforberedelse og realisering. Samtidig udføres produktudviklingen iterativt – som en søge-læreproces hvor man om nødvendigt bevæger sig frem og tilbage mellem faserne. Eleverne lærer at arbejde med en ‘trial-and-error’ arbejdsproces hvor de gør sig erfaringer, reflekterer og eksperimenterer – og gør det igen. Og igen.

### *Engineering i praksis*

Engineering på gymnasialt niveau har, som alle andre gymnasiale fag, typisk et videnselement, et metodisk element – og et dannelseselement. Der er fokus på de forskellige elementer i forskellige typer forløb, og elementerne er bestemmende for lærerrollen i forbindelse med elevernes læring. Her et nedslag på tre eksempler fra forfatterens praksis.

I de indledende forløb er lærerrollen typisk at undervise i grundlæggende viden og vejlede i projektarbejdsformen i disciplinbaserede projekter, fx om fagets teknologiteoretiske begreber. Eleverne skal have en forståelse for teknologiteori, at teknologi er procesorienteret, at det er genstande i anvendelse med et formål. Vi kan både se på hvordan genstande er fremstillet, og hvordan genstande indgår i en fremstillingsproces. Et eksempel på et indledende forløb er et kaffeprojekt. Skolen har anskaffet en række genstande til produktion af kaffe, og eleverne skal i grupper anvende en genstand og fremstille kaffe – en stempelkande, termokande, kaffemaskine, madam blå, frysetørret kaffe, kaffekolbe. En gruppe sendes i kantinen for at analysere kaffefremstillingsteknologien her. Eleverne skal foretage en teknologianalyse hvor de gør rede for teknik (produktionsudstyr og råvarer), den viden der skal til for at kunne anvende udstyret, organisering (fremgangsmåden) af kaffefremstillingen og endelig kvaliteten af produktet. Læreren giver kage til.

Kaffeprojektet er en simpel indføring i fagets teknologiteoretiske fundament. Senere forløb med analyser af mere komplekse teknologier i et historisk perspektiv (biler, computere etc.) giver eleverne forståelse for at teknologi bliver udviklet gennem tid i

en samfundsmæssig kontekst. Læreren hjælper eleverne med at strukturere projektet i faser (problemformulering, informationsøgning, analyse, formidling) og hjælper med at finde relevante emner hvor der kan findes kilder.

I disciplinbaserede projekter hvor der indgår produktudvikling og værkstedsarbejde, er lærerens rolle at holde fokus på det systematiske i arbejdsmetoden – eleverne skal have en forståelse for sammenhængen mellem teoretisk og praktisk arbejde, at man må have et grundlag inden man begynder at fremstille produktet. Man skal afklare hvad man skal. Et undervisningseksempel hvor et element af konkurrence kan krydre processen og øge motivationen, er 'Single Sheet Skiff Challenge'.



Figur 1. 'Single Sheet Skiff Challenge'

Hvert år når eleverne begynder igen efter sommerferien, har skolen et 'dogmeprojekt' hvor 2.g'erne skal fremstille en båd der skal kunne bære en person gennem en bane på fjorden. Eleverne får en tynd krydsfinerplade, to tuber fugemasse, 60 strips til at bygge båd med og et bræt til årer eller pagaj. Inden de går i gang med båden, skal de i grupperne gøre sig overvejelser om opdrift, stabilitet og vandmodstand og bygge tre forskellige modeller i pap i 1:10 der testes i et vandbassin.



Figur 2. Model klar til test

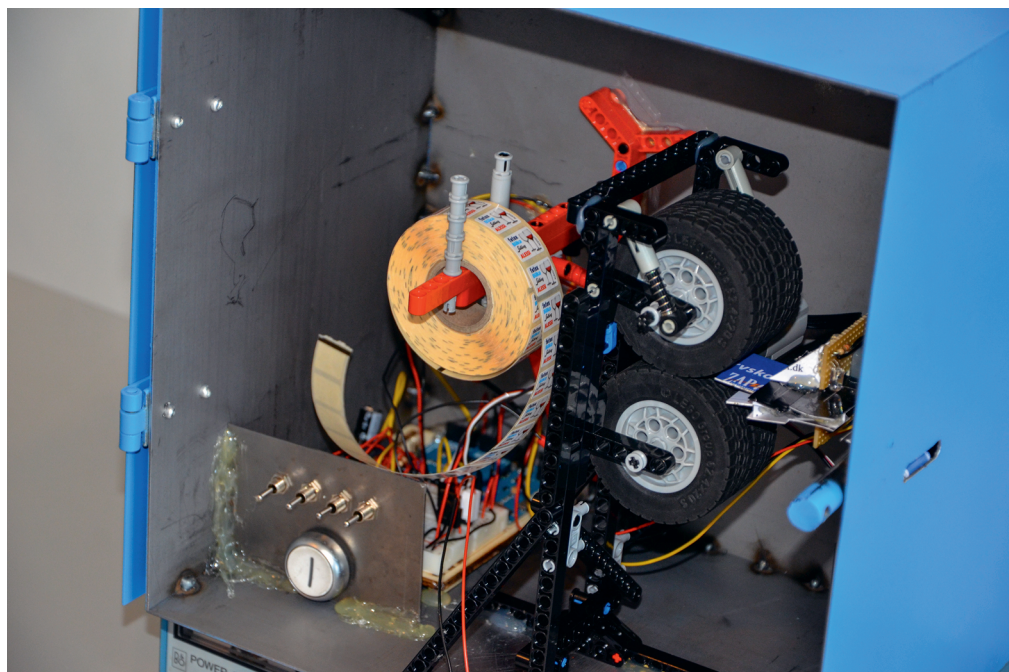
De elever der går mest naturvidenskabeligt til værks i produktudviklingsprocessen, kan arbejde systematisk og reflektivt med at omsætte naturvidenskabelig viden til et konkret produkt – og har en i gruppen der kan ro – vinder typisk.

SSSC-projektet er et komprimeret projekt på 15 timer over to uger. For at styre større problembaserede projekter hvor eleverne typisk har 30-40 timer til projektet over 10-15 uger har denne lærer udarbejdet skabeloner (en slags arbejdsark) for de forskellige faser, problemet, problemanalyse, produktprincip, produktudformning, produktionsforberedelse og realisering. Skabelonerne indeholder stikord til de enkelte aktiviteter i den enkelte fase og skemaer til fx strukturering af undersøgelser og vurdering af løsningsforslag. Vi kan kalde det stilladsering eller synlig læring, det er i hvert fald min erfaring at eleverne så arbejder mere med indholdet og ikke skal bruge energi på at gætte hvad læreren mon mener. I de første forløb er der en mere stram lærerstyring med delafleveringer – dog med det udgangspunkt at det er en foreløbig aflevering af hensyn til fagets iterative natur – efter hver fase hvor eleverne har frit spil i fagets eksamensprojekt.

Dannelseselementet kommer mest tydeligt til udtryk i de problembaserede projekter. For at forstå dannelseselementet i forbindelse med engineering må vi ty til Klafki, der taler om kategorial dannelse og epokale nøgleproblemer, se fx (Dolin, 2013). En teknologisk dannet person må have en forståelse for viden og metoder indenfor det teknologiske domæne, at der er et samspil mellem udvikling af teknologi og udviklingen i samfundet og de forskellige problemstillinger knyttet til teknologien, fx bæredygtighed, arbejdsmiljø, digitalisering, globalisering.

Et eksempel fra et eksamensprojekt med temaet 'På kanten' hvor eleverne valgte projektoplægget 'På kanten af tid'.

De mere interessante projekter kommer når de udspringer af elevernes erfaringsverden. Det giver samtidig en god motivation. Sine har fritidsjob ved kassen i Bilka, og hun er frustreret over at hun skal bruge tid på manuelt at tælle 'guldmærker' i forhold til kundens køb og udlevere til kunden mens køen til kassen vokser. Kunder kan være krævende og forventer det korrekte antal guldmærker, der giver rabat på forskellige produkter. Det kan da ikke være så svært at automatisere den proces. Sine og de to andre elever hun plejer at arbejde sammen med, David og Hanne, vil gerne prøve kræfter med idéen. Da projektoplægget til eksamen kommer, kan gruppen få det til at passe ind i temaet. Gruppen går i gang, analyserer problemstillingen ved at se på stressfaktorer og kassemedarbejderes arbejdsmiljø gennem interview med andre kassemedarbejdere og med lederen i Bilka, beregner tidsforbruget til guldmærketællingen og Bilkas besparelse hvis processen kan automatiseres. Bilka er begejstret, så motivationen er stor. Gruppen får opstillet tekniske krav til produktet, det skal kunne køre et varierende, men bestemt antal guldmærker ud og klippe dem af. Der bliver brugt en del tid ud over undervisningstiden, og der bliver arbejdet med at skaffe sig den nødvendige viden. Gennem talrige iterationer med nogle Legohjul, 3D print, Arduinoprogrammering og sammensvejsning af en kasse lykkes det, og gruppen har et produkt, 'Guldmærkedispenser X2000'.



Figur 3. Guldmærkedispenser X2000



Ideen er så god at eleverne på skolen bliver udtaget til konkurrencen 'DM i Teknologi' hvor de går videre til finalen i Industriens Hus i København.

Eleverne har gennem deres projekt fået en forståelse for hvordan en teknologisk udviklingsproces foregår og for teknologiens betydning for kassemedarbejderes arbejdsmiljø. Lærerens rolle har været at få eleverne til at forholde sig reflektivt til deres arbejde, rådgive om tekniske problemstillinger, rydde op efter de engagerede elever og sørge for at 3D printerne kørte. At facilitere elevernes læring.

### *Engineering i gymnasiet*

I de danske gymnasiale uddannelser har vi en 25-årig udvikling af engineering på gymnasieniveau i form af faget Teknologi på htx. Faget har gennem alle årene haft en kerne af problemorientering og produktudvikling og har belyst samspillet mellem den teknologisk udvikling og samfundets udvikling og er med tiden blevet udviklet fra at være et fag med løst definerede engineering-metoder til at være et fag med udgangspunkt i viden og metoder fra ingeniøruniversiteterne.

Gymnasiets fag tager typisk udgangspunkt i videnskabsfag (universitetsfag), og dette gælder også for et engineering-fag som Teknologi. Her er situationen dog lidt mere 'mudret' da engineering i sig selv er tværfagligt; engineering tager udgangspunkt i en mudret virkeligheds problemstillinger – virkeligheden er som bekendt ikke fagopdelt. Så engineering i gymnasiet er viden og metoder baseret på ingeniørvidenskab suppleret med anvendelse af viden og faglige metoder fra gymnasiets øvrige fag.

Engineering er et relativt nyt begreb i den danske undervisningsverden (udenfor htx) og har et markant anderledes fokus end de traditionelle gymnasiefag med udspring i videnskabsfag – formålet med en videnskabelig proces er at fremskaffe sikker viden mens formålet med en engineeringproces er at udvikle et produkt (eller en proces eller et system.) der virker.

Afsluttende kan bemærkes at engineering ikke kun er godt for Dansk Industri eller konkurrenceevnen, men også er udviklende for eleverne – og læreren. Eleverne udvikler deres forståelse for teknologiens rolle i samfundet, at teknologi er menneskeskabt, og de udvikler problemløsningskompetencer, kreativitet og handlekompetencer. I en undervisningssammenhæng kan engineering ses som et middel til at motivere elever til tilegnelse af viden på linje med anvendelsesorientering, innovation og problemløsning – der i øvrigt alle er indeholdt i en engineering-proces. Lærerens udvikling stopper aldrig, der er hele tiden nye elever der får nye sjove idéer med nye krav til fagligheden. Og man kan blive ved med at udvikle sine evner til at facilitere læring.

## Referencer

- Andreasen, M.M., & Hein, L. (1985). *Integreret produktudvikling*. København: Jernets Arbejdsgiverforening.
- Astra. (2020). *Engineering i skolen*. Hentet fra [astra.dk](https://astra.dk/engineering): <https://astra.dk/engineering>.
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2017). *Htx-læreplaner 2017*. Hentet fra [uvm.dk](https://www.uvm.dk): <https://www.uvm.dk/gymnasiale-uddannelser/fag-og-laereplaner/laereplaner-2017/htx-laereplaner-2017>.
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2017). *Stx-læreplaner 2017*. Hentet fra [uvm.dk](https://www.uvm.dk): <https://www.uvm.dk/gymnasiale-uddannelser/fag-og-laereplaner/laereplaner-2017/stx-laereplaner-2017>.
- Dolin, J. (2013). Dannelse, kompetence og faglighed. I E. Damberg, J. Dolin, G.H. Ingerslev, & P. Kaspersen, *Gymnasiepædagogik* (s. 71-76). København: Hans Reitzels Forlag.
- Engineer the future. (2020). *Engineering i gymnasiet*. Hentet fra [engineerthefuture.dk](https://engineerthefuture.dk): <https://engineerthefuture.dk/engineering-i-skolen/engineering-i-gymnasiet/>.
- Engineer the future. (2020). *Engineering i skolen*. Hentet fra [engineerthefuture.dk](https://engineerthefuture.dk): <https://engineerthefuture.dk/engineering-i-skolen/>.
- Gymnasiebekendtgørelsen. (18. maj 2017). *Bekendtgørelse om de gymnasiale uddannelser (BEK nr 497 af 18/05/2017)*. Hentet fra <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2017/497>.
- Holdgaard, J.E., & Kolmos, A. (2007). Situationsbaseret projektvejledning. *Dansk Universitetspædagogisk Tidsskrift*, s. 54-62. Hentet fra [https://dun-net.dk/media/58796/2007\\_03\\_J.pdf](https://dun-net.dk/media/58796/2007_03_J.pdf).
- htx-bekendtgørelsen. (17. juni 1994). *Bekendtgørelse om den erhvervsgymnasiale uddannelse til højere teknisk eksamen (BEK nr 524 af 17/06/1994)*. Hentet fra <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/1994/524>.
- htx-bekendtgørelsen. (29. juli 1991). *Bekendtgørelse om den erhvervsgymnasiale uddannelse til højere teknisk eksamen (BEK nr 569 af 29/07/1991)*. Hentet fra <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/1991/569>.
- htx-bekendtgørelsen. (9. juni 1995). *Bekendtgørelse om den erhvervsgymnasiale uddannelse til højere teknisk eksamen (BEK nr 462 af 09/06/1995)*. Hentet fra <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/1995/462>.
- htx-bekendtgørelsen. (15. juni 2000). *Bekendtgørelse om den erhvervsgymnasiale uddannelse til højere teknisk eksamen (BEK nr 524 af 15/06/2000)*. Hentet fra <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2000/524>.
- Htx-bekendtgørelsen. (15. december 2004). *Bekendtgørelse om uddannelsen til højere teknisk eksamen (BEK nr 1344 af 15/12/2004)*. Hentet fra <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2004/1344>.
- htx-bekendtgørelsen. (23. juni 2010). *Bekendtgørelse om uddannelsen til højere teknisk eksamen (BEK nr 740 af 23/06/2010)*. Hentet fra <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2010/740>.
- Htx-bekendtgørelsen. (26. juni 2013). *Bekendtgørelse om uddannelsen til højere teknisk eksamen (BEK nr 778 af 26/06/2013)*. Hentet fra <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2013/778>.

- HTX-forsøgsuddannelse. (10. april 1987). *Bekendtgørelse om en forsøgsuddannelse til højere teknisk eksamen (BEK nr 200 af 10/04/1987)*. Hentet fra <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/1987/200>.
- HTX-uddannelsen. (8. marts 1989). *Bekendtgørelse om uddannelse til højere teknisk eksamen (BEK nr 167 af 08/03/1989)*. Hentet fra <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/1989/167>.
- Illeris, K. (2007). Erfaringspædagogik og projektarbejde. I *Pædagogiske teorier* (s.148-166). København: Billesø og Baltzer.
- Jensen, M.J., & Lind, B. (september 2019). *Danmark halter bagefter på STEM-uddannede*. Hentet fra [danskindustri.dk: https://www.danskindustri.dk/arkiv/analyser/2019/9/danmark-halter-bagefter-pa-stem-uddannede/](https://www.danskindustri.dk/arkiv/analyser/2019/9/danmark-halter-bagefter-pa-stem-uddannede/).
- Müller, J. (2010). *BEFIT FOR CHANGE: Social Construction of Endogenous Technology in the South*. Hentet fra [http://vbn.aau.dk/da/publications/befit-for-change\(e0e137ea-50c6-4c60-916f-b93c2c843fd2\).html](http://vbn.aau.dk/da/publications/befit-for-change(e0e137ea-50c6-4c60-916f-b93c2c843fd2).html).
- Müller, J., Remmen, A., & Christensen, P. (1986). *Samfundets teknologi – teknologiens samfund*. Herning: Systime.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press. Hentet fra <https://www.nap.edu/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts>.
- Teknologipagten. (2019). *Om Teknologipagten*. Hentet fra [teknologipagten.dk: https://www.teknologipagten.dk/teknologipagten/om-teknologipagten](https://www.teknologipagten.dk/teknologipagten/om-teknologipagten).

