

# MONA

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

Juni 2019 – 2

# MONIA

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



AARHUS  
UNIVERSITET



SYDDANSK UNIVERSITET



DET NATUR- OG BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET  
KØBENHAVNS UNIVERSITET

2019-2



# 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 og Danske Science Gymnasier.

### **Redaktion**

Jens Dolin, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet (ansvarshavende)  
Ole Goldbech, Professionshøjskolen UCC  
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, UC Lillebælt, Anvendt forskning i pædagogik og samfund  
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-reviewing (dobbelblindt).

### **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**

Planen kan altid findes på <http://www.ind.ku.dk/mona/produktion/>

*MONA 2019-3 udkommer 5. september 2019*

Deadline for indsendelse af artikler hertil: 2. maj 2019

Deadline for kommentarer, litteraturanmeldelser og nyheder hertil: 26. juni 2019.

*MONA 2019-4 udkommer 5. december 2019.*

Deadline for indsendelse af artikler hertil: 18. august 2019.

Deadline for kommentarer, litteraturanmeldelser og nyheder hertil: 25. september 2019

*MONA 2020-1 udkommer 5. marts 2020.*

Deadline for indsendelse af artikler hertil: 13. november 2019.

Deadline for kommentarer, litteraturanmeldelser og nyheder hertil: 4. januar 2020.

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

ISSN: 1604-8628. © MONA 2019. Citat kun med tydelig kildeangivelse

# Indhold

- 3 Indhold
- 4 Fra redaktionen
  
- 6 Artikler**
- 7 Udvikling af elevernes kemiske observationskompetencer  
*Helle Kruse Krossá og Morten Rask Petersen*
- 31 Hvad ved vi om indsatser inden for engineering i den danske grundskole gennem de sidste 10 år?  
*Jan Sølberg og Nina Waaddegaard*
- 48 Didaktisk modellering som undersøgelseslogik  
*Tomas Højgaard og Rune Hansen*
  
- 69 Aktuel analyse**
- 70 Hvem definerer STEM i skolen og i skoleforskning?  
*Jette Reuss Schmidt*
  
- 89 Kommentarer**
- 90 Som man spørger, får man svar  
*Arne Mogensen*
- 94 Vov dialogen  
*Nana Quistgaard*
- 98 Hvordan skabes et godt naturfagdidaktisk laboratorium?  
*Peer Daugbjerg og Martin K. Sillasen*
- 102 Kært barn har (stadig) mange navne ...  
*Katrine Lindvig*



# Fra redaktionen

MONA har fået midler af Novo Nordisk Fonden til kvalitetsudvikling, og en del af dette handler om at sætte fokus på reviewprocessen af artikler til MONA. MONA indbyder derfor alle sine fagfællebedømmere – nye som gamle – til seminar 13. september i København hvor vi sætter fokus på kvalitet i MONA-artiklerne og diskuterer hvordan vi laver bedre review af artikler. Kom og fortæl hvad du mener der skal mere af – og mindre af. Og vær med til at diskutere hvordan vi får bedre tekster. Vi afslutter seminaret med et glas og snacks. Læs program, og tilmeld dig på [www.ind.ku.dk/mona/rs](http://www.ind.ku.dk/mona/rs).

En anden del af kvalitetsudviklingsarbejdet er at understøtte skrivningen af gode artikler. Vi er derfor begyndt at afholde skriveworkshopper for nye eller potentielle forfattere af artikler til MONA. Den første workshop finder sted her i juni. Vi regner med at udbyde dem løbende – hold øje med [www.ind.ku.dk/mona/skriveworkshop](http://www.ind.ku.dk/mona/skriveworkshop)

Dette nummer indeholder tre artikler og en aktuell analyse. Den første, *Udvikling af elevernes kemiske observationskompetencer*, er af Helle Kruse Krossá og Morten Rask Petersen. Udgangspunktet er her elevers egne undersøgelser i folkeskolens naturfag, specielt deres observationer. Artiklen belyser hvad observationer er, og hvordan man kan tilrettelægge undervisningen således at elever går fra hverdagsobservationer mod videnskabelige observationer. Det drejer sig her om en undersøgelse på 9. klassetrin med fokus på kemi hvor elevernes kompetencer i at udføre observationer følges gennem tre undersøgelsesbaserede forløb. Resultaterne viser hvordan elever kan skifte fra hverdagsobservationer til videnskabelige observationer gennem kemiforløb med fokus på observationer.