# STX-studenternes algebraiske færdigheder



Kasper Bjerling Søby Jensen,  
Roskilde Katedralskole, medlem  
af gymnasieekspertgruppen ved  
Nationalt Center for Udvikling af  
Matematikundervisning (NCUM)

I sommeren 2019 skabte resultaterne fra den første skriftlige eksamen på STX B-niveau efter 2017-gymnasireformen stor debat. Ved censuren anvendtes samme bedømmelsessystem som ved mange tidligere eksamener, hvor et opgavesæt samlet udgøres af 200 point. Eksamenssættet består af et antal opgaver, hver med 1-3 spørgsmål. For hvert spørgsmål er det på forhånd angivet om besvarelsen af spørgsmålet højst kan udløse 5 eller 10 point. To censorers tildeling af point udløser for den enkelte eksaminand to pointsummer, der danner grundlag for en *helhedsbedømmelse* i form af en karakter. Pointsummerne vurderes almindeligvis i forhold til en fælles skala. I den såkaldte *standardskala* udløses på B-niveau karakteren 02, altså “netop bestået”, almindeligvis af ca. 66 point – dvs. 33 % af de 200 point. Der udføres imidlertid en forcensur hvor der for 5 elever på hvert eneste matematikhold fra én af censorerne indberettes pointtal på hvert enkelt spørgsmål. Denne stikprøve bruges til at vurdere om standardskalaen giver en passende karakterfordeling. Hvis ikke den gør, antages det at opgavesættet har været for let eller svært og skalaen tilpasses så der opnås et resultat som er “passende”. I 2019 sænkede man således dumpeprocenten fra lidt over 50 % til lidt over 30 % ved at sænke bestågrænsen i den anvendte skala til ca. 42 point (21 %).

Det kan diskuteres længe om man dermed sænkede kravene til at bestå, eller om man ved at tilpasse skalaen til et sæt, der viste sig at være for svært rent faktisk fastholdt bestå-niveauet dér hvor det plejede at være. I betragtning af de store ændringer af B-niveauet og eksamensformen er det i hvert fald ikke urealistisk at opgavekommissionen har haft svært ved at ramme et niveau der svarede til hvad man tidligere har forventet.

Imidlertid synes jeg denne type af diskussioner har fået lov til at fylde alt for meget. Overfladiske sammenligninger af procentsatser for at bestå udtrykker dybest set åndelig dovenskab, selvom de er letforståelige for journalisterne. Langt mere interessant er det at analysere substansen. Denne kan koges ned til to helt centrale spørgsmål:

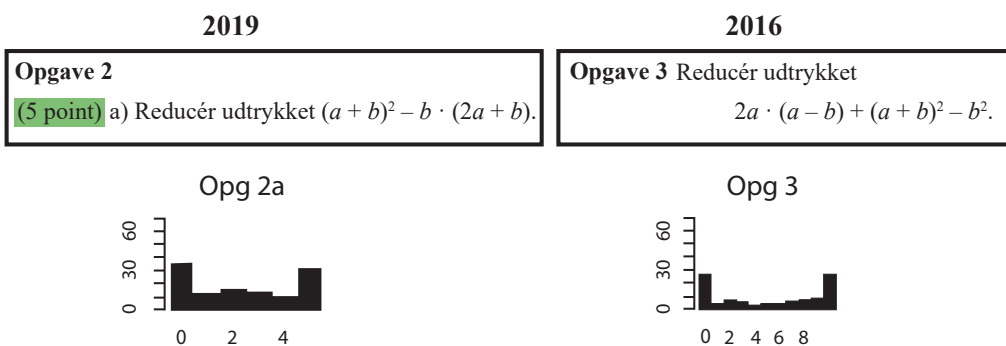
1. Hvad bør vi tilstræbe at eleverne kan når de forlader gymnasiet?
2. Hvad kan eleverne rent faktisk når de forlader gymnasiet?

I denne analyse vil jeg bidrage mest til svaret på spørgsmål 2.

2019-eksamenen udløste blandt andet en diskussion om elevernes algebraiske færdigheder. I Grønæk, Jessen og Winsløw (2019) blev således præsenteret en analyse af besvarelser i en censorportefølje på 125 eksamensbesvarelser af blandt andet opgave 2 fra STX B-niveau-eksamenssættet 24. maj 2019. Siden da er ministeriets officielle evaluering af eksamenssættet udsendt, og vi ved nu mere præcist hvordan det gik.

Opgaven er en del af en typeopgave-genre vi kunne kalde "Reducér udtrykket". På STX B-niveau-eksamenssættet 27. maj 2016, optræder en stort set tilsvarende opgave. I ministeriets evalueringer (Undervisningsministeriet 2017a, 2019) kan man se fordelingen af pointtal angivet ved forensuren på de to opgaver. Der er her tale om store og formentlig repræsentative stikprøver på den samlede population.

På figur 1 ses dels de to opgaver, dels figurene fra de to evalueringer der viser pointfordelingen i forensuren (bemærk at i 2016 kunne alle spørgsmål altid give 10 point, mens opgaven i 2019 højst kunne give 5 point, samt at der i 2019 var indført grøn markering af "simple mindstekravsopgaver"). Det grovkornede resultat ved begge prøver er omtrent det samme. En tredjedel kan slet ikke løse opgaven, en tredjedel kan løse opgaven tilfredsstillende og en tredjedel kan løse opgaven delvist og opnår derfor et vist antal point.



**Figur 1.** To opgaver af typen "reducér udtrykket" fra 2019 og 2016, samt fordelingen af pointtal ved forensuren. Gennemsnittet for Opgave 2 a), 2019 var 2,36 og for Opgave 3, 2016 5,26.

Der synes altså ikke at være sket store ændringer i STX-studenternes målte algebraiske færdigheder fra 2016 til 2019. Der er dog sket den ændring at eleven ved 2019-eksamen var i besiddelse af en formelsamling, hvor der delvist kan hentes hjælp til opgaven. Om dette med rimelighed kan siges at gøre opgaven "lettere", er en større diskussion, som vi ikke pt. har et empirisk grundlag for at tage fat på.

Det er ikke en urimelig antagelse at eleverne ved den første prøve på ny ordning endnu ikke har været trænet tilstrækkeligt til at bruge formelsamlingen. Ved 2020-eksamen var der indsat opgaven "Reducér udtrykket  $2a \cdot b + (a - b)^2$ ", som kunne have kastet lys over om evnen til at løse opgavetypen forbedres, når lærerne bliver vant til at træne brug af formelsamling. Men COVID-19-situationen betød at stort set ingen elever var til eksamen på STX B-niveau.

Den siden 2016 uændrede tilstand synes således at være at i hvert fald halvdelen af eksaminanderne er langt fra at besidde de tilstræbte algebraiske færdigheder. Og skal man så gå i panik over dette? Det afhænger af hvad man skal svare på spørgsmål 1. Er det rent faktisk vigtigt at STX B-niveau-elever optræder med den tilstræbte sikkerhed i den type opgave? Det spørgsmål bør man kunne svare bekræftende på, før man i øvrigt retter fokus mod at løse denne udfordring. Personligt tænker jeg i hvert fald at de fagligt svageste elever på B-niveauet nogle gange fylder lidt for meget i vores generelle diskussion af gymnasimatematikfagets tilstand.

## Situationen på A-niveau

Vi blev som sagt i 2020 frataget muligheden for at undersøge om opgavekommissionen for B-niveauets vedkommende havde konstrueret et eksamenssæt der får den såkaldte standardskala til at matche med en tilstræbt karakterfordeling. Til gengæld var der en pæn portion af den første årgang af 3.g-elever til skriftlig eksamen på 2017-reformens A-niveau. Det er således nu muligt at analysere situationen lidt.

Den følgende analyse vil tage afsæt i de 150 eksamensbesvarelser jeg som censor deltog i bedømmelsen af. En sådan censorportefølje kan aldrig regnes for en repræsentativ stikprøve. De 150 eksaminander har nemlig været undervist på i alt 7 hold (11 på det mindste, 30 på det største) og de kan således ikke anses for tilfældigt udvalgt. Det er altså ikke muligt at sige noget kvantitativt om populationen ud fra denne "stikprøve". Derimod kan nogle mere kvalitative spørgsmål godt belyses.

På A-niveau er der også tradition for type-opgaven "Reducér udtrykket". Ofte i lidt mere kompliceret form, men ikke mere afvigende fra eksemplerne på B-niveau end at de testede algebraiske færdigheder er de samme, nemlig følgende tre:

1. Reducering af ensbenævnte led.
2. Gange simpel størrelse ind i parentes.
3. Anvendelse af kvadratsætninger (som fx  $(a + b)(a - b) = a^2 - b^2$ ).

Når disse tre færdigheder gang på gang optræder i eksamenssæt, bliver de også udgangspunktet for de fleste læreres undervisning og de fleste elevers træning. Det er således altid spændende, når opgavekommissionen afviger fra det typiske. I STX

A-niveau-eksamenssættet 25. maj 2020 optrådte en opgave 3 (se figur 2) af typen “reducér udtrykket”, som afveg fra ovenstående tre færdigheder.

**Opgave 3** a) Reducer udtrykket

(10 point) 
$$\frac{a \cdot (4a + 6)}{2a}$$

**Figur 2.** Opgave ved skriftlig eksamen STX A-niveau 2020, som afviger fra det kendte ved at kræve færdighed i “reduktion af brøk” aktiveret.

Opgaven kræver at eleven kan iværksætte en fjerde færdighed, “reduktion af brøk”. At opgaven ikke er markeret som en “simpel mindstekravsopgave”, dvs. med farven grøn (og måske også at den er sat til 10 point) viser at opgavekommissionen godt har vidst at denne opgave ville være udfordrende for mange A-niveau-elever.

I min stikprøve opnår 53 eksaminander 10 point og yderligere 20 opnår 9 point (typisk mistes 1 point fordi de har udeladt lighedstegn i omskrivningerne, eventuelt erstattet af biimplikationspil). Cirka halvdelen kan altså reducere udtrykket korrekt til  $2a + 3$ . De typiske korrekte svar opnås ved omskrivningen

$$\frac{a \cdot (4a + 6)}{2a} = \frac{4a^2 + 6a}{2a} = 2a + 3$$

Eventuelt indgår der mellemregninger mellem de to sidste udtryk (fx  $\frac{4a^2}{2a} + \frac{6a}{2a}$ ). En mindre typisk variant, som dog virker mere oplagt for personer med veludviklet algebraisk færdighed, er følgende:

$$\frac{a \cdot (4a + 6)}{2a} = \frac{4a + 6}{2} = 2a + 3$$

Også følgende variant blev observeret:

$$\frac{a \cdot (4a + 6)}{2a} = \frac{4a^2 + 6a}{2a} = \frac{2a \cdot (2a + 3)}{2a} = 2a + 3$$

I den anden ende får kun 18 eksaminander 0 point og en enkelt 1 point. Der er altså ca. en ottendel, der slet ikke kan løse opgaven. Til gengæld er der 40 eksaminander, som får 2 point. Disse elever har næsten alle sammen aktiveret den færdighed, de kendte godt fra typeopgaverne, nemlig at gange en størrelse ind i en parentes. Herefter har de ikke kunnet løse opgaven korrekt. Deres første trin er dog fælles med mange af dem, der løser opgaven korrekt, og det er sigende om studenternes algebraiske kompetence at de straks genkender “gange-ind-i-parenses”-situationen og udfører denne. Også selvom det faktisk ikke er den mest oplagte måde at starte besvarelsen på, hvis man

har en veludviklet algebraisk færdighed. Dette viser at "genkendelighed" spiller en central rolle og at færdighederne har et vist mekaniseret præg over sig.

Tre typiske eksempler på hvordan det går galt efter første trin, er følgende:

$$\frac{a \cdot (4a + 6)}{2a} = \frac{4a^2 + 6a}{2a} = 4a^2 + 3a$$

$$\frac{a \cdot (4a + 6)}{2a} = \frac{4a^2 + 6a}{2a} = 4a^2 + 4a$$

$$\frac{a \cdot (4a + 6)}{2a} = \frac{4a^2 + 6a}{2a} = 4a^2 + 3$$

Disse tre varianter har det til fælles, at eksaminanden ikke opfatter første led i tælleren som relevant i den videre bearbejdning. Min påstand her er at eleven aktiverer den algebraiske færdighed, som ovenfor kaldtes "reducering af ensbenævnte led". Det er jo tydeligt at  $2a$  og  $6a$  er ensbenævnte, mens de ikke er ensbenævnt med  $4a^2$ . Elevens færdighed tilsiger således, at  $4a^2$  og  $2a$  ikke kan "regnes sammen".

I den første variant bruger eleven sin viden om, at man lader benævnelsen stå og regner med tallene. Samme i anden variant, hvor eleven dog lidt underligt vælger at trække fra i stedet for at dividere. I den sidste variant regnes  $\frac{6a}{2a}$  korrekt, hvilket typisk har udløst yderligere 2 point. Der er således 13 eksaminander der har fået 4 point for deres besvarelse. Ingen fik 3 point eller 5 point og 5 eksaminander fik 6, 7 eller 8 point.

Ud over de ovennævnte tre typiske forkerte svar, dukker der også en hel underskov op af mere eller mindre eksotiske svarforslag, som rammer relativt langt fra skiven. I boks 1 er samlet en række af dem. Her undersøges blot ét:

$$\frac{a \cdot (4a + 6)}{2a} = a \cdot (2a + 6) = 2a^2 + a^6 = 2a^8$$

Eleven lader  $2a$  gå ud med to af de fire  $a$ 'er i tælleren. Derpå fås (korrekt) at  $a \cdot 2a = 2a^2$  og (ukorrekt) at  $a \cdot 6 = a^6$  samt (ukorrekt) at  $2a^2 + a^6 = 2a^8$ . Det interessante er ikke hvor forkert svaret er, men derimod at eleven tydeligvis har forsøgt at følge et regelsæt. Der er ikke skrevet tilfældige symboler. Dette synes at gælde for alle de "eksotiske svarforslag". Der kan således hos elever der får 0 eller 2 point spores en forståelse af at den algebraiske reduktionsopgave handler om at kende og mestre særlige regneteknikker. Her vil jeg erfaringsmæssigt vurdere at det adskiller sig fra B-niveau-elever, hvor 0 point ofte gives til en helt blank besvarelse.



Boks 1. Eksempler på forkerte besvarelser af opgave 3 ved STX A-niveau eksamen 25. maj 2020, hvor eksaminanden har gjort et forsøg, der lander "langt fra skiven". Observationerne fremstilles her simplificeret af forfatteren.

$$\frac{a \cdot (4a+6)}{2a} = \frac{4a^2+6a}{2a} = \frac{4a^2+3 \cdot 2a}{2a} = 7a^2$$

$$\frac{a \cdot (4a+6)}{2a} = \frac{4a^2+6a}{2a} = 4a^2 \cdot \frac{6a}{2a} = 4a^2 \cdot 3a$$

$$\frac{a \cdot (4a+6)}{2a} = \frac{4a+a^2+6}{2a} = 2a+a^2+3a = 5a+a^2$$

$$\frac{a \cdot (4a+6)}{2a} = \frac{a \cdot 4a^2 + a \cdot 6}{2a} = \frac{2a \cdot 4a^2 + 6}{2a} = \frac{2a+6}{2a} \dots ?$$

$$\frac{a \cdot (4a+6)}{2a} = a \cdot (2a+6) = 2a^2 + a^6 = 2a^8$$

$$\frac{a \cdot (4a+6)}{2a} = \frac{4a \cdot a^2 + 6a}{2a} = 2a \cdot a^2 + 6a = 2a^3 + 6a$$

$$\frac{a \cdot (4a+6)}{2a} = \frac{5a+6a}{2a} = \frac{11a}{2a} = 5,5$$

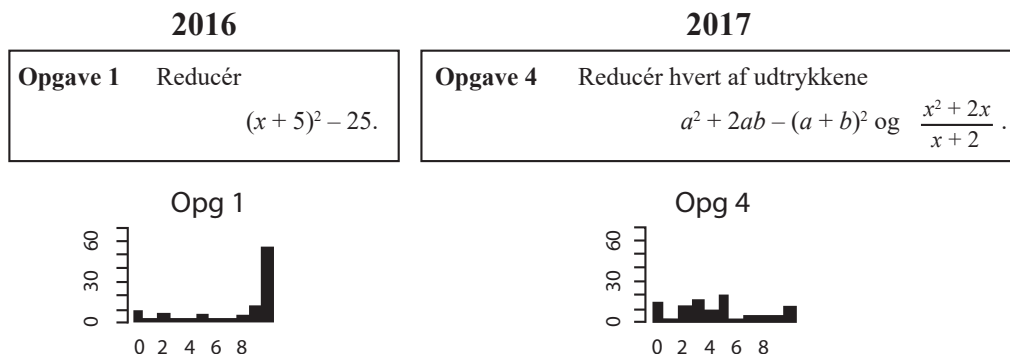
$$\frac{a \cdot (4a+6)}{2a} = \frac{4a^2+6}{2a} = \frac{2a \cdot 2a+6}{2a} = 2a+6$$

$$\frac{a \cdot (4a+6)}{2a} = \frac{4+6}{2} = \frac{10}{2}$$

$$\frac{a \cdot (4a+6)}{2a} = a \cdot \frac{4a+6}{2a} = a \cdot 2a+6 = 3a+6$$

$$\frac{a \cdot (4a+6)}{2a} = \frac{4a^2+6a}{2a} = \frac{2a \cdot 2a+6a}{2a} = 6a$$

En første konklusion på analysen er altså at udvidelsen af den typiske "reducér udtrykket"-opgave gøres væsentligt sværere af at der involveres omgang med brøker. Også dette kan belyses yderligere, ved at kigge lidt bagud i tid. Ved STX A-niveau eksamenerne den 27. maj 2016 og den 18. maj 2017 optrådte således opgaver af denne type. På figur 3 ses de to opgaver sammen med deres pointtalsvurderinger fra forcensuren (Undervisningsministeriet 2017a, 2017b).



**Figur 3.** “Reducér udtrykket”-opgaver og deres pointtalsfordeling i forensuren, fra 2016 og 2017. Gennemsnittet for Opgave 1, 2016 var 7,79 og for Opgave 4, 2017 4,28.

2016-opgaven er en helt simpel opgave der kan løses ved at aktivere de tre tidligere beskrevne algebraiske standardfærdigheder. Ca. 80 % af alle eksaminander har klaret dette. 2017-opgaven er en kompleks opgave. Udover at der helt atypisk er to udtryk, der skal reduceres hver for sig, så afviger de begge fra standarden. Det første ved at der er minus foran den kvadrerede parentes, det andet ved at indeholde en brøk, samt et behov for at “sætte uden for parentes”, som også er en atypisk algebraisk færdighed. Det ses at kun ca. 10 % har klaret hele opgaven og at ca. 80 % højst har fået 5 point. Det sidste skyldes formentlig at de fleste slet ikke har kunnet komme i gang med den anden reduktion. Men at så mange får under 5 point skyldes formentlig, at også den første reduktion afviger fra standardfærdighederne. Meget tyder altså på, at opgaver i ren algebraisk reduktion, der holder sig til de tre nævnte “typiske” algebraiske færdigheder kan løses af studenter med A-niveau, modsat B-niveau hvor mange elever har udfordringer med dette. Samtidig viser det at hvis man stiller krav ud over de typiske færdigheder, så får mindst halvdelen af A-niveau-eleverne alvorlige problemer med at løse opgaverne fuldt tilfredsstillende.

## Har vi et algebra-problem?

Således er der altså givet et bidrag til svaret på det spørgsmål, der indledningsvist fik nr. 2 – hvad kan studenterne. Spørgsmålet er om det de (ikke) kan, udgør et problem for os som samfund – altså spørgsmål 1: Hvad bør det tilstræbes, at studenterne kan. Dette er sværere at give et svar på alene ved at analysere på eksamensbesvarelser. Men alligevel kan man godt komme et stykke ad vejen. I det følgende vil jeg derfor analysere to andre opgaver fra STX A-niveau-eksamen den 25. maj 2020.

Opgave 8 (sidste opgave i delprøve 1, som skal løses uden andre hjælpemidler end formelsamlingen) omhandler en logistisk differentiallygning. Opgaven har to spørgs-

mål og det første spørgsmål (a) ses der bort fra i denne analyse, mens det andet spørgsmål (b) viser sig rimelig interessant (se figur 4).

**Opgave 8** En funktion  $f$  er løsning til differentialligningen

$$y' = 2y \cdot (8 - y).$$

Grafen for  $f$  går gennem punktet  $P(0,2)$ .

(10 point) a) Bestem en ligning for tangenten til grafen for  $f$  i punktet  $P$ .

(10 point) b) Bestem en forskrift for  $f$ .

**Figur 4.** Opgave 8 ved skriftlig eksamen STX A-niveau, 25. maj 2020.

Spørgsmål (b) kræver at eleven gennemfører en række trin og er således ikke simpelt. Det første trin er at identificere at differentialligningen er på den form der i formelsamlingen hedder  $y' = a \cdot y \cdot (M - y)$  og ud fra dette at slutte at  $a = 2$  og  $M = 8$ . Herefter skal disse to værdier sættes ind i løsningsformlen  $y = \frac{M}{1 + c \cdot e^{-aMx}}$ .

I "stikprøven" er der 36 eksaminander der får 0 point og 14 der får 1, 2 eller 3 point. De er typisk ikke lykkedes med første trin. 35 eksaminander får 4, 5 eller 6 point. Disse er typisk alle nået frem til udtrykket  $y = \frac{8}{1 + c \cdot e^{-28x}}$ . En af nuanceringerne i pointgivningen her er om eleven har fundet det vigtigt at gange 2 og 8 sammen til 16. Den læsning af løsningsformlen, at " $aM$ " repræsenterer udtrykket " $2 \cdot 8$ " og ikke tallet "16" er ganske udbredt, og ses også i daglig opgaveregning, fx ved brug af identiteten  $a^n \cdot a^m = a^{n+m}$  til opstilling af udtryk som  $a^2 \cdot a^5 = a^{2+5}$ . Her er der tale om en vis mangel på algebraisk handleparathed, når man ikke forstår formlens fulde betydning.

Det næste trin i opgaven er at bestemme  $c$  og her er mange elever fint i stand til at anvende punktet  $P(0,2)$  til at komme frem til ligningen  $\frac{8}{1+c} = 2$ .

Denne ligning er der imidlertid store vanskeligheder med, hvorfor kun 21 eksaminander får 10 point og 20 får 9 point (typisk korrekt svar, men uden at 2 og 8 er ganget sammen). En pæn andel af de 59 elever der får 4-8 point har således haft problemer med at løse ligningen, selvom det for det trænede øje synes temmelig oplagt, helt uden mellemregninger, at løsningen må være  $c = 3$ . I boks 2 er samlet en række eksempler på hvordan ligningen bliver løst forkert.

Boks 2: Eksempler på hvordan ligningen  $\frac{8}{1+c} = 2$  løses forkert. Eksemplerne er skrevet på en symbolsk simpel form af forfatteren.

$$2 = \frac{8}{1+c} \Rightarrow 2c = 8 \Rightarrow c = 4$$

$$2 = \frac{8}{1+c} \Rightarrow 2 \cdot 8 = 1 + c \Rightarrow c = 15$$

$$2 = \frac{8}{1+c} \Rightarrow 1 + c \cdot 2 = 8 \Rightarrow c \cdot 2 = 7 \Rightarrow c = 3,5$$

..

$$2 = \frac{8}{1+c} \Rightarrow 2 \cdot 1 + c = 2 + c = 8 \Rightarrow c = 6$$

$$2 = \frac{8}{1+c} \Rightarrow 2 \cdot \frac{1}{8} = \frac{8}{1+c} \cdot \frac{1}{8} \Rightarrow c = \frac{2}{8}$$

$$2 = \frac{8}{1+c} \Rightarrow \frac{2}{8} = \frac{1}{1+c} = c$$

$$2 = \frac{8}{1+c} \Rightarrow c = \frac{8}{1+2} = \frac{8}{3}$$

Eksaminandernes besværligheder synes her at være nært beslægtet med udfordringerne i opgave 3. De algebraiske færdigheder rækker ikke til omgangen med et brøkholdigt udtryk og en række andre algebraiske øvelser.

Opgave 7 i samme eksamenssæt er interessant på flere måder (se figur 5). En af ambitionerne i implementeringen af 2017-reformen er, at man ikke længere skal kunne bestå en A-niveau-eksamen ved at være god til C- og B-stof. Tidligere kunne en dygtig B-niveau-elev godt være gået til A-niveau-eksamen og fået 4 eller 7 i karakter. Det kan man ikke mere. Opgaver rent i C- og B-stof er udfaset, med mindre opgaven har en kompleksitet der gør at den ikke kan stilles til B-niveau-eksamen.

Opgave 7 er et eksempel på sådan en opgave. Og svær er den. I min stikprøve får 104 eksaminander 0 point, hvilket gør den til den klart sværeste i sættet, med stor afstand til nummer to. Blot 21 eksaminander får 10 point (og ingen får 9 point). Den typiske fejlstrategi er at forsøge at løse  $3x - 6 \cdot \ln(x) = 2x - 7$ . En forklaring kan være en dårlig forståelse af differentialkvotienter, men det ligger uden for fokus i denne analyse at undersøge nærmere.

**Opgave 7** En funktion  $f$  er givet ved

$$f(x) = 3x - 6 \cdot \ln(x), x > 0.$$

En linje  $l$  er givet ved ligningen  $y = 2x - 7$ . Grafen for  $f$  har netop én tangent  $t$ , der er parallel med  $l$ .

(10 point)

a) Bestem førstekoordinaten til røringspunktet mellem  $t$  og grafen for  $f$ .

**Figur 5.** Opgave 7 ved skriftlig eksamen STX A-niveau, 25. maj 2020.

Fra et algebra-synspunkt opstår to interessante fejl. Den første hos de eksaminander, som ved bestemmelse af  $f'$  opfatter  $f$  som et produkt mellem  $3x - 6$  og  $\ln(x)$ . De læser altså udtrykket symbolsk forkert. Den anden er hos dem som korrekt kommer frem til at  $f'(x) = 3 - \frac{6}{x}$  og derpå er klar over at de skal løse ligningen  $3 - \frac{6}{x} = 2$ . Det trænede øje vil hurtigt se at løsningen må være  $x = 6$ , men omtrent halvdelen af de få elever der når frem til denne ligning har problemer med at løse den korrekt. Igen er det evnen til at omgå de algebraiske regneregler, samt evnen til at læse algebraiske udtryk, som står i vejen for at få løst opgaven korrekt.

Analyserne af problemerne med at besvare opgave 8 og 7 viser således, at manglende algebraiske færdigheder (uden for de tre standardfærdigheder) synes at stå i vejen for en signifikant andel af elever, som ellers godt ville være i stand til at løse opgaverne. Hvis vi antager, at det at kunne løse opgave 7 og 8 faktisk er vigtige matematiske evner, så begrundes problemerne med at løse dem i sig selv, at begrænsningerne i nogle studenters algebraiske færdigheder er et bredere problem. Således bliver problemerne med at løse den rent algebraiske opgave 3 også til et symptom på et større problem.

Det viser sig da også, at ud af de 41 eksaminander der får 9 eller 10 point i opgave 8, har de 31 fået 9 eller 10 point i opgave 3. Og blandt de 21 der får 10 point i opgave 7, har 20 fået 9 eller 10 point i opgave 3. At kunne løse opgave 3 er således en god (men langt fra tilstrækkelig) forudsætning for at kunne klare opgave 7 og 8.

## Hvad kan vi gøre ved det?

Når det kommer til grundlæggende matematiske færdigheder – uanset om det er aritmetiske, algebraiske eller noget tredje – så er der næppe noget andet der virker end fokuseret træning. Her kan princippet “What you assess is what you get” (Niss 1992, s. 3) formentlig guide os noget af vejen. Hvis tungere algebraiske færdigheder

skal fylde i undervisningen og i det som eleverne prioriterer at træne, så skal det også fylde i den skriftlige eksamen.

Opgavekommissionen kunne jo overveje at indlede alle eksamenssæt med en række opgaver med tung vægt på algebraiske færdigheder (reduktion, ligningsløsning, formelmanipulation, mv.), hvor kompleksiteten er tilpas stor til, at i hvert fald nogle af dem ikke har karakter af "type-opgaver". Hvis alle elever ved, at eksempelvis de første 30 point til eksamen opnås ved at være stærk i algebra, så vil mange også prioritere at træne det. Det kunne understøttes af en større samling algebraiske træningsopgaver.

Samtidig er der brug for mange komplekse opgaver, hvor de algebraiske færdigheder er en vigtig komponent i at kunne løse opgaven. Selvsagt må det i hovedsagen ske uden at man har CAS-værktøjer ved hånden. Således kunne en yderligere forskydning af eksamenstid (og -point) fra "med hjælpemidler" til "uden hjælpemidler" være med til at understøtte at eleverne finder det vigtigt at træne.

Men det er klart at vi kun skal løse problemet med ringe algebrafærdigheder blandt STX-studerende, hvis det rent faktisk er et problem for andet og mere end det matematiske samfunds faglige følelser. Og en sådan dybere analyse af algebraiske færdigheders samfundsmæssige betydning ville måske være god at få lavet.

## Referencer

- Grønbæk, N., Jessen, B. og Winsløw, C. (2019). Matematik B: Regningen skal betales. MONA 2019-3, s.80-85.
- Niss, M. (1992). Assessment of Mathematical Applications and Modelling in Mathematics Teaching. I Tekster fra IMFUFA nr. 217. Lokaliseret 26/7-20 på <http://milne.ruc.dk/imfufatekster/pdf/217.pdf>
- Undervisningsministeriet (2017a). Evaluering af de skriftlige prøver i matematik på stx og hf ved sommereksamen 2016.
- Undervisningsministeriet (2017b). Evaluering af de skriftlige prøver i matematik på stx og hf ved sommereksamen 2017.
- Undervisningsministeriet (2018). Matematisk formelsamling – stx B-niveau.
- Undervisningsministeriet (2019). Evaluering af de skriftlige prøver i matematik på stx og hf ved sommereksamen 2019. Delrapport 1 – ny ordning.

# Teknologiforstyrrelse: Hvad mener Børne- og Undervisningsministeriet, når de skriver "teknologi"?



Keld Nielsen,  
tidl. Aarhus  
Universitet



Martin K.  
Sillasen, VIA  
University  
College

**Abstract:** I denne analyse problematiserer vi, at der ikke findes en entydig operationel definition af teknologibegrebet som kan bruges i grundskolen og den tilhørende læreruddannelse. Vi argumenterer for at Børne- og Undervisningsministeriet har et ansvar for en del af forvirringen omkring begrebet. Der findes mindst to betydninger af teknologibegrebet: Digital teknologiforståelse og den brede teknologiforståelse, og manglen på en entydig definition af begrebet manifesterer sig på forskellig vis i grundskolens naturfag, det nye fagområde "Teknologiforståelse" og i læreruddannelsen. Vi foreslår at Børne- og Undervisningsministeriet igangsætter en konkretisering af begrebet teknologisk dannelse, præcisering af T i STEM og får udarbejdet en bred definition af teknologibegrebet.

Ved indgangen til skoleåret 2019/20 justerede Børne- og Undervisningsministeriet kravene til de fællesfaglige fokusområder. Et fællesfagligt fokusområde skal nu opfylde mindst to ud af tre kriterier. Det ene af de tre kriterier er at det fællesfaglige fokusområde "skal inddrage elevernes arbejde med teknologi."

Denne ændring harmonerer med at emnet teknologi har en fremtrædende rolle i naturfagene. Formålsbeskrivelserne for alle tre naturfag i udskolingen slår fast at der i fagene både skal arbejdes med naturfag og teknologi.

Mindst lige så vigtigt er det, at der i faghæfterne for alle tre fag enslydende står:

"Naturfagene har naturen/dens fænomener og teknologi som deres genstandsfelt." (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019a, s. 57), (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019b, s. 58), (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019c, s. 58)

Således er det godt, og helt i overensstemmelse med fagenes intentioner, at fænomenet teknologi har en markant rolle i de fællesfaglige fokusområder, og dermed til afgangsprøven. Men det siger sig selv, at det dermed er vigtigt for alle – herunder skoleledere, undervisere, naturfagsvejledere, elever og censorer – at det tydeligt fremgår af faghæfterne og de øvrige dokumenter fra Børne- og Undervisningsministeriet, hvad ministeriet mener med ordet teknologi. Og at ministeriet bruger ordet konsistent fra det ene fag til det andet. Desværre må man sige at det halter, både med tydelighed og med konsistens.