Den næste artikel, *Hvad ved vi om indsatser inden for engineering i den danske grundskole gennem de sidste 10 år*, er af Jan Sølberg og Nina Waadegaard. Den præsenterer de væsentligste resultater af en omfattende kortlægning af engineering (og lignende) indsatser i den danske grundskole gennem de sidste ti år og gør det med et bredt perspektiv på hvordan engineering kan forstås i en dansk sammenhæng. Artiklen er opdelt i afsnit der beskriver hvordan engineering berører henholdsvis elever og lærere. Artiklen indeholder desuden konkrete anbefalinger til naturfagslærere og projektmagere der beskæftiger sig med engineering.

Den tredje artikel, *Didaktisk modellering som undersøgelseslogik*, er skrevet af Tomas Højgaard og Rune Hansen. Den beskriver en didaktisk “undersøgelseslogik” som forfatterne betegner “didaktisk modellering”. Undervejs reflekteres også over forskellige faser i en erkendelsesrettet tilgang, specielt hvordan det at tænke i modeller og

modellering kan være meningsfuldt i den forbindelse. Artiklen diskuterer begrundelserne for at vælge didaktisk modellering og sammenligner tilgangen med forskning i designbaseret uddannelse og i kritisk matematikundervisning.

Dette nummers aktuelle analyse er lavet af Jette Reuss Schmidt. Den har titlen *Hvem definerer STEM i skolen og i skoleforskning*. Den påpeger indledningsvis at der ikke er enighed om hvordan STEM (Science, Teknologi, Engineering, Matematik) skal eller bør defineres, eller hvilket indhold det skal have. En hovedpointe er brugen af en "kriseretorik" i den danske offentlige debat som en måde at sikre fokus på T'et, E'et og elevernes/de studerendes arbejdsmarkedsparathed. Artiklen lægger op til en debat om hvordan STEM bør defineres og af hvem.

Vi bringer kommentarer til alle sidste nummers artikler. Arne Mogensen perspektiverer Dorte Moeskær Larsen og Bent Lindhardts *Undersøgende aktiviteter og ræsonnementer i matematikundervisningen på mellemtrinnet*, og Nana Quistgaard har bemærkninger om Therese Malene Nielsens artikel *Sokratiske samtaler i naturfagsundervisningen*. Peer Daugbjerg og Martin K. Sillasen kommenterer Ida Guldager, Claus Auning og Mette Steiners *Hvordan påvirker naturfagslæreres undervisningstilgang elevers udvikling af undersøgelseskompetence frem mod den fælles naturfagsprøve?* og Katrine Lindvig har reageret på Christina Frausing Binou og Dorte Salomonsens *Redskab til analyse af integreret naturfag*.

Til slut vil vi gerne takke for deltagelsen i Big Bang konferencen 2.-3. april. Både de over 1500 deltagere uden hvem der jo ikke havde været nogen konference, og de mange oplægsholdere og workshopholdere som sørgede for nye input til og gode diskussioner om undervisning inden for matematik og naturfagene. I redaktionen er vi nu i dialog med dem fra MONA-sporet der har lyst til at skrive en tekst til MONA, og vi forventer at det igen bliver til et spændende temanummer i december om lærerkompetencer nu og i fremtiden.

God sommer til alle læsere!