Nu er det ikke nogen nyhed at det er uklart hvordan man skal forstå udtrykket teknologi. En nyere dansk rapport har kortlagt 10 års engineering- og teknologiprojekter, der var rettet mod grundskolen og kunne rubriceres som engineering. Rapporten peger på, at den sproglige forvirring er en udfordring. Den opsummerer:

“... i indsatser med fokus på teknologi [var det] ofte uklart for lærerne, hvad teknologi dækker over, og hvordan den skulle bidrage til elevernes læring.” (Sølberg & Waadegaard, 2018, s. 4)

Vi tilføjer at i forbindelse med vores egen involvering i udvikling af en didaktik med tilhørende undervisningsforløb for projektet “Engineering i skolen” (Se Auener, Daugbjerg, Nielsen, & Sillasen, 2018) måtte vi opgive at bruge ordet teknologi. Årsagen var at der blandt de lærere, som var med til at udvikle didaktikken og afprøve engineeringforløb i deres klasser, var alt for stor spredning i hvordan de fortolkede ordet. Hvilket ikke er hensigtsmæssigt, al den stund ingeniørers fornemste opgave er at udvikle, forny og forbedre teknologi, herunder at finde teknologiske løsninger på presserende problemer. Det samme er selvfølgelig tilfældet, når man arbejder med engineering i skolen.

Når vi afstod fra at bruge ordet teknologi var det ikke fordi vi finder begrebet teknologi overflødigt eller uvæsentligt. Tværtimod mener vi at i en moderne, teknologiafhængig verden er det et helt nødvendigt begreb at arbejde med i naturfagene (samt i mange andre fag). Vi er omgivet af udfordringer – fx et voksende indhold af CO<sub>2</sub> i atmosfæren, forurening af verdenshavene med plastik, eller forarmelse af naturen – som er skabt gennem generationers problematiske anvendelse af teknologi. De samme udfordringer skal i fremtiden løses gennem en klogere og mere bæredygtig anvendelse af teknologi.

Det stiller store krav til uddannelserne, der skal give eleverne indsigt i hvad teknologi er for et fænomen, hvordan det skabes, hvordan det påvirker os og hvordan man styrer teknologisk udvikling. Når vi afstod fra at bruge begrebet i forbindelse med projekt Engineering i skolen var det en konsekvens af at Børne- og Undervisningsministeriet i årevis har forsømt at afklare teknologibegrebet og undladt at give en tydelig beskrivelse af teknologi som det udbredte – og for menneskehedens fremtid helt afgørende – fænomen, det er.



Vi skal nedenstående argumentere for at fagbeskrivelser og andre dokumenter fra Børne- og Undervisningsministeriet bør være mere konsekvente og præcise omkring begrebet teknologi, som eleverne ifølge fagbeskrivelserne skal arbejde med og som kan indgå i afgangsprøven.

Dette gamle forståelsesproblem er blevet stærkt forværret – og helt akut – fordi Børne- og Undervisningsministeriet med navngivningen af et nyt prøvfag selv har taget initiativet til at puste voldsomt til forvirringen. Det er nu mere uklart en nogensinde, hvornår undervisning i et givet emne eller et projekt hører til genstandsområdet “teknologi”.

### *To betydninger af ordet teknologi*

Årsagen til at der i grundskolesammenhæng er opstået fornyet tvivl om, hvad der menes med “teknologi”, er navnet på det nye fag “teknologiforståelse”, som i perioden 2019-2022 afprøves på en række skoler – på nogle som et selvstændigt fag, på andre indlejret i et andet fag, fx i natur/teknologi, dansk, matematik eller fysik/kemi.

Allerede når man læser beskrivelsen af det nye fags formål bliver man voldsomt i tvivl om, hvad man skal stille op med ordet teknologi. Til trods for at faget er døbt “teknologiforståelse” står der nemlig i fagets formålsparagraf, at eleverne skal arbejde med “digitale teknologier”. Så hvad er det for teknologier eleverne skal forstå?

Holder man fagets navn op mod specificeringen i formålsparagraffen, er det nærliggende at man som læser konkluderer at ministeriet med indførelsen af det nye fag ønsker at præcisere at “teknologi” fra nu af skal forstås som “digital teknologi”. Altså at man tænker, at de to begreber er identiske, og når adjektivet “digital” ikke forekommer i fagets navn gør det ingen forskel, men må skyldes bekvemmelighed, da navnet ellers ville blive upraktisk langt. Konkluderer man på denne måde, så ændrer udeladelse eller tilføjelse af specificationen “digital” ikke noget. Ligesom når man i stedet for “idrætsforeningsformanden” kun skriver “formanden”, fordi alle ved at der refereres til den samme person.

Vælger man at forstå betegnelsen “teknologi” på denne måde kunne man tro at sagen er klar: Al teknologi er digital teknologi, og for den der underviser i grundskolen eksisterer der ikke andre former for teknologi. Men derefter bliver man alligevel overrumplet, når man læser kompetencemålene for faget. Hver gang ordet teknologi forekommer i målbeskrivelserne præciseres, at der er tale om mål vedrørende “digital teknologi”. Som fx i målet:

“Eleven kan vurdere, vælge og på kvalificeret vis anvende digitale teknologier i autentiske situationer.” (Børne- og Undervisningsministeriet, n.d., s. 4)

Der står “digital teknologi” mere end 30 gange i beskrivelsen af fagets mål. Men hvis teknologi skal forstås som digital teknologi, er det dobbelt konfekt. Det svarer til at skrive i målene for geografi at eleverne skal arbejde med vådt vand, eller i matematik med runde cirkler, og det går jo ikke. Hvordan skal man så forstå ministeriets brug af ordet teknologi?<sup>1</sup>

### *Teknologi i natur/teknologi*

En oplagt mulighed for at finde ud af, hvad Børne- og Undervisningsministeriet ellers mener med “teknologi”, er at undersøge, hvad der lægges i ordet i natur/teknologi, altså det andet fag, hvor teknologi indgår i fagnavnet. Gør man det, møder man en forståelse af teknologi der – nok ikke overraskende – ligger meget langt fra den der lægges op til i forbindelse med “teknologiforståelse”.

I faghæftet for natur/teknologi kan man fx læse at eleverne skal kunne undersøge enkle ting fra hverdagen, fortælle hvad de er lavet af, og hvordan de virker. De skal kunne forklare om en ting er skabt af naturen eller af mennesker. Der gives eksempler på teknologiske produkter:

“Genstande fra hverdagen (fx dørhåndtag, hængsel, saks, skrue, køleskabsmagnet, kuglepen, blyant, krus, bestik, lynlås, trykknop, tøjklamme, dåseåbner, tapeholder, clips og andre dimser ...).” (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019d, s. 73)

Ikke megen digitalisering dér.

Mere specifikt lægges der i målene i natur/teknologi vægt på viden om materialer og råstoffer og på teknologiske processer. Nogle eksempler på centrale mål der udmønter denne forståelse er:

- *Eleven kan beskrive en proces fra ressource til færdigt produkt og fra produkt til ressource. Eleven har viden om enkle produktionskæder. (efter 2. klasse)*
- *Eleven kan identificere stoffer og materialer i produkter. Eleven har viden om stoffers og materialers egenskaber og kredsløb. (efter 6. klasse)*
- *Eleven kan med enkle procesmodeller beskrive forsyningsproduktion. Eleven har viden om forsyningsproduktion. (efter 6. klasse)*

Desværre gives der i forbindelse med Børne- og Undervisningsministeriets beskrivelser af faget natur/teknologi ikke nogen formel definition af, hvad der i faget skal forstås ved teknologi. Men det er tydeligt at faget – ikke bare gennem sit navn men

<sup>1</sup> Vores kritik går udelukkende på det nye fags navn: “teknologiforståelse”. Det er stærkt tiltrængt at der indføres nye fag og emner i grundskolen som kan introducere arbejde med digitale teknologier og med nye digitale fagligheder. Vi imødeser med spænding udfaldet af forsøget med “digital teknologiforståelse”.

også i mange målformuleringer – lægger op til at se teknologi som en menneskelig aktivitet, der skaber processer og produkter, som er anderledes end dem man finder i naturen. Altså en meget bred teknologiopfattelse, hvor man blandt andet forstår teknologi som bearbejdet natur.

Fx spiller målet for 2. klasse *“Eleven kan genkende natur og teknologi i sin hverdag”* direkte på modsætningen mellem det naturlige og det teknologiske, hvad der giver god mening. På moderne dansk kan man sige at i denne opfattelse omfatter teknologi *“the designed world”*. Vi er altså MEGET langt fra en forståelse af begrebet teknologi, der kun henviser til det digitale.

### *Teknologi i fysik/kemi*

I faghæftet for fysik/kemi gøres et forsøg på at afgrænse betydningen af begrebet teknologi:

“Teknologi forstås i fysik/kemi bredt; således er der ikke kun tale om digital teknologi, men alle former for redskaber og hjælpemidler, mennesker anvender eller kan anvende til at bearbejde og forstå deres omverden.” (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019b, s. 77)

Det er påfaldende, at denne definition er defensiv, et forsøg på at imødegå en misforståelse: Ved teknologi forstår vi ikke – som nogle måske gør – kun noget digitalt, men noget meget mere omfattende. Denne skelnen mellem to forskellige forståelser af ordet er helt afgørende, da den jo blandt andet afgør, hvad det er for emner eleverne kan arbejde med i de fællesfaglige fokusområder.

I fysik/kemi er *“produktion og teknologi”* et selvstændigt færdigheds- og vidensområde hvor de tilhørende fælles mål – i overensstemmelse med ovenstående definition – refererer til en bred forståelse af teknologi.

Nogle eksempler på mål, hvor ordet teknologi forekommer (der er kun tale om eksempler, listen her og de nedenstående er ikke udtømmende):

- *Eleven kan beskrive sammenhænge mellem teknologisk udvikling og samfundsudvikling. Eleven har viden om centrale teknologiske gennembrud.*
- *Eleven kan beskrive sammenhænge mellem råstoffer, processer og produkt. Eleven har viden om teknologi i industri og landbrug.*
- *Eleven kan vurdere en teknologis bæredygtighed. Eleven har viden om teknologiers påvirkning og effekt på naturgrundlaget.*

Bag målbeskrivelsen af den undervisning i fysik/kemi, der omfatter teknologi, ligger den samme skelnen mellem det naturgivne og det teknologiske, som teknologiopfattelsen i natur/teknologi hviler på. I faghæftet for fysik/kemi står fx at elevernes

perspektivering af det, de lærer, skal knyttes til “spørgsmål om bæredygtig udvikling og menneskets samspil med naturen og teknologi.” (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019b, s. 24)

### *Teknologi i geografi og biologi*

Som nævnt ovenfor indgår ordet teknologi både i formålsbeskrivelserne og i faghæfterne for geografi og biologi, men i målene for de to fag bruges ordet teknologi ikke konsekvent. Dog optræder der i fagene mange mål, som er rettet mod teknologisk viden og teknologiske færdigheder.

Nogle eksempler på teknologiske mål for geografi:

- *Eleven kan analysere befolknings- og erhvervsforholds påvirkning af lokal og global udvikling.*
- *Eleven kan analysere befolknings- og erhvervsudviklings betydning for bæredygtig udvikling. Eleven har viden om kriterier for bæredygtig befolknings- og erhvervsudvikling.*
- *Eleven kan undersøge forbrugsvarers vej fra ressource til butik. Eleven har viden om produktionskæder.*
- *Eleven har viden om multinationale selskaber og teknologisk udvikling som drivkraft for globalisering.*
- *Eleven kan undersøge naturgrundlagets betydning for produktionsforhold. Eleven har viden om sammenhæng mellem naturgrundlag og produktion.*

Eksempler på teknologiske mål fra biologi:

- *Eleven kan forklare årsager og virkninger af naturlige og menneskeskabte ændringer i økosystemer.*
- *Eleven kan sammenligne konventionelle og økologiske produktionsformer. Eleven har viden om dyrkningsformers afhængighed af og indflydelse på naturgrundlaget.*
- *Eleven kan diskutere interesseudsættninger forbundet med bæredygtig produktion. Eleven har viden om principper for bæredygtig produktion.*
- *Eleven kan diskutere løsnings- og handlingsmuligheder ved bæredygtig udnyttelse af naturgrundlaget lokalt og globalt.*
- *Eleven kan diskutere aktuelle løsnings- og handlingsforslag og relaterede interesseudsættninger i forhold til miljø- og sundhedsproblemstillinger.*

Man kan hævde at det afhænger af ens teknologiopfattelse om man vil klassificere de nævnte mål fra geografi og biologi som teknologiske. Der står jo ikke noget om “teknologi”, men derimod om “erhvervsforhold”, “erhvervsudvikling”, “produktionskæ-

der” “menneskeskabte ændringer”, “dyrkningsformer”, “produktion”, “interessemod-sætninger”. Men hvis ikke disse mål hører til det teknologiske genstandsfelt, hvilket genstandsfelt så? I fagene er der – som vi har omtalt i indledningen – kun angivet to: naturens fænomener og teknologi.

Det er forvirrende at ordet teknologi på den ene side optræder i formålsbeskrivelserne for geografi og biolog og nævnes som det ene af fagene to genstandsfelter, men på den anden side stort set er fraværende i formuleringen af målene. Det afspejler en mangel på tydelighed i ministeriets egen brug af ordet teknologi. Især i geografi er det påtrængende at få klarlagt, hvad man som underviser kan lægge i begrebet teknologi.

Vi slår fast, at i alle fire naturfag arbejdes med en bred tolkning af ordet teknologi. I faget teknologiforståelse, derimod, er det evident at faget kun beskæftiger sig med en bestemt type af teknologi, nemlig digital teknologi. Det er urimeligt over for lærere og elever (og censorer og forældre), at ministeriet dels bruger ordet uklart og inkonsekvent og dels med to helt forskellige betydninger.

### *Forvirring avler mere forvirring*

Med den meget problematiske navngivning af det nye forsøgsfag har ministeriet åbnet en ladeport for en bestemt type misforståelser om hvad teknologi bør omfatte i undervisningssammenhænge. Vi illustrerer ved at give et eksempel.

Et nyt modul på læreruddannelsen skal forberede de lærerstuderende til at arbejde med den nye digitale faglighed og har fået navnet “Teknologiforståelse og digital dannelse”. (Rehder et al., 2019). Eftersom det nye forsøgsfag i grundskolen hedder teknologiforståelse er et læreruddannelsesmodul, der er rettet mod dette fag, selvfølgelig også nødt til at hedde noget med teknologiforståelse. Det er ikke her problemet ligger.

Problemet er, at undervisningsvejledningen udbygger de muligheder for misforståelser, der ligger i den upræcise brug af ordet teknologi, som er diskuteret ovenfor. For hvor fx målene i skolefaget teknologiforståelse – bortset fra fagets navn – gør sig umage med at påpege, at faget handler om at forstå og kunne arbejde med digital teknologi, så er brugen af ordet teknologi i undervisningsvejledningen for læreruddannelsesmodulet upræcis og uklar.

Der er ganske vist tilløb til en sproglig distinktion mellem digital og anden teknologi. I vejledningen understreges det at “*Teknologibegrebet er i modulet rummeligt og tænkes dermed både analogt og digitalt, om end vægtningen er på det digitale*” (s. 6). Men ser man på listen over de teknologier, der omtales i modulbeskrivelsen og foreslås anvendt, er der udelukkende tale om digitale teknologier (s. 88-89).

I kompetencemålene for modulet går det mere galt (s. 8). Det første færdighedsmål lyder, at den studerende skal kunne “*forholde sig kritisk og undersøgende til teknologiers intentionalitet.*”, og man tænker: Godt at deres teknologibegreb er bredt, her betyder “teknologi” virkelig teknologi. Men i det tilhørende vidensmål står at den

studerende skal have viden om “*medborgerskab i et samfund, hvor digitale teknologier er medskabere af sociale og kulturelle processer*”. Så ordet “teknologi” i færdighedsmålet betød slet ikke teknologi men “digital teknologi”. I det næste kompetencemål er fordelingen omvendt. I færdighedsmålet tales om “digitale kommunikationsteknologier” men i vidensmålet generaliseres det til viden om “relationer mellem teknologi og dannelse”. Og så fremdeles.

Dermed er læseren virkelig på den. Når der i modulbeskrivelsen står “teknologi” skal man gætte på, om der nu menes “digital teknologi” eller der rent faktisk lige på dette sted bruges et bredere teknologibegreb. Dermed cementeres uklarheden i betydningen af ordet teknologi, som de eksisterende naturfag ikke kan være tjent med.

Hvad værre er: I modulbeskrivelsen optræder ordet “teknologiforståelse” mange gange. Men nu ikke mere som navnet på et fag i grundskolen, men som et begreb i forbindelse med modulets formål og de studerendes læring. Men modulet kan ikke give de studerende “teknologiforståelse”. I bedste fald kun “digital teknologiforståelse”. Og det er noget andet.

### *Påtrængende behov for ændringer*

Der er mindst tre grunde til at ministeriets nuværende semantiske sløseri er problematisk. De tre grunde hænger indbyrdes sammen, men her nøjes vi med at omtale dem hver for sig, og helt kort. Vi håber at vi i et senere indlæg kan diskutere dem mere i detalje.

#### **1. Behov for uddybelse og konkretisering af teknologisk dannelse**

For det første haster det med at uddybe og konkretisere begrebet teknologisk dannelse og få det bedre ind i undervisningen.

Det internationale selskab af geologer og geofysikere (*The International Union of Geological Science*), som bestemmer hvad Jordens geologiske perioder hedder, har – ikke uden grund – foreslået, at Jordens nuværende epoke skal kaldes “den antropocæne epoke”, dvs. menneskets tidsalder. Forslaget begrundes bl.a. med at mennesket er blevet en geologisk faktor på lige fod med vulkaner, meteornedslag og forskydning af tektoniske plader. Menneskers påvirkning af miljøet er nu den stærkeste faktor der former klodens fremtid.

Denne påvirkning sker gennem menneskehedens massive brug af teknologi. Det er nødvendigt at de nuværende børn og unge får kompetencer og viden til at agere som borgere i den politiske, økonomiske, juridiske og videnskabelige fremtid, der vil forme den teknologiske udvikling. Det vil kræve oplyste borgere, komplicerede diskussioner og mange vanskelige beslutninger at fremme, finansiere og lovgive omkring de teknologier, som i fremtiden skal give os bæredygtig produktion, transport, fødevarer

og energi. Denne uddannelsesudfordring kan i første omgang beskrives som en dannelsesopgave, specifikt rettet mod teknologisk dannelse.

Indsigt i og arbejde med digitale teknologier er en del af skabelsen af fremtidens teknologiske dannelse, men det er langt fra nok at begrænse sig til det digitale. For at blive teknologisk dannede skal eleverne arbejde med langt flere typer af teknologi, som sundhedsteknologi, transportteknologi, fødevareteknologi, energiteknologi, osv.

Den amerikanske didaktiker Teresa Shume peger på konsekvenserne af at operere med en indskrænket (dvs. udelukkende digital) forståelse af teknologibegrebet:

“Det centrale argument [...] er at selv om IT-relateret undervisning af mange opfattes som den bedste vej til teknologisk dannelse (på engelsk: ‘technological literacy’), så fører det ikke til autentisk teknologisk dannelse. Til trods for de uhyre resurser vi i USA bruger på IT-relateret dannelse (‘ICT-literacy’) [...], så vil det ikke føre til teknologisk dannede borgere. Teknologisk dannelse er meget passende beskrevet som ‘studiet af teknologi som giver eleverne mulighed for at lære om de processer og den viden med relation til teknologi, som er nødvendig for at løse problemer og udvide menneskeheds muligheder (ITEA, 2007, p. 242)’. Denne beskrivelse bygger på en forståelse af teknologi som rækker alenlangt ud over computere og de tilhørende digitale medier, og som omfavner teknologi i alle dens former, og også omfatter kritisk analyse af teknologi.” (Shume, 2013, s. 89, vores oversættelse)

En indsats for at fremme teknologisk dannelse vil forandre at man i undervisningen opererer med et bredt teknologibegreb. Og som situationen er lige nu, vil det kræve at man aktivt griber ind for at forhindre yderligere udbredelse af den misforståede opfattelse at “teknologi” i undervisningssammenhænge kan forstås som “digital teknologi”.

## 2. Behov for præcisering af teknologi i STEM

For det andet er ministeriet begyndt at henvise til STEM-begrebet. Fx står der i Faghæftet for Fysik/kemi,

“De seneste år har begrebet “STEM-fagene” vundet frem. STEM står for Science (naturvidenskab), Technology (teknologi), Engineering (ingeniørmetoder) og Mathematics (matematik). Der findes ikke én endelig definition på, hvad et godt STEM-forløb er, men fagene/fagområderne sammenstilles ofte, da de har stor glæde af hinanden i forhold til både mål, indhold og arbejdsmetoder. STEM kan både forstås som fællesmængderne mellem to eller tre af områderne og som foreningsmængden mellem alle fire områder afhængigt af, hvilken kilde man søger.” (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019b, s. 89)

På den ene side er det godt. STEM er et lovende bud på en retning som naturfagene sammen med matematik kan udvikles i, og i en lang række lande gøres der en stor

indsats for at fremme STEM-undervisning og at udvikle STEM-didaktik. Herhjemme er også mange initiativer i gang:

1. På sin hjemmeside omtaler ASTRA STEM i forbindelse med den indsats der gøres i kommunerne: "Fokus på STEM". Se <https://astra.dk/stem>
2. Københavns Kommune – og sikkert også andre kommuner – har en STEM-dagsorden. Se <https://aabenskole.kk.dk/artikel/stem>
3. Der indføres nu en STEM-læreruddannelse. Se <https://studier.ku.dk/kandidat/stem-undervisning/>
4. Nogle af de store fonde, der støtter naturfagene, lægger vægt på STEM. Se fx <https://novonordiskfonden.dk/da/grants/projektstoette-til-naturvidenskabelig-uddannelse-og-uformelle-laeringsmiljoer-efteraar-2020/>

Men det er en svaghed ved STEM-begrebet at teknologidelen – T'et står som bekendt for Technology – er så forvirrende og så svagt beskrevet. Igen mener vi, at det er Børne- og Undervisningsministeriet, der bør tage udfordringen op med at beskrive en sammenhængende dagsorden for T'et i STEM, herunder T'ets relationer til de øvrige tre fag.

### 3. Behov for en entydig – og bred – definition af teknologi

For det tredje er den "definition" af teknologi, som vi har citeret fra faghæftet i Fysik/kemi ("*Teknologi forstås i fysik/kemi bredt; således er der ikke kun tale om digital teknologi, men alle former for redskaber og hjælpemidler, mennesker anvender eller kan anvende til at bearbejde og forstå deres omverden.*") forældet og for begrænset. Teknologi omfatter mere end redskaber og hjælpemidler. For at forstå fænomenet "teknologi" er man nødt til at indse at også viden om redskaber og processer er en uadskillelig del af teknologien, ligesom organisering – herunder lovgivning – er det. Børne- og Undervisningsministeriet bør arbejde på at formulere en mere præcis, opdateret og anvendelig definition på hvad der i naturfagene skal forstås ved teknologi.

For at uddybe teknologibegrebet og udvide det til at omfatte mere end "redskaber og hjælpemidler" behøver ministeriet ikke at bevæge sig ud på ny og usikker grund. Der er hjælp at hente fra andre undervisningsområder som HTX og ingeniøruddannelserne. I den mere generelle historiske behandling af teknologiske og teknologihistoriske emner har der nemlig i Danmark de sidste 20-30 år været konsensus om at arbejde med et bredt teknologibegreb, hvor teknologi beskrives som et af tre store genstandsfelter: Det naturskabte, det kulturelt-sociale og det teknologiske. I denne opfattelse karakteriseres mennesket som et væsen der udvikler og bruger teknologi for at leve mere bekvemt og mere sikkert. Dette teknologisyn er på lidt forskellig vis formuleret i lærebøger der bruges udbredt til undervisningen i teknologihistorie og -filosofi på HTX (Se fx (Andersen, Lundsgaard, & Lund, 2013) og (Nielsen, Nielsen, &



Jensen, 2008)). Eller i forbindelse med ingeniøruddannelserne (Müller, Remmen, & Christensen, 1984) og (Jørgensen, 2009).

Det er bare med at komme i gang!

## Referencer

- Andersen, S.B., Lundsgaard, S., & Lund, E. (2013). *Menneskeskabt. Grundbog i teknologihistorie*.
- Auener, S., Daugbjerg, P.S., Nielsen, K., & Sillasen, M.K. (2018). *Engineering i skolen. Hvad, hvordan, hvorfor*. Retrieved from [https://astra.dk/sites/default/files/eis\\_rapport\\_2.0\\_-\\_full\\_pdf\\_version\\_0.pdf](https://astra.dk/sites/default/files/eis_rapport_2.0_-_full_pdf_version_0.pdf)
- Børne- og Undervisningsministeriet. (n.d.). Teknologiforståelse – Måloversigt. Retrieved from <https://emu.dk/sites/default/files/2019-02/GSK.Fælles.Mål.Tilgængelig.Teknologiforståelse.pdf>
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2019a). Biologi – Faghæfte 2019. Retrieved from <https://emu.dk/sites/default/files/2019-08/GSK-Faghæfte-Biologi.pdf>
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2019b). Fysik/kemi – Faghæfte 2019. Retrieved from <https://emu.dk/sites/default/files/2019-08/GSK-Faghæfte-Fysik-kemi.pdf>
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2019c). Geografi – Faghæfte 2019. Retrieved from <https://emu.dk/sites/default/files/2019-08/GSK-Faghæfte-Geografi.pdf>
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2019d). Natur/teknologi – faghæfte 2019. Retrieved from <https://emu.dk/sites/default/files/2019-08/GSK-Faghæfte-Natur-teknologi.pdf>
- ITEA. (2007). *Standards for Technological Literacy*. Retrieved from <https://www.iteea.org/File.aspx?id=67767&v=b26b7852>
- Jørgensen, U. (2009). *I teknologiens laboratorium- ingeniørfagets videnskabsteori*.
- Müller, J., Remmen, A., & Christensen, P. (1984). *Samfundets teknologi: teknologiens samfund*.
- Nielsen, K., Nielsen, H., & Jensen, H.S. (2008). *Skruen uden ende. Den vestlige teknologis historie. 3. udg.*
- Rehder, M.M., Møller, T.E., Hjorth, M., Fibiger, J., Hansbøl, M., Jensen, J.J., ... Schrøder, V. (2019). *Teknologiforståelse og digital dannelse – undervisningsvejledning til et nyt modul på læreruddannelsen*. København. Retrieved from [https://www.ucviden.dk/portal/files/66740239/Teknologiforst\\_else\\_og\\_digital\\_dannelse\\_undervisningsvejledning\\_til\\_et\\_nyt\\_modul\\_p\\_l\\_reruddannelsen\\_2019.pdf](https://www.ucviden.dk/portal/files/66740239/Teknologiforst_else_og_digital_dannelse_undervisningsvejledning_til_et_nyt_modul_p_l_reruddannelsen_2019.pdf)
- Shume, T.J. (2013). Computer Savvy but Technologically Illiterate: Rethinking Technological Literacy. In Clough, M.P., Olson, J.K., & Niederhausen, D.S (2013). *The nature of technology: implications for learning and teaching* (pp. 85-100).
- Sølberg, J., & Waadegaard, N.H. (2018). *Engineering i skolen – syntese af en praksiskortlægning*. Retrieved from <https://neuc.dk/wp-content/uploads/2019/10/engineering-i-skolen-syntese-af-en-praksiskortlaegning.pdf>



# Kommentarer

I denne sektion bringes kommentarer til tidligere bragte artikler. Kommentarerne skal være saglige, samt fagligt og analytisk funderede. Kontakt gerne redaktionen forinden indsendelse af kommentar. Indsendte kommentarer vurderes af redaktionen og er ikke genstand for peer-review.

# Repræsentationer og registre



Lisser Rye Ejersbo, DPU,  
Aarhus Universitet

*Kommentar til Pernille Bødtker Sunde, Lóa Björk Jóelsdóttir, Pernille Ladegaard Pedersen: Blokmodellen – en overset repræsentation i dansk matematikundervisning?, MONA 2020-2.*

Artiklen beskriver et meget interessant forskningsprojekt hvor forskningsgruppen i TRACK gennemfører en undersøgende benchmarking med en procedure som er udviklet og virker effektivt i Singapore. Proceduren er en anvendelse af en bestemt blokmodel hvor et matematisk problem visualiseres gennem nogle rektangulære blokke. Singapore klarer sig jo fint inden for matematik i internationale tests, så det er da oplagt at undersøge hvordan danske børn vil reagere på modellen og måske få glæde af den. I artiklen beskrives den del af projektet som foregår som en intervention i 4.-6. klasse.

Gruppen har valgt at fokusere på:

1. Problemløsning som integreret del af undervisningen med bevidst arbejde med de fem elementer: Metakognition, processer, begreber, færdigheder og indstillinger
2. En konsekvent brug af Bruners (1964, se artiklen s. 25) tre repræsentationsformer konkret, ikonisk og abstrakt, forkortet CPA (Concrete – Pictorial – Abstract).

## Tre repræsentationsformer

Jeg vil starte med at se på de tre repræsentationsformer som anvendes i projektet. Bruner skelner mellem konkret – ikonisk – abstract. Artiklens Figur 1 illustrerer et eksempel på hvordan begreberne bruges. I figuren er der fire forskellige repræsentationer:

1. En **skriftlig opgave** som lyder som følgende: Allan har 3 blyanter, og Astrid har 8 blyanter. Hvor mange blyanter har de i alt?
2. En **tegning af blyanterne** som kaldes den konkrete model.

3. De **skematiske blokke** som kaldes den visuelle/ikoniske model.
4. Et **regnestykke**, skrevet som  $3 + 8 = ?$ , som kaldes den abstrakte model.

Det undrer mig at de skematiske blokke kaldes ikoniske. Ifølge den amerikanske filosof Charles Sandes Peirces (1839-1914) anerkendte tegnlære (semiotik), inspireret af logik og matematik, inddelte han begrebet tegn i tre kategorier: Ikon – Index – Symbol. Ikonet er et billede af objektet der ligner, fx et billede af nogle blyanter. Et index refererer til objektet ved at henvise til det gennem en kausal relation, fx røgen fra en brand hvor man ikke ser ilden, men ved at den er der på grund af røgen. Endelig er der et symbol som refererer til objektet gennem et tegn eller symbol hvis betydning er baseret på en konvention – her den abstrakte model. Jeg har svært ved at opfatte blokkene som ikoner, mener snarere at de hører til i det grafiske register i deres form af en skematisk model. I figur 4 skriver forfatterne at vi kan tegne på tallinjen eller tegne blokmodellen. Blokmodellen er altså her at opfatte som en grafisk arealudvidelse af tallinjen i form af blokke, hvilket ikke hører ind under det ikoniske.

Blokkene bliver også kaldt "visuel model". En visuel model er noget vi opfatter med øjnene, og kan have mange forskellige udtryk. For at modellen kan være en effektiv støtte for eleven i problemløsningen, er det en god ide at eleverne selv har konstrueret modellerne som led i deres problemløsningsproces og ikke bare får dem præsenteret som en del af opgaven, som forfatterne gennem citater af fx Verschaffel et al. (2020) gør opmærksom på. Siden 1995 har de officielle anbefalinger i Danmark været at eleverne skal være med til at udvikle egne metoder – med fokus på at udvikle. De skal lære at turde at udvikle egne forståelser gennem tegninger eller formuleringer. Det er en proces at udvikle matematiske begreber (Tall & Vinner, 1981). Men selvfølgelig skal blokmodellen præsenteres for eleverne så de kender til den, før de kan bruge den; det samme gælder for de involverede lærere.

## Blokkene set i et Duvalsk perspektiv

Duvals teori giver mulighed for at analysere de kognitive processer i forbindelse med transformationer mellem semiotiske repræsentationer, hvilket igen giver mulighed for at forstå de underliggende kognitive processer i forbindelse med en matematisk aktivitet (Duval, 2017; her efter Blix & Ibsen, 2020).

Duval tager i sin teori om matematiske registre udgangspunkt i at matematiske objekter ikke er direkte tilgængelige. Matematiske objekter er defineret som de abstrakte objekter og konstruktioner der arbejdes med i matematik, fx en opgave som *Allan har 3 blyanter, og Astrid har 8 blyanter. Hvor mange blyanter har de i alt?* inkl. dens løsning.

De matematiske objekter kan kun anskues gennem semiotiske repræsentationer,

hvorfor disse er så afgørende for matematisk aktivitet. Det er ifølge Duval (ibid) ker-  
nen i matematisk aktivitet at kunne foretage transformationer mellem forskellige  
semiotiske repræsentationer.

Synsindtrykkene giver os ifølge Duval (2002, her efter Nørskov, 2007) direkte adgang  
til fysiske objekter. Denne kognitive funktion kalder Duval en vision. Yderligere kan  
man ved hjælp af synssansen på et øjeblik opfatte flere objekter samtidigt, eller man  
kan opfatte en hel struktur. Denne kognitive funktion kaldes visualisering i Duvals  
terminologi.