# 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



# Udvikling af elevernes kemiske observationskompetencer



Helle Kruse Krossá,  
Broskolen, Aarslev



Morten Rask Petersen,  
Anvendt Forskning i  
Pædagogik og Samfund,  
UCL

**Abstract:** *I fælles mål og den fællesfaglige naturfagsprøve som er blevet indført de seneste år lægges der større vægt på elevernes egne undersøgelser. Som en del af at opstille egne undersøgelser findes observationer. I denne artikel belyser vi hvad observationer er og hvordan man kan tilrettelægge undervisningen således at elever går fra hverdagsobservationer mod videnskabelige observationer. Udgangspunktet er en undersøgelse på 9. klassetrin med fokus på kemi, hvor elevernes kompetencer i at udføre observationer følges gennem tre undersøgelsesbaserede forløb. Resultaterne viser hvordan elever kan skifte fra hverdagsobservationer til videnskabelige observationer gennem kemiforløb med fokus på observationer.*

## Introduktion

Med de nye fælles kompetenceområder for folkeskolens naturfag indført i 2014 og ikke mindst den nye fællesfaglige naturfagsprøve er der lagt betydelig større vægt på elevernes kompetencer til at udføre og analysere egne undersøgelser i naturfagsundervisningen. Eleverne skal altså gennem folkeskolen opnå kompetencer til at opstille, udføre og analysere deres egne undersøgelser. Internationalt findes der en anerkendelse af at observationer er en af nøglekompetencerne inden for inquiry-based science education (IBSE) (Fox & Lee, 2013). I en dansk kontekst findes en lidt tilsvarende, men måske også mere implicit erkendelse. I vejledningerne til alle fagene biologi, fysik/kemi og geografi står der eksempelvis:

“Eleverne har i natur/teknologi arbejdet med undersøgelser og har herigennem erfaret, at man ved systematisk observation og tilhørende forklaringer kan opnå en generaliseret forståelse af sammenhænge mellem fænomener i den fysiske omverden.” (Læseplan for fagene biologi, fysik/kemi og geografi, 2014, s. 4)

Der ligger således allerede en klar forventning om at eleverne ved påbegyndelsen af overbygningens naturfag har opnået en vis kompetence specifikt inden for at observere gennem faget natur/teknologi. Eberbach & Crowley (2009) viser gennem et review at lærere ofte ikke har et klart billede af hvad en observation faktisk er. Dette stemmer godt overens med vores egne erfaringer om at lærere ikke har et specifikt fokus på observationer, men ofte tager for givet at eleverne kan det af sig selv. Det er vores påstand i denne artikel at fokus på elevernes observationskompetencer er et overset, men centralt fokuspunkt i naturfagsundervisningen.

Problemet i dette er at der er væsentlige forskelle i forudsætningerne for den måde børn laver hverdagsobservationer på, og den måde observationer bruges i videnskabelig sammenhæng. Et eksempel er givet af Trumbull, Bonney & Grudens-Schuck (2005) i et undervisningsforløb om fugle ved foderbrættet. På trods af simple præmisser hvor elever fra overbygningen i grundskolen skulle opstille foderbrætter og dermed gennem systematiske observationer lære om autentisk dataindsamling og fuglenes biologi, blev udbyttet af undervisningen meget ringe. Den efterfølgende evaluering viste at eleverne hverken havde lært mere om dataindsamling eller om fuglenes biologi. Læreren og de involverede eksperter havde taget forskellige faktorer for givet, fx genkendelse af individer, genkendelse af fugle i flugt o.l. Problemet lå i at disse faktorer ikke var givet for eleverne der stod som novicer i fugleobservationer og derfor ikke havde den grundlæggende viden om hvad det var de skulle observere på. Eksemplet viser at hvis observationer i undervisningen skal bruges til at lære naturfagene, skal det være mere end bare at sætte eleverne til at se på dyr eller planter. Eleverne skal have faglige forudsætninger for at kunne gøre det.