Duval (2017) arbejder med fem forskellige registre (Blix og Ibsens oversættelse, 2020):

1. Det sproglige register: Skriftlige eller mundtlige matematiske opgaver eller for-  
klaringer i et naturligt sprog
2. Skitseregistret: Tegninger og løse skitser, som i figur 3 i artiklen
3. Det symbolske register: Abstrakte udtryk, fx algebraiske udtryk
4. Det grafiske register: Grafer og skemaer
5. Hjælperegistret: Metaforiske eller analoge sammenligninger, fx en vægt som et  
lighedstegn.

Man kan også komme ud for en blandet repræsentation, hvilket vil sige en repræsen-  
tation der indeholder semiotiske repræsentationer fra to eller flere registre. Ser man  
fx på selve blokmodellen, er der tale om en blandet repræsentation fordi der både er  
et diagram og nogle tal.

En transformation er betegnelsen for de kognitive operationer der foretages når  
en person laver en semiotisk repræsentation om til en anden repræsentation – af  
det samme matematiske objekt – i et andet register. Transformationerne er derfor  
afgørende for forståelsen af det matematiske objekt. Duval mener at man skal kunne  
opfatte det matematiske objekt i mindst to forskellige registre før man har opnået en  
forståelse af objektet. Både i figur 1 og i figur 4 er det matematiske objekt repræsen-  
teret i fire forskellige registre:

1. Det sproglige register i form af opgaveteksten
2. Skitseregistret i form af de ikoniske tegninger
3. En blandet repræsentation, bestående af det grafiske register i form af tallinjen  
og blokmodellen kombineret med tallene som er fra det symbolske register
4. Det symbolske register i form af regnestykket/ligningen.

Forstår eleverne at disse fire forskellige repræsentationer er af det samme matema-  
tiske objekt, er de kommet langt i forståelsen af objektet.

Repræsentationer i hjælperegistret er noget anderledes idet de inddrager metaforer for det matematiske objekt. Lakoff og Nuñez (2000) har beskrevet hvordan vi bruger metaforer i vores opfattelse af matematiske objekter. De baserer deres beskrivelse på en teori om at al menneskelig forståelse bygger på metaforer. De er interesseret i at forstå hvorfor vi tænker og taler om tal som vi gør, og deres ideer er ikke umiddelbart formuleret med henblik på anvendelse i undervisningen. Alligevel har deres beskrivelse i det sidste tiår inspireret til undersøgelser af hvordan disse metaforer indgår i skoleelevers sprog og tænkning. Ideerne kan derfor være nyttige i pædagogisk sammenhæng. Når vi tænker på addition som "at lægge sammen", forstår vi regningsarten ud fra en erfaring om to bunker genstande der samles til en. Her kan man opfatte blokkene som en slags metafor for mængderne.

## Afsluttende bemærkninger

Generelt tager forfatterne højde for at elevernes egne skitser eller diagrammer giver det bedste resultat, men da undersøgelsen drejer sig om specielt blokmodellen, må man selvfølgelig tage udgangspunkt i den. Det er dog vigtigt at eleverne ikke bliver hængende i den, men at den er en blandt flere muligheder for at tegne sine egne modeller. Det er dog stadig en pudsighed at blokkene med et areal skulle være nemmere at arbejde med end tallinjen.

Jeg arbejdede selv på et tidspunkt med at eleverne skulle prøve at tegne deres opfattelse af matematikopgaven som hjælp til problemløsning (Ejersbo, 2017). Det interessante var at kunne se elevernes kognitive processer gennem tegningerne og iagttage hvordan de ofte gik fra ikoniske tegninger, som vi også ser i figur 3, til mere diagramlignende eller grafiske repræsentationer. Med Duvals teorier er det tilsyneladende en stor fordel for forståelsen af de matematiske objekter at eleven forstår at samme objekt kan have forskellige repræsentationer i mindst to forskellige registre. Det er indbygget i blokmodellen at arbejde med det matematiske objekt i flere registre. Så min konklusion er at det er meget hensigtsmæssigt at lade eleverne tegne en skitse eller et diagram når de problemløser.

Kulturens indvirkning på matematikforståelse ved vi fra Stiegler & Hiebert (1999), har en stor betydning. Deres sammenligning af undervisningen i USA, Japan og Tyskland viste hvor store forskellene var de tre lande imellem. Det er dog ikke det samme som at sige at man ikke kan overføre effektive strategier eller ideer fra andre lande, såsom åbne opgaver fra Japan eller i det her tilfælde blokmodellen fra Singapore. Vi lader os hele tiden inspirere af gode modeller og undervisningseksempler. Det betyder bare at man skal være opmærksom på hvordan de fungerer i danske sammenhænge, men det er TRACK-gruppen tilsyneladende også bevidste om. Jeg ønsker dem held og lykke med det videre projekt.

## Referencer

- Brix, C.G. & Ibsen, J.M. (2020). *The theory of registers of semiotic representation i anvendelse til at undersøge matematikvanskeligheder*. Speciale, DPU, AU.
- Duval, R. (2017). *Understanding the Mathematical Way of Thinking: The Registers of Semiotic Representations*. Dunkerque, Frankrig: Springer.
- Ejersbo, L.R. (2017) Should mathematics be a creative subject? How is this realized in practice in Denmark? In Michelsen, C., Beckmann, A., Freiman, V., Jankvist U.T. (Ed.). *Mathematics as a Bridge between the Disciplines*. Proceedings of MACAS – 2017 SYMPOSIUM. Held at Danish School of Education, Aarhus University, Copenhagen 27-29 juni, 2017.
- Lakoff, G. & Núñez, R.E. (2000). *Where mathematics comes from*. NY: Basic Books
- Nørskov, N. (2007). *En Covarians-tilgang til Variabelsammenhænge i Gymnasiet*. <https://www.ind.ku.dk/publikationer/studenterserien/studenterserie6/>
- Stiegler, J.M. & Hiebert, J. (1999). *The Teaching Gap*. NY: The Free Press.
- Tall, D. & Vinner, S. (1981). Concept image and concept definition in mathematics with particular reference to limits and continuity. *Educational Studies in Mathematics*, 12, 151-169.

# Blokmodellen: Glitrende indpakning af risikabelt indhold



Lena Lindenskov, Afdeling  
for fagdidaktik, DPU, Aarhus  
Universitet

*Kommentar til Pernille Bødtker Sunde, Lóa Björk Jóelsdóttir og Pernille Ladegaard Pedersen: "Blokmodellen: en overset repræsentation i dansk matematikundervisning?", MONA 2020-2.*

Artiklen i MONA nr. 2 i 2020 af Pernille Bødtker Sunde, Lóa Björk Jóelsdóttir og Pernille Ladegaard Pedersen (herefter S, J og P) har et spørgsmål som titel: Blokmodellen: en overset repræsentation i dansk matematikundervisning?

Jeg funderer i denne kommentar lidt over spørgsmålet om hvorvidt blokmodellen er overset i Danmark. Jeg opfordrer også til at være påpasselig når blokmodellen bruges i matematikundervisning i Danmark, og til at være meget opmærksom på begrænsninger og risici: Beskrivelsen af blokmodellen kan være glitrende, men blokmodellen er forbundet med risiko.

Blokmodellen er ét blandt flere elementer fra det singaporeanske curriculum som er grundlag for VIA University College og Trygfondens Børneforskningscenters TRACK projekt. TRACK står for Teaching Routines and Content Knowledge.

## Er blokmodellen overset i Danmark? Og betyder det i givet fald noget?

Umiddelbart vil jeg svare ja til at blokmodellen generelt er overset i Danmark. Det åbenlyse næste spørgsmål er om det gør noget.

Jeg har selv været med til at tilrettelægge interventioner for 8. klasse og 1. g i Oslo med seks didaktiske principper og med blokmodellen som det ene af fire metoder og værktøjer (Kirkebøen et al. 2018) (Bjørnset et al. 2020). Fagdidaktikere i uddannelsesforvaltningen i Oslo har gennem en årrække fundet inspiration fra tilgange fra Singapore og har anvendt blandt andet blokmodellen i efteruddannelseskurser for matematikundervisere.



Ministerielle indsatser i Singapore må efter min vurdering aftvinge respekt. Singapore har kun eksisteret som selvstændig nation siden 1965. Vi kan synes at Danmark er et lille land, men Singapore er bittelille. Singapore har 2 % flere indbyggere end Danmark, men arealet i Singapore er kun en tiendedel af Sjællands. Elever i Singapore præsterede relativt svagt i internationale sammenligninger i firserne. På den baggrund fik fagdidaktikere i Singapore god tid til at udforske og tænke sig om via teoretiske undersøgelser og via empiriske forskningsresultater om “best practices” i vestlige lande. Som resultat heraf konstruerede de deres egen samlede tilgang som er blevet betegnet som en amalgamering af globale ideer, og som er blevet anvendt i læseplaner og undervisningsmaterialer i Singapore under overskriften “Singapore-matematik” (Kaur et al., 2015).

I den efterfølgende periode er vidensudvekslingen gået den modsatte vej, hvor Singapore-didaktikere nu formidler og underviser i “Singapore-matematik” i andre lande. Som det formuleres på <https://mathsnoproblem.com/en/about-us/>: En global matematikundervisningsrevolution: Fra Nordeuropa til Kathmandu har vi introduceret Singapores matematikundervisning til skoler kloden rundt. En af lærerreaktionerne i Storbritannien på denne vendte vidensudveksling i en video på hjemmesiden <https://mathsnoproblem.com/en/mastery/what-is-singapore-maths/> er at elever med støtte i Singapore-tilgange kan “bringe deres ideer frem og udvikle deres matematiske ideer”.

Så hvis den optimistiske lærerbemærkning fra Storbritannien også viser sig at kunne gælde i Danmark, så er det ærgerligt at blokmodellen generelt set er overset i Danmark. For der er for mig at se behov for nogle forbedringer af dansk matematikundervisning hvad angår aritmetiske tekstopgaver, og hvad angår forholdet mellem aritmetik og algebra. Englard (2010) refererer en lærer i USA for at sige “Jeg synes nærmest vi burde gøre det omvendt. Det er så trist at vi bruger så meget tid med at lære dem at regne, men det er spildt hvis de ikke ved hvordan de skal anvende det” (s. 163). Der er givetvis danske lærere der vil give Englard ret, og som ønsker sig flere værktøjer til at hjælpe deres elever med at anvende matematik.

Blokmodellen er i S, J og P-artiklen dedikeret til at hjælpe elever med at behandle tekstopgaver i de fire regningsarter: til at vælge hvilken af de fire regningsarter man skal ty til, og til at få øje på hvilke størrelser man endnu ikke kender, men kan beregne. Blokmodellen er i artiklen tænkt som en mellemstation i form af tegnede rektangler imellem på den ene side elevens tegning (eller forståelse af andres tegning eller sproglige beskrivelse) af enkeltstående elementer og på den anden side elevens opstillede regnestykke.

Der er andre diagrammer som elever i Danmark i større grad tilbydes at arbejde med i forbindelse med de fire regningsarter: Den åbne tallinje anvendes til addition og subtraktion i langt højere grad end blokmodellen gør, og arealmodellen og dobbelte tallinjer anvendes til multiplikation og division langt mere end blokmodellen gør. Med

den åbne tallinje-model angives en størrelse som en afstand på en endimensional linje, mens en størrelse i blokmodellen angives som et todimensionalt rektangel. Begge modeller har den fordel at elever kan skitsere så det ikke er nødvendigt at afsætte præcise mål. Den åbne tallinje har den fordel at den også kan anvendes til negative tal, og den føder naturligt ind i koordinatsystemet.

Den sammenfattende model for Singapore-matematik understreger begrebsforståelse, ræsonnement, problemløsning, anvendelse og modellering. Det synes mig at være plausibelt og at kunne give inspiration i Danmark.

Men det er mit indtryk at den nærmere praktiske iværksættelse af den sammenfattende model i singaporeanske læseplaner og undervisningsmaterialer lægger mere vægt på abstrakte udtryk end hvad der synes foreneligt med dansk tradition. Det er en forkert vægtning, ville vi nok sige, når der i Singapore fra starten af ganske vist er virkelighedsobjekter og billeder af disse, men altid sammen med blokke til at løse problemer og finde svar. Der er også tendens til at blokke står som de eneste ikoniske modeller. Vi ville nok tænke om der mon er nok uformel leg og tanke, og om der er nok virkelighedsting som eleverne kan manipulere. Vi ville nok være bekymrede for om eleverne på længere sigt kunne blive fleksible og kreative matematik-tænkere og matematik-gørere. Sidst, men ikke mindst ville vi nok være bekymrede for at ensidigt fokus på (bestemte typer) tekstopgaver kan spærre for muligheder for at lære om virkelighedens matematikholdige fænomener, problemer og udfordringer og for at lære at håndtere dem, hvor det jo i øvrigt er godt at kunne udføre beregninger på kreative og flere måder.

## Anbefaling af tidlig indførsel er ikke underbygget

S, J og P anbefaler – mere eller mindre direkte – at blokmodellen indføres tidligt i skoleforløbet, i hvert fald tidligere end 4.-5. klasse, hvor TRACK-projektet foregår. Denne anbefaling baserer de på Morin et al. (2017). Imidlertid vil det være risikabelt at basere sig på Morin et al.s påpegning af “at modellen bør indføres tidligt i skoleforløbet for at støtte forståelsen af de mere fundamentale tekstopgaver. Derefter kan lærerne bygge på denne konceptuelle forståelse af blokmodellen når mere komplekse problemer introduceres på ældre klassetrin” (S, J og P, s. 43, med henvisning til Morin et al., s. 102). Det vil i højeste grad være risikabelt. Morin et al.s intervention med seks elever i tredje klasse berettiger da heller ikke denne påpegning, og det påstår Morin et al. heller ikke. Morin et al. skriver at påpegningen findes i Char Forstens bog (2010). Jeg har ikke læst Forstens bog, men i referatet af Forstens bog i Geoff F. Clements afhandling (2017, s. 108) fremgår det at Forsten ikke bruger den singaporeanske blokmodel, men har udvidet den til en syv-punkts-model. Så for mig at se er anbefalingen fra S, J og P om en tidlig indførsel af blokmodellen ikke underbygget i deres artikel.

## Hvad med nøgleord i tekstopgaver?

S, J og P angiver at "især skematiske modeller (kan) være et vigtigt redskab til at støtte oversættelsen fra de sproglige elementer til et algebraisk eller aritmetisk udtryk" (s. 42). Englard (2010) giver udtryk for det samme. I hendes optik er skematiske modeller som blokmодellen bedre værktøjer end at lede efter nøgleord i aritmetiske tekstopgaver, hvilket er en metode der nogle gange anbefales. Nøgleord kan nemlig være drilske at forlade sig på. Englard nævner at "4 gange" i en tekst kan lokke eleven til at gange med 4: "Skylar har 4 gange så mange bøger som Karen. Hvis Skylar har 36 bøger, hvor mange har Karen?" (s. 157). Og "tilsammen" kan lokke eleven til at addere opgavetekstens tal: "James har 37 baseballkort. Paul har 23 kort mere end James og 15 kort mere end Ronald. Hvor mange kort har de tre drenge tilsammen?" (s. 160).

Jeg må indrømme at jeg ikke kan følge Englard i at blokmодellen skulle kunne erstatte relevant, sproglig fortolkning af problemstillingen og dens nøgleord. Blokmодellen må vel bygge på relevant fortolkning af problemstillingen og dens nøgleord?

## Hvad anbefales i hollandske tilgange (RME) sammenlignet med singaporeanske tilgange?

Jeg mener man bør lytte mere omhyggeligt til Marja Van den Huivel-Panhuizen end det synes mig at S, J og P gør. De skriver at i RME skal en model "dels indeholde elementer der fungerer som realistiske repræsentationer af kontekst eller "virkelighed", og dels (...) være tilstrækkelig fleksibel til at kunne anvendes på et mere avanceret eller generelt niveau" (s. 27).

S, J og P mener at "blokmодellen indeholder alle disse elementer og kan dermed støtte elevernes begrebsudvikling da eleverne udvikler modellen og ændrer brugen af den i takt med deres egen læring og begrebsforståelse" (s. 27).

Men for det første beskæftiger Van den Huivel-Panhuizen (2013) sig ikke med den singaporeanske blokmодel om tekstopgaver vedrørende de fire regningsarter og forståelsen af dem. Hun beskæftiger sig med en anden blokmодel for rationale tal, brøker og procenter. For det andet gør Van den Huivel-Panhuizen sig i sin artikel til talskvinde for essentielle sider af RME-tilgangen som ikke kommer til syne i S, J og P-artiklen. Van den Huivel-Panhuizens udsagn om modeller bør ikke løsrives fra det essentielle i RME. Hun understreger at det er et krav

"til modeller at de er levedygtige (...) så de – i overensstemmelse med RMEs billede af elever som aktive deltagere i undervisnings/lærings-processen – kan genopfindes af eleverne selv. For at muliggøre det må modellerne 'opføre' sig på en naturlig, selvindlysende måde.