Et andet eksempel på dette ses hos Frøylund, Remmen & Sørvik (2016) hvor to casestudier viser at selve tilgangen til observationer kan have en væsentlig indflydelse på elevernes udbytte og kompetenceudvikling. Her blev én gruppe introduceret til klassifikation af sten gennem navne og opslag i bøger baseret på genkendelse, mens en anden gruppe blev introduceret til klassifikationen gennem stenenes karakteristika, fremkommet ved hhv. vulkansk dannelse, sedimentær dannelse eller metamorf dannelse. Derved fik eleverne en forståelse af stenenes oprindelse. Efter et år var den sidste gruppe i stand til meget hurtigt at klassificere ukendte stenarter, mens den første gruppe måtte opgive det. Det er derfor en væsentlig komponent i det at lære at foretage observationer at eleverne opnår en forståelse af ikke blot hvad det er de skal observere, men også hvorfor.

I denne artikel tager vi udgangspunkt i den teoretiske ramme som Eberbach & Crowley (2009) udviklede gennem deres review hvor de skelner mellem hverdagsobservationer, et transitionsstadium og videnskabelige observationer (se tabel 1). Dette rammeværk har vi tilpasset kemiundervisningen i den danske folkeskole og undersøgt gennem en række undervisningsgange. Udgangspunktet for artiklen er at undersøge spørgsmålet:

På hvilken måde hjælpes elevernes observationskompetencer i kemi i retning af videnskabelige observationer gennem en undersøgelsesbaseret tilgang til undervisningen?

Vi introducerer nu først begrebet observationer og dernæst et teoretisk fokus på overgangen (transitionen) fra hverdagsobservationer til videnskabelige observationer. Herefter skitserer vi kemiundervisningen som ramme for at undersøge elevernes observationer, og vi beskriver tre forløb samt udbyttet af disse. Endelig diskuterer vi elevernes observationskompetencer og muligheden for at udvikle disse i undersøgelsesbaserede rammer.

## Hvad er observationer?

Eberbach & Crowley (2009) fremhæver 4 faktorer der er essentielle for at elevernes hverdagsobservationer kan trækkes i retning af mere videnskabeligt orienterede observationer, nemlig (i) iagttagelse som refererer til både sanselige og kognitive oplevelser ved at iagttage, (ii) forventninger der refererer til den forhåndsviden og de hypoteser man som observatør opstiller før observationen starter, (iii) observationskemaer som er den måde man dokumenterer sine observationer på, og endelig (iv) indsats som henviser til det engagement observatøren lægger i arbejdet (se tabel 1).

	Hverdagsobservationer	Transition	Videnskabelige observationer
Iagttagelse	Ser overordnet på forskelle i det observerede (fx fugle fra andre dyr). Ser flere irrelevante kendetegn end relevante uden at kunne skelne det ene fra det andet (fx mudder på en sten og ikke på en anden). Beskriver uden fagspecifik struktur. Kan navngive enkelte emner uden at det giver en samlet mening.	Ser flere relevante kendetegn og begynder at kunne se mønstre i disse. Bruger og beskriver kendetegn i fagtermer. Forbinder kendetegn til funktion og adfærd. Iagttagelse stimulerer relateret viden. Organiserer det observerede i grupper efter fx funktion. Udvikler observationsvaner specifikt for faget	Ser og beskriver relevante kendetegn og ignorerer irrelevante ud fra en fagspecifik struktur (fx taksonomi). Grupperer observationer i mindre størrelser. Navngiver inden for flere hierarkiske niveauer. Udleder funktion og adfærd fra morfologi.