De skal passe til elevernes uformelle strategier – som om de var opfundet af eleverne selv – og let kunne justeres til nye situationer.” (Van den Huivel-Panhuizen, 2013, s. 14)

## Meningsfuldhed

I forlængelse af RME-overvejelserne ovenfor, så må man prøve at undgå at undergrave elevernes muligheder for at opleve undervisningen som meningsfuld. Det er for mig ingenlunde oplagt at

“... da eleverne ikke har arbejdet med blokmodellen tidligere, har det været nødvendigt at introducere den ved meget simple tekstopgaver så eleverne (og lærerne) har kunnet blive fortrolige med den.” (S, J og P, s. 37)

Umiddelbart tænker jeg at det ville være mere i tråd med dansk matematikundervisningstradition at introducere nye værktøjer når behovet er tydeligt for eleverne, hvorimod brugen af modellen i simple opgaver i TRACK-projektet har “medført at nogle elever har haft svært ved at tage modellen til sig” (S, J og P, s. 43).

Jeg må erklære mig enig med S, J og P i at modstanden mod at bruge modellen i simple opgaver

“... hænger formodentlig sammen med at nogle elever finder det uforståeligt at skulle tegne blokmodellen når de sagtens kan gennemskue hvad de skal gøre uden. De kan med andre ord håndtere problemstillingen direkte via den abstrakte model: “blokmodellen giver ikke mening for alle elever. Dem der kan regne i hovedet, synes det er irriterende at tegne”, “opgaverne er for simple til at de kan se meningen med modellen.” (s. 41)

Og med lærerne vedrørende:

“... nogle elever (er) i stand til at arbejde i den abstrakte fase uden brug af den visuelle repræsentation som blokmodellen giver. De risikerer at opleve blokmodellen som en rigid form for algoritme som de skal lave for at “gøre læreren glad”. Her foreslår lærerne selv at der arbejdes med problemer som “er sværere for eleverne, så de bliver ‘tvunget’ til at bruge blokmodellen.” (s. 42)

## Terminologi vedrørende billede og visuel

Der er en vis upræcighed i de termer der anvendes om visualisering, og det er også S, J og P- artiklen præget af. Efter min opfattelse vil det være hensigtsmæssigt i didaktiske overvejelser at præcisere termernes to betydninger. Den ene er den indre visualisering

som eleverne foretager mentalt, den anden er de eksterne billedbaserede værktøjer som ideelt kan hjælpe elevernes mentale visualisering. Hvis vi betegnede blokmodellen som et billedbaseret redskab for mental visualisering, så ville det både være mere tro over for Bruner og over for forskere og udviklere i Singapore.

Bruner (1966, s. 44) taler om enaktiv, ikonisk og symbolsk. Singapore-folkene taler om Concrete, Pictorial og Abstract (Leong et al., 2015). Jeg kan ikke finde nogen steder hvor Bruners mellemfænomen betegnes som visuel, og jeg finder det uheldigt at det engelske resumé siger "One such model is the bar model. Based on Bruner's representations (concrete, visual and abstract)" (S, J og P, s. 46).

### *Læs det med småt*

Det er ofte en god idé at læse det "med småt" i varedeklarationer. S, J og P-artiklen åbner en flig til fire mulige risici, men gør det "med småt" i den forstand at risiciene ikke uddybes i artiklen:

- "Blokmodellen er dog ikke altid det mest hensigtsmæssige redskab til visualisering i problemløsning, især ikke hvis der indgår flere forskellige typer af relationer mellem elementerne i problemet. Det er derfor vigtigt at elever lærer at bruge metoden fleksibelt ..." (s. 36)
- Van den Heuvel-Panhuizen citeres for at det afgørende er elevens aktivitet, hvor modeller i sig selv ikke udvikler elevernes matematik (s. 37)
- Ho & Lowrie citeres for at det kan være vanskeligt for eleverne at se meningen med at anvende en sådan model (s. 41)
- "Det tager tid at tilegne sig nye arbejdsmetoder, og en lærer oplever da også at "eleverne har svært ved at huske hvordan de bruger blokmodellerne", i starten af 5. klasse. At læreren her bruger "huske", er interessant. Blokmodellen skal jo netop ikke anvendes som en fastlåst metode der skal huskes, men som et fleksibelt værktøj eller strategi" (s. 42)

Jeg ser frem til at få mere at vide om disse risici og om hvordan S, J og P tænker at risiciene bedst imødegås.

## Afsluttende bemærkning

TRACK er i dansk sammenhæng et meget omfattende projekt med en lang tidshorizont. Alene af den grund er det prisværdigt, og det er spændende at følge fremover. Også indholdsmæssigt ser jeg frem til at høre mere fra projektet om hvordan internationale strømninger og konkrete idéer og erfaringer fra andre lande kan adapteres til dansk skolekontekst. For det er vigtigt at anerkende at vi i Danmark med en lige

så lille befolkning som Singapores ikke selv behøver opfinde alt fra scratch, men kan lære af – og sammen med – andre.

## Referencer

- Bjørnset, M., Gunnes, T., Kindt, M.T., Kirkebøen, L.J., Lindenskov, L., Rogstad, J., Rønning, M. (2020). Målrettet og tilrettelagt matematikkundervisning for elever som presterer svakt i matematikk. Resultater fra et randomisert kontrollert forsøk på 8. trinn og videregående skole i Oslo. Statistisk sentralbyrå, Norge: Rapporter 2020/ 7.
- Bruner, J.S. (1966). *Toward a theory of instruction*. MA: Harvard University Press.
- Clement, G.F. (2017). *Exploring the Influence of the Singapore Modeling Method on Prospective Elementary Teachers in a University Mathematics Course*. Georgia State University.
- Englard, L. (2010). Raise the bar on problem solving. *Teaching children mathematics* (October). NCTM.
- Forsten, C. (2010). *Step-by-step model drawing: Solving word problems the Singapore way*. Peterborough, NH: Crystal Springs Books.
- Ho, S.Y. & Lowrie, T. (2014). The model method: Students' performance and its effectiveness. *The Journal of Mathematical Behavior*, 35, 87-100.
- Kaur, B. et al. (2015). The Mathematics Education in Singapore, p. 311-316. In: Sung Je Cho (Ed.), *The Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Congress on Mathematical Education Intellectual and Attitudinal Challenges (8 July – 15 July 2012) COEX, Seoul, Korea*. Springer.
- Kirkebøen, L.J., Eielsen, G., Rønning, M., Strømsvåg, S., Andresen, S., Reegård, K., Rogstad, J., Berge, J.E., Lindenskov, L. (2018). Matematikkdidaktisk etterutdanning av lærere og målrettet strukturert matematikkundervisning ved overgang til 8. trinn og VG1. Foreløpig beskrivelse av utforming og gjennomføring av tiltak. Statistisk sentralbyrå, Norge: Notater, Documents 2018/15.
- Leong, Y.H., Ho, W.K. & Cheng, L.P. (2015). Concrete-Pictorial-Abstract: Surveying its origins and charting its future. *The Mathematics Educator*, 16(1), 1-18. [http://math.nie.edu.sg/ame/matheduc/tme/tmeV16\\_1/TME16\\_1.pdf](http://math.nie.edu.sg/ame/matheduc/tme/tmeV16_1/TME16_1.pdf) (tilgået 06-07-2020).
- Morin, L.L., Watson, S.M.R., Hester, P. & Raver, S. (2017). The Use of a Bar Model Drawing to Teach Word Problem Solving to Students With Mathematics Difficulties. *Learning Disability Quarterly*, 40(2), 91-104.
- Sunde, P.B., Björk, L., Pedersen, P.L. (2020). Blokmodellen: en overset representasjon i dansk matematikundervisning? *MONA* (2), 23-46.
- Van Den Heuvel-Panhuizen, M. (2003). The didactical use of models in realistic mathematics education: An example from a longitudinal trajectory on percentage. *Educational Studies in Mathematics*, 54(1), (s. 9-35). <https://doi.org/10.1023/B:EDUC.0000005212.03219> (tilgået 06-07-2020).

# Kontinuitet i børns science-dannelse



Stig Broström,  
DPU, Aarhus  
Universitet



Thorleif Frøkjær,  
Københavns  
Professionshøjskole

*Kommentar til Stine Mariegaard, Christina Haandbæk Schmidt, Claus Michelsen: "Naturfaglig erfaringsdannelse som kontinuitetspraksis", MONA 2020-2.*

Artiklen "Naturfaglig erfaringsdannelse som kontinuitetspraksis" af Stine Mariegaard, Christina Haandbæk Schmidt & Claus Michelsen rejser en række særdeles vigtige temaer i forbindelse med børns overgang fra børnehave til børnehaveklasse og videre til 1. klasse. Hvad der gør artiklen ekstra relevant og interessant, er at den ud over at have fokus på den generelle overgangsproblematik kæder denne sammen med det naturfaglige indhold. Med andre ord undersøger forfatterene i hvilket omfang og hvordan børnehave, børnehaveklasse samarbejder om at skabe kontinuitet i børnenes naturfaglige erfaringsdannelse på tværs af institutioner (børnehave og skole) og professioner (pædagoger, børnehaveklasseledere og lærere). Det er glædeligt at overgangsforskningen overskrider et alment trivsels- og læringsperspektiv og fokuserer på den faglige indholdskontinuitet. Det er en tiltrængt fornyelse.

Artiklen formidler vigtig forskning der både bidager med ny viden og åbner for nye praktisk-pædagogiske tilgange. På trods af det bringer vi her nogle kritiske refleksioner der måske kan perspektivere en overgangspædagogisk strategi med fokus på det naturfaglige."

## Hvor er SFO'en?

Vi undrer os over at forskerne/forfatterne overser det faktum at børnenes overgang fra børnehave til børnehaveklasse foregår gennem næsten et halvt års ophold i SFO'en, og at SFO-pædagogerne således er den første trædesten i barnets overgangsrejse fra børnehave til skole. Derfor skal pædagoger fra børnehave og SFO'ens skolepædagoger gå sammen med børnehaveklasselederen på den enkelte skole for at forberede børnenes overgang. Når forfatterne ikke omtaler dette samarbejde, kan det eventuelt

skyldes at samarbejdet med SFO-pædagogerne var fraværende. Men en redegørelse herom ville være relevant. En yderligere begrundelse for at inddrage SFO'erne er "den styrkede pædagogiske læreplan", som blev vedtaget sommer 2018. Loven handler ikke kun om dagtilbuddene, men også SFO'er og fritidshjem, mere specifikt de ud-bredte forårs-SFO'er hvor de kommende skolebørn starter i fritidsordning før de skal begynde i skole til august. Således skal SFO'er og fritidshjem i perioden indtil undervisningspligten indtræder, enten arbejde med de kompetenceområder der beskrives for børnehaveklassen, eller de skal vælge temaerne i den pædagogiske læreplan som beskrevet i den nye dagtilbudslov. Samtidig er det også skrevet ind i folkeskoleloven som SFO'erne jo hører under.

Der er mange lighedspunkter mellem kompetenceområderne for undervisningen i børnehaveklassen og de pædagogiske læreplanstemaer for dagtilbud. I denne sammenhæng især matematisk opmærksomhed og naturfaglige fænomener i børnehaveklassen og natur, udeliv og science i dagtilbud. Men hvor undervisningen i børnehaveklassen eksplicit har fokus på at gøre børnene fortrolige med skolens daglige liv, er den pædagogiske tænkning med fokus på legen og en eksperimenterende virksomhed i den styrkede pædagogiske læreplan et godt afsæt for den transformation børnene gennemgår fra børnehave til skole (Turner, 1967). Når pædagoger taler om forberedelse til skolen, skelner de mellem det sociale og det faglige. Oftest med en vægtning af det sociale, som skal være på plads før det faglige (Kjær, m.fl., 2019). Et fagligt overgangsritual kunne netop være et fokus på "sciencepædagogiske lege- og læringsmiljøer" i SFO'en, hvor science i den styrkede pædagogiske læreplan tager afsæt i *emergent science* defineret som børns begyndende forståelse for lovmæssigheder i verden omkring dem. En vigtig pointe hos Zetterqvist og Kärrqvist (2007) er at definere pædagogens arbejde som "at lede børns personlige nysgerrighed", rettet mod at forstå naturfænomenerne omkring dem. Det kræver pædagoger som hjælper børnene med at overskride de kulturelle grænser mellem hverdagsforståelser og naturvidenskabelige forståelser. SFO-pædagogerne kan således spille en vigtig rolle som "kulturgrænsnedbryttere", och hjälper barnen att röra sig mellem de två kulturerna" (Zetterqvist og Kärrqvist, 2007, s. 30).

## Grænseobjekter

Vi undrer os endvidere over at det meget vigtige begreb og værktøj *grænseobjekter* ikke er mere udfoldet og forbundet med et science-indhold. Et grænseobjekt er en genstand, en proces eller en metode der er til stede på begge sider af grænsen (mellem børnehave, SFO og skole) som barnet bruger til at konstruere kontinuitet i sit liv (Broström, 2019). Begrebet har rødder i sociokulturel teori og den kulturhistoriske skole (Akkerman & Bakker, 2011) og er i Norden udfoldet af Hilde Hogsnes (2016). Forfat-



terne skriver fint og præcist at “fælles naturfaglige forståelser, didaktiske overvejelser og genkendelige naturfaglige genstande kan virke som grænseobjekter” (s. 60). Men hvor ville det have været befriende hvis forfatterne havde givet nogle eksempler på hvordan et science-indhold kunne fungere som grænseobjekter.

## Nysgerrighed og undren

For det *trede* finder vi det lidt mangelfuldt at børns nysgerrighed og undren ikke bringes i centrum for kontinuitetsprocessen i børnenes naturfaglige erfaringsdannelse. Selv om forfatterne skriver at nysgerrighed er “anvendelig og meningsfuld i børnehave- og indskolingskontekst” (s. 51), og videre at børnehaveklasseledere og pædagoger tager “afsæt i børns nysgerrigheder” (s. 57), beskrives nysgerrighed og undren ikke som grænseobjekt. Dette på trods af at forfatterne understreger at grænseobjekter “både kan være fysiske objekter, processer og metodiske tilgange”. Det er således oplagt at forstå nysgerrighed og undren som grænseobjekter. “Nysgerrighed kan defineres som erkendelsen og efterstræbelsen af og et intenst ønske om at efterforske nye udfordrende og ukendte fænomener” (Silvia & Kashdan, 2009, s. 368). Med andre ord er nysgerrighed en elementær følelse af at ville kende til noget ukendt, et grundlæggende motiv til at undersøge omverden og løse foreliggende modsætninger. Nysgerrighed er “en appetit for kundskab” (Loewenstein, 1994). Mens nysgerrighed og nysgerrige spørgsmål handler om at skaffe viden, er undren “en sindstilstand som signaliserer, at vi har nået grænsen for vores erkendelse, og at ting kan være forskellige fra, hvordan de tager sig ud” (Opdal, 2008, s. 66). En grundlæggende undren bringer os ud af fatning, og gulvtæppet bliver for en stund revet væk under os.

Børnene vil kunne opleve kontinuitet i deres naturfaglige erfaringsdannelse hvis den pædagogiske praksis i både børnehave, SFO, børnehaveklasse og 1. klasse tager afsæt i deres egen undren og nysgerrige science-spørgsmål.

## En fælles didaktisk tilgang

For det *fjerde* konkluderer forfatterne at børnehaveklasseledernes og lærernes didaktiske tilgang og syn på mål ligger tæt på hinanden og er præget af målstyring (s. 54), hvorimod pædagogerne “ser ud til at have praktiseret en mere åben og undersøgende tilgang til det naturfaglige” (s. 54). Det er lidt uklart om forfatterne ser pædagogernes undersøgende tilgang som noget positivt eller som udtryk for en manglende didaktisk forståelse.

Med belæg i pædagogudtalelser skriver forfatterne at selv om pædagoger har mulighed for både “spontant at gribe børnenes idéer” og at “igangsætte pædagoginitierede aktiviteter”, så er der “rigtig mange gange hvor episoderne opstår spontant”, og

“hvor vores rolle er at fange episoderne og bygge videre på dem” (s. 54). I forlængelse heraf refererer de til Østergaard (2008), der fandt at “pædagogernes didaktik kan ses som diffus og uden retning” (s. 54). Om end forfatterne loyalt skriver at “det ligger ud over denne artikel ærinde, at af- eller bekræfte kritikken” (s. 54), hænger kritikken alligevel i luften.