	Hverdagsobservationer	Transition	Videnskabelige observationer
Forventninger	Ingen eller få forventninger til observationerne. Sammenblender observationer og egne forestillinger.	Har eksplicitte forventninger til plausible observationer. Forklaringer svinger mellem hverdagsforklaringer og videnskabelige forklaringer.	Eksplicitte hypoteser. Teoretiske rammer understøtter observationerne. Kan sammenholde hypoteser og beviser.
Observations-skemaer	Observerer uden at indsamle eller nedskrive data. Kan evt. henvise til enkelte fakta.	Samler eller nedskriver data uden at bruge fagspecifikke retningslinjer. Sammenligner egne data med andre data. Begynder at bruge forskellige repræsentationsformer for data.	Indsamler og nedfælder data inden for de fagspecifikke rammer. Organiserer og analyserer data. Begrunder valg af repræsentationsformer for data.
Indsats	Konteksttilpassede og tilfældige observationer. Lægger mærke til relevante informationer når de er let tilgængelige.	Fastholdt engagement. Taler bevidst eller søger bevidst information om emnet. Samler relaterede objekter.	Vedvarende, fastholdt engagement. 'Elsker det observerede'.

**Tabel 1.** *Observationelle rammer (efter Eberbach & Crowley, 2009).*

Forskellen mellem elevernes hverdagsobservationer og lærerens forestilling om videnskabelige observationer kan således være meget stor. Såfremt disse forskellige tilgange ikke afstemmes før et undervisningsforløb igangsættes, kan det have meget stor indflydelse på hvor stort elevernes udbytte bliver (Trumbull et al., 2005). Det er således afgørende for elevernes udbytte at observationer i undervisningen bygges op i retning af mere videnskabelige observationer. I den henseende er det nødvendigt at starte med fokus på Eberbach & Crowleys (2009 og tabel 1 ovenfor) punkter om forventninger og observations-skemaer. Her er det selvsagt nødvendigt at have noget kendskab til det der arbejdes med, for at kunne have forventninger om hvad resultatet bliver. Det betyder at eleverne skal arbejde med noget de er i stand til at have forestillinger om. Såfremt de ikke har de nødvendige forhåndskundskaber for en undervisning baseret på observationer, vil eleverne ikke udvikle sig i retning af mere videnskabelige observationer. Det er lærerens ansvar at give eleverne mulighed

for at stille de rigtige spørgsmål på det rigtige tidspunkt. Det vil sige at eleverne skal have muligheden for at sætte det observerede i en teoretisk ramme. Det kræver dog samtidig et vedholdende arbejde og nedfældning af data.

Det fremhæver vigtigheden af at læreren (og på sigt eleverne selv) kan lave gode observationsskemaer. Observationsskemaerne skal være enkle og entydige og samtidig rettet mod det teoretiske udbytte der gerne skulle komme ud af observationerne. Samtidig er det en fordel hvis de er let tilgængelige. Howes (2008) beskriver således hvordan børn i de mindste klasser i grundskolen brugte observationer af snegle i et terrarium i klassen. Når eleverne var færdige med deres "normale" klassearbejde, kunne de gå hen til terrariet og tage et observationsskema udfærdiget af læreren og derpå bruge tid på at observere sneglene og notere relevante data i observationsskemaet. Beskrivelsen af udviklingen i børnenes observationer stemmer godt overens med de i tabel 1 foreslåede hypotetiske stadier mellem hverdagsobservationer og videnskabelige observationer. Det er således et eksempel på hvordan det kan lykkes at få børn til at få deres observationer til at gå i en mere videnskabelig retning.

Man skal dog være opmærksom på at observationer som metode indeholder både komponenter der går på tværs af naturfagene, og komponenter der er specifikke for den faglige kontekst der observeres på (Eberbach & Crowley, 2009). Det er derfor vigtigt at observationsskemaer og undervisning i observationer tilrettelægges specifikt til hvert emne hvor man som underviser ønsker at bruge det. I forhold til kemien beskriver Ringnes & Hannisdal (2014) tre niveauer. Der findes et makroniveau der bygger på beskrivelser af det vi kan observere ved kemiske stoffer og reaktioner, som eksempelvis farve, lugt, gasudvikling osv. Derudover findes der et mikroniveau som ikke er direkte observerbart, men som giver forklaringer i form af atomer, molekyler og strukturer. Endelig findes der også et repræsentationsniveau hvor stoffer og reaktioner fremstår som formler eller reaktionsligninger. Netop her er der væsentlige forskelle på observationer i biologi (og geologi) og observationer i kemi. Det projekt som artiklen her beskriver, har taget udgangspunkt i kemiundervisningen, og observationsskemaer er derfor udarbejdet mod netop dette område. Der er altså tale om en omformning af fokuspunkterne fra Eberbach & Crowleys (2009) biologiske observationer til, under hensyntagen til Ringnes & Hannisdals (2014) tre niveauer, at fokusere specifikt på kemiske observationer.

## Analyse af kemiske observationer

Som nævnt er nogle elementer i en observation fælles for de naturvidenskabelige fag, mens andre er fagspecifikke. De overordnede begreber – forventninger, iagttagelse og observationsskemaer – er fælles, men hvordan disse skal udføres, er forskelligt for hvert fag. I figur 1 illustreres hvorledes de overordnede begreber har funktion

som bindeled mellem teori og praksis i en videnskabelig observation. Der er i figuren taget udgangspunkt i Eberbach & Crowleys (2009) teori, men tilføjet yderligere nogle elementer som udgør den didaktiske platform i de senere beskrevne kemiforløb.

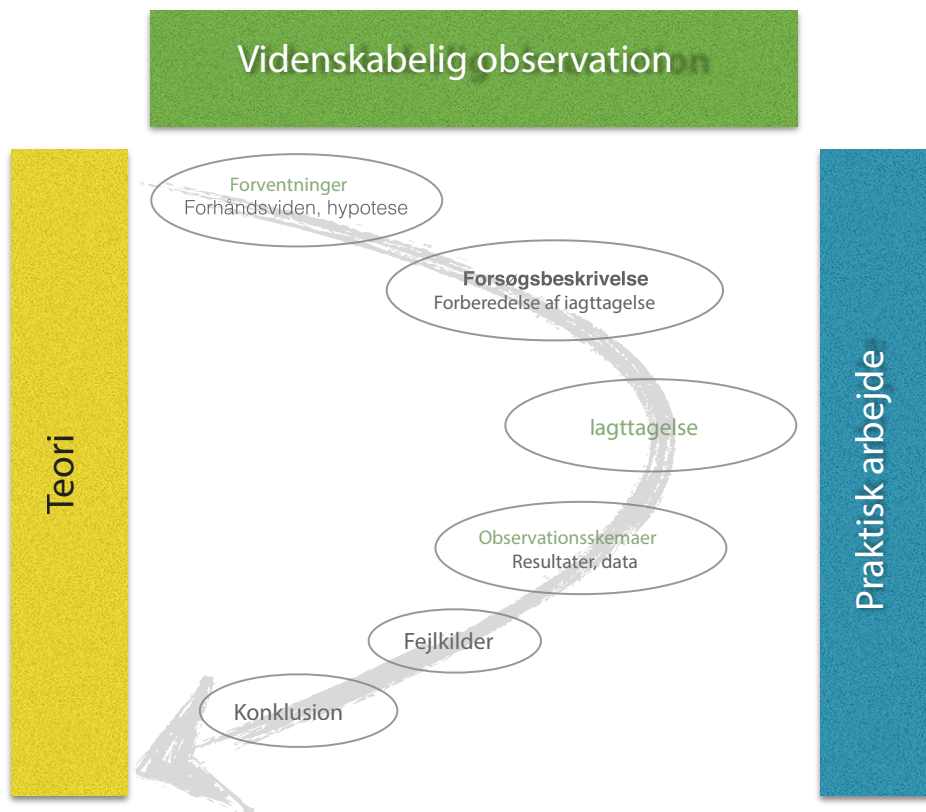
I figur 1 tages der først udgangspunkt i teorien som skal anvendes for at forstå forsøget og aktivere elevernes forhåndsviden under kategorien **forventninger**. Denne viden udnyttes så eleverne kan danne en hypotese. Derefter har vi tilføjet to punkter, "forsøgsbeskrivelse" og "forberedelse af iagttagelse", som tager afsæt i teorien, men retter sig mod praksis. Disse to punkter er valgt fordi eleverne har svært ved at vide hvad de skal observere (Eberbach & Crowley, 2009). Derfor er eleverne nødt til at overveje dette inden de går i gang med forsøget. Ovre i praksisdelen skal eleverne **iagttage** deres forsøg, men på baggrund af den teori som de har tilegnet sig tidligere. Derefter kommer **observationskemaerne** som stadig er i praksisdelen og er det sidste led i observationen ifølge Eberbach & Crowley (2009). Når resultaterne nedskrives, er man dog på vej mod teoridelen igen da der her skal være relevant data. Der er tilføjet yderligere to punkter, "fejlkilder" hvor eleverne reflekterer over eventuelle fejl, og til sidst **konklusion**. Da formålet er at skabe en større forståelse for sammenhængen mellem teori og praksis, er refleksionen i konklusionen en vigtig parameter for forsøget. Millar (2009) skriver at når målet for det praktiske arbejde er naturvidenskabelige tankegange og teorier, så er diskussionerne før og efter forsøg særlig vigtige. Det er her en stor del af læringen sker. Det er i konklusionen at eleverne får behandlet deres iagttagelser. Det vil sige at iagttagelse, forventninger og observationskemaer er faktorer som skal øves for at elevernes observationsevne går i en videnskabelig retning. I konklusionen vurderes der om eleverne kan anvende deres observationer.