Den didaktiske tilgang blev knæsat med pædagogiske læreplaner i 2004, hvor der dengang var grundlag for det syn at pædagogerne praktiserede en diffus didaktik (Broström, 2004), og måske fortsat i 2008, som Østergaard skriver. Men vi mener at have belæg for at pædagoger gennem de seneste år har opnået didaktiske kompetencer (Belling m.fl., 2016). Når pædagoger i forbindelse med science-aktiviteter anlægger vinklen “at gribe fuglen i flugten”, kan det meget vel være udtryk for et bevidst valg da der i forhold til børns science-læring er argumenteret for “forlæns pædagogik og planlægning” der er kendetegnet ved at pædagogen sammen med børnene bliver “inspireret til at gribe nu’et og skabe et science-pædagogisk forløb” (Broström & Frøkjær, 2018, s. 44). Her overfor står baglæns planlægning præget af på forhånd formulerede mål og refleksion over et givet indhold med henblik på opnåelse af en formel science-læring. Begreber inspireret af Søren Kierkegaards vending: “Livet forstås baglæns, men leves forlæns”. Vi mener at daginstitutionens, SFO’ens og skolens science didaktik skal rumme begge didaktiske tilgange.

## Afrunding

Vi byder det velkomment at overgangsforskningen overskrider en almenpædagogisk tilgang og søger en fagpædagogisk tilgang. Forfatterne belyser hvordan der kan skabes kontinuitet i børnenes naturvidenskabelige erfaringsdannelse. Vi efterlyser en tilsvarende forskning med inddragelse af andre faglige områder, for eksempel literacy, idræt og bevægelse, æstetiske aktiviteter og sociale og samfundsorienterede emner og problemstillinger. Børn har brug for at se og opdage helhed og sammenhænge inden for alle faglige områder i overgangen fra børnehave over SFO og til skolen.

## Referencer

- Akkerman, S.F. & A. Bakker (2011). Boundary Crossings and boundary objects. *Review of Educational research*, 81(2), 132-169.
- Belling M.N., Kirkegaard, S., Broström, S., Jensen, A.S. og Rasmussen, K. (2016). *Pædagogiske læreplaner i dagtilbud. Hvordan – og i hvilket omfang – inddrager pædagoger i danske daginstitutioner læreplanerne i faglige refleksioner og praksis?* København: Danmarks Institut for Pædagogik og Uddannelse. (DPU). Aarhus Universitet. DOI: [10.13140/RG.2.1.2849.4488](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2849.4488), E-bog.

- Broström, S. (2004). *Signalement af den danske daginstitution. Undersøgelser, resultater og refleksioner*. Forskningsrapport. København: Danmarks Pædagogiske Universitet.
- Broström, S. (2019). *Overgange og sammenhænge i børns liv*. København: Akademisk Forlag.
- Broström, S. & Frøkjær, T. (2018). *Det ved vi om science, bæredygtighed og matematisk opmærksomhed*. Frederikshavn: Dafolo.
- Hogsnes, H.D. (2016). *Kontinuitet og diskontinuitet i overgangen fra barnehage til skolefritidsordning og skole*. Kongsberg: Høgskolen i Sørøst-Norge – Fakultet for humaniora og utdanningsvitenskap.
- Kjær, B., Bach, D. og Dannesboe, K.I. (2019). Når du kommer i skole, så går det altså ikke! – børnehavens afslutning som overgangsritual. *Dansk Pædagogisk Tidsskrift*, (4), 2019, 7-16.
- Loewenstein, G. (1994). The Psychology of Curiosity: A Review and Reinterpretation. *Psychological Bulletin*, 116(1), 75-98.
- Opdal, P. (2008). Undren – dannelsens oversete dimension. I Opdal, P. *Pedagogisk-filosofiske analyser*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Silvia, P.J. & Kashdan, T.B. (2009). Curiosity and Interest: The Benefits of Thriving on Novelty and Challenge. In *Shane J. Lopez and C.R. Snyder* (Eds.). *The Oxford Handbook of Positive Psychology* (2<sup>nd</sup> edn). Oxford University Press. 367-374.
- Turner, V. (1967). *The Forest of Symbols: Aspects of Ndembu rituals*. Ithaca and London: Cornell University Press.
- Zetterqvist, A. Og Kärrqvist, K. *Naturvetenskap med yngre barn. En forskningsöversikt*. Göteborgs Universitet. Interna rapporter. 07:04.
- Østergaard, L.D. (2008). Naturfag for de yngste – et aktionsforskningsprojekt i Nordjylland. *MONA – Matematik- og Naturfagsdidaktik* (2), 7-27. Høstet 30. juni 2020 fra <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/36593>.

# Tag fat om det grundlæggende med det samme!



Rene B. Christiansen,  
Professionshøjskolen Absalon

*Kommentar til "Udvikling af modelleringskompetence i læreruddannelsen" af Pernille Ulla Andersen, Harald Brandt, Lars Brian Krogh, Martin Silladsen og Peer Daugbjerg i MONA 2020-2.*

Lad mig få det ud med det samme: Dette er en vigtig artikel! Men hvorfor nu det? Det vil jeg hævde den er fordi den tager fat et sted som er en af de væsentlige udfordringer for naturfagsundervisere i læreruddannelsen, og i de aktiviteter der ud over undervisning hører med til dette arbejde. Forfatterne indleder med at pege på to vigtige opgaver for underviserne i naturfag: 1) De skal uddanne fremtidens dygtige og engagerede naturfagslærere og samtidig 2) udvikle god blivende praksis i skolen for de lærere i naturfag der allerede er derude. Samtidig kommer forfatterne også med bud på hvordan man på et forskningsbaseret (de kalder det informeret) grundlag kan udvikle undervisning og uddannelse.

Det er i sig selv nogle væsentlige og vanskelige opgaver. Oven i dette stiller forfatterne dette væsentlige og meget relevante spørgsmål: *hvordan udvikles læreruddannernes egne kompetencer i relation til nye, eksterne behov?* Og man kunne stille følgende underspørgsmål: Hvordan skal denne kompetenceudvikling se ud – og hvor skal den komme fra? Så er scenen sat, og så er interessen etableret fra starten. Det kan meget vel være at læreruddannerne i naturfag ikke er eksperter i alt og ganske givet kan lære meget som man kunne sige "mangler". På den anden side vil de fleste nok også mene at det vil være fair at hævde at næppe mange *uden for* dette miljø vil være bedre til netop skoleudvikling og grunduddannelse. Dette bringer jeg ikke frem for at der skal etablere sig en selvfedme, men blot fordi det sætter forfatterens spørgsmål på spidsen; der er – og vil altid være – et behov for kompetenceudvikling (både didaktisk og i forhold til hvad man kunne kalde *content*) inden for de naturfaglige discipliner. Nogle vil hævde det gælder i svær grad netop her. Men hvori skal den bestå, hvad skal

indholdet være, hvordan udvikles både en form (didaktik) og et indhold (content) – og ikke mindst hvem har bolden og opgaven? Det er en spændende diskussion som bør foregå kontinuerligt i miljøet på nationalt plan.

Forfatternes faglige ærinde i denne artikel er modelleringskompetence som man forstår udgør et særlig vanskeligt område – både for elever i skolen og for studerende på læreruddannelsen. Forfatterne sætter derpå et projekt i gang med fokus på kompetenceudvikling, undervisningsudvikling samt en undersøgelse af lærerstuderendes undervisningsfaglighed ift. modeller. Her er det væsentligt at notere sig at “alle undervisere i den naturfaglige faggruppe i VIA var enige om at tildelte kompetenceudviklingsmidler i 2018 skulle fokusere på modelleringskompetence.” (s. 66). Netop denne enighed er væsentlig som udgangspunkt for at et fagligt miljø eller en gruppe vil kunne udvikle sig inden for et fagligt område. Og et sådant initiativ skal (naturligvis) komme “nedefra” fra det faglige miljø selv.

Forfatterne forstår modelleringskompetence som bestående “både af *metamodelviden* (dvs. viden om modeller, på engelsk “meta-modelling knowledge”) og *modelleringsevne* (engelsk “modelling practices”) (s. 66). Den samlede viden og evne forkorter forfatterne “M&M” og stiller som forskningsspørgsmål blandt flere spørgsmål dette: “Hvad er de lærerstuderendes forståelse af modeller og deres formål/funktion?”.

Undersøgelsen af dette spørgsmål afslørede en række forhold vedrørende lærerstuderendes faglighed som kunne bruges til at udvikle undervisningen på læreruddannelsen. En kvalificeret og for lidt benyttet metode, vil jeg hævde: at indhente empiri blandt studerende – og man kunne måske også gøre det *sammen med* studerende – med henblik på undervisningsudvikling. En god metode og fremgangsmåde som de studerende som lærere i skolen kan bruge til at udvikle egen undervisning, med andre ord en eksemplarisk arbejdsform. I arbejdet hermed stiller forfattergruppen her sig også det spørgsmål om hvorvidt en afdækning af læreruddanneres forståelse af modeller også kunne være en relevant undersøgelse. Hertil er deres datamateriale ikke omfattende nok (det omfatter kun gruppen i VIA). Det afslører imidlertid også at de metoder som gruppen arbejder med og præsenterer i artiklen, alle egner sig til opskalering, hvorfor projekter hvor alle professionshøjskoler i Danmark arbejder sammen, burde prioriteres højere (og det gælder ikke kun naturfag, men alle områder i læreruddannelsen). Eksempelvis ville det synes oplagt hvis sektorens ansøgning om et nationalt naturfagsakademi (NAFA) opnår bevilling, at NAFA vil arbejde med modellering. Det er et område der, så vidt jeg ved, arbejdes med på alle landets professionshøjskoler; i hvert fald er naturfagsfolkene på min egen institution (Absalon) optaget af feltet og har arbejdet og skrevet om det gennem længere tid.

Projektet som forfatterne formidler i artiklen, er bygget over en række *elementer* i et forsknings- og udviklingsprojekt:

- Et litteraturstudie – som et forskningsbaseret grundlag for det videre arbejde

- En kortlægning af studerendes forståelser
- Indsamlingen af praksiseksempler fra læreruddannere
- Indhold i og refleksioner over det forskningsbaserede format

Det vil jeg hævde, er en solid måde at arbejde på som jeg også selv, i mere eller mindre denne form, har god erfaring med – og her vil jeg blot henlede læserens opmærksomhed på at man ved at arbejde på denne måde ikke bør overse at der er nogle afledte leverancer i et sådant projekt – nemlig et projekt i projektet: Et litteraturstudie foretages, som det er angivet her, med henblik på det videre arbejde i et projekt – men samtidig er litteraturstudiet også en leverance og en kvalitet i sig selv. I sådanne studier, der som oftest ender som en eller anden form for løbende tekst hvor man svarer på nogle konkrete spørgsmål man har ledt efter svaret på i eksisterende forskning (med mere eller mindre held), er der indeholdt meget god og ny viden. Og man bør derfor vurdere om ikke en sådan tekst kan bære en artikeludgivelse i sig selv – og som sådan gerne på engelsk da det ofte er engelsksproget litteratur man har arbejdet med. På denne måde bidrager man også til sin community of peers med ny relevant viden. Det er ikke en kritik af denne firetrinsprocedure, blot en kommentar i forhold til at udnævne en del af det som virker som et middel (nemlig studiet som grundlag for et kvalificeret videre arbejde), til også at være et mål i sig selv. Et selvstændigt bidrag hvor man har brugt tid på at læse på tværs i relevant litteratur med henblik på at svare på et særligt spørgsmål.

Artiklen tilbyder derfor en solid indsigt i hvordan man arbejder med udvikling af undervisning i læreruddannelsen, og undervejs får forfatterne kilet denne overvejelse ind som UC-sektoren (og særligt os der jagter projekter til hverdag) med fordel kan tænke over en gang imellem: *“I en markedsstyret FoU-verden hører det til undtagelsen at der bedrives FoU på områder med specifik interesse for selve læreruddannelsen. Mange af de FoU-projekter ... som [indsæt selv egen professionshøjskole] vanligvis indgår i, knytter sig til eksterne agendaer med varierende LU-relevans, og deres bidrag til udvikling af læreruddannelsen forbliver marginal og tilfældig.”* (s. 80, kommentator bearbejdning). Målrettede FoU-projekter til læreruddannelsen der på et forskningsbaseret grundlag arbejder med afdækkede behov, er et væsentligt arbejdsredskab på vej mod en forskningsbaseret læreruddannelse. En uddannelse hvor forskning både er mål og middel til udvikling af videngrundlag og professionsdidaktik.

Min faglighed befinder sig ikke inden for naturfagene ej heller modellering. Det afslører sig nok også undervejs i min kommentar. Men det er ikke så væsentligt lige her. Mit ærinde har været at forsøge at trække nogle elementer frem som også kan være inspirerende for personer fra andre faglige områder i forhold til en særlig måde at arbejde forsknings- og udviklingsbaseret på – og at komme med nogle kommentarer fra hoften i forhold til hvad man med fordel kan holde sig for øje undervejs. Tak for adgangen og muligheden.



# Nyheder

I denne sektion bringes nyheder og annonceringer af arrangementer, konferencer mv. af ikke-kommerciel karakter. Redaktionen vurderer indsendte forslag, bl.a. ud fra deres relevans for MONA's læsere.

## INDsigt – Naturfagsdidaktisk seminarække hos IND

INDsigt er to-timers seminarer, hvor vi hører om og diskuterer indsigter fra forskning og udvikling i undervisning og læring i naturfagene og matematik. Det er gratis at deltage, men kræver tilmelding, se mere her <https://www.ind.ku.dk/formidling/INDsigt/>. Hvert halvår er der 4 seminarer, hvor vi sætter fokus på naturfag og læring i henholdsvis grundskolen, gymnasiet, universitetet og på museer.

**NB: IND har fået ny adresse:** IND flyttet fra Observatoriebygningen i Botanisk Have til Niels Bohr Bygningen, Nørre Campus, med indgang fra Rådmandsgade 64.

### Sære symboler og forvirrende formler,

8. september 2020, 14:15-16

Marit Hvalsøe Schou, Odense Tekniske Gymnasium.

*I gymnasiet benytter vi en overvældende mængde af symboler og symbolske udtryk i matematikundervisningen. Det er noget som eleverne slet ikke er vant til fra grundskolen, og som kan give anledning til forskellige overgangsproblemer. Er vi som gymnasielærere – og matematikuddannede, overhovedet opmærksomme på hvor mange forskellige roller, symboler kan spille? Og at formler og symbolske udtryk kan forstås og behandles på mange og helt forskellige måder? Disse problemstillinger har Marit behandlet i sin ph.d.-afhandling, og i oplægget giver hun endvidere sit bud på hvordan denne viden kan bruges i praksis i den daglige undervisning for at forbedre elevernes udbytte. Se også Marits artikel i MONA 2018-2.*

Er gymnasieelever i stand til at producere forskningsresultater? Projekt REAL SCIENCE har et bud på et svar, 22. september 2020, 14:15-16: Maria Rytter, Statens Naturhistoriske Museum

Øget elevengagement i STEM- områderne. En introduktion til LEAPS, 30. september 2020, 14:15-16: Jesper Ingerslev, LEAPS

### Tilmeld oplæg og workshoper til Big-Bang-konferencen nu

BIG BANG er Danmarks største naturfagskonference og -messe. Den er for alle, der underviser, formidler eller forsker inden for det naturvidenskabelige felt – både i grundskolen, på ungdomsuddannelserne og på de videregående uddannelser. Big Bang-konferencen afholdes fra onsdag d. 24. til torsdag d. 25. marts 2021 på Odense Congress Center. Læs mere på [www.bigbangkonferencen.dk](http://www.bigbangkonferencen.dk).

Har du lyst til at formidle et oplæg med efterfølgende debat? Har du forskning, projektresultater eller erfaringer fra din skole eller organisation, som du brænder for at dele videre? Eller kunne du tænke dig at afholde en workshop? Bidrag skal tage udgangspunkt i et af de elleve spor. Fra 17. august kan du indsende forslag til programmet på [www.bigbangkonferencen.dk/forslag](http://www.bigbangkonferencen.dk/forslag). Deadline for indsendelse af forslag er 30. september 2020.

Hvis du har ideer til spændende aktiviteter, som du gerne vil byde ind på med en workshop, så ansøg om det. Et værksted må ikke være kommercielt, og det skal indeholde hands on-aktiviteter.

Tilmelding åbner 1. december på [bigbangkonferencen.dk](http://bigbangkonferencen.dk)