For at kortlægge elevernes observationsevne er der i denne undersøgelse konstrueret et analyseark (se tabel 2) med udgangspunkt i Eberbach & Crowley (2009) og i figur 1.

Analysearket skal bruges til at vurdere og evaluere forsøgsrapporter i kemiundervisningen. Det er konstrueret således at eleverne bliver evalueret på om de ligger på en hverdagsobservation, en transition eller en videnskabelig observation. Dette vurderes under de fire hovedkategorier forhåndsviden, iagttagelse, observationskemaer og konklusion. Disse fire hovedkategorier er så yderligere inddelt i underkategorier. Flere af disse underkategorier er der argumenteret for i figur 1. Her beskrives yderligere nogle underkategorier og hvorledes analysearket er ændret fra biologi til kemi.

I analyseskemaet (tabel 2) skelnes under "Forventninger" mellem elevernes generelle naturfaglige viden og fagspecifikke kemiske viden. Under "Iagttagelse" har underkategorierne et fokus på om eleverne observerer detaljeret nok, og om de formår at udvælge hvad der er relevant, da netop dette har stor betydning for om de kan observere videnskabeligt. Desuden er biologiens taksonomier skiftet ud med





**Figur 1.** Videnskabelig observation som bindeled mellem teori og praksis (Krossá, 2016).

kemiens kategoriseringer og sammenligninger. Derudover er der fokus på kemiens tre niveauer. Dette er særligt vigtigt under "Iagttagelser" hvor der umiddelbart ses på makroniveau, men observerer eleverne videnskabeligt, er de i stand til at oversætte dette til mikro- og repræsentationsniveau. Under "Observationsskemaer" vurderes der om eleverne nedskriver data ud fra disciplinære retningslinjer. I konklusionen bliver der analyseret på om eleverne får behandlet deres resultater og derigennem opnår ny viden. Der bliver ligeledes under konklusionen set på om eleverne anvender kemiens repræsentationsformer under deres argumentation.

		Hverdagsobservationer	Transition	Videnskabelige observationer
Forventninger	Udvælgelse af teori	Har svært ved at udvælge/udvælger ikke den relevante forudgående teori.	Udvælger noget relevant teori, men teorien er ufuldstændig.	Er god til at udvælge relevant teori til den aktuelle undersøgelse.
	Generel naturfaglig viden	Har ikke opnået/viser ikke en tilstrækkelig generel naturfaglig viden.	Viser en vis grad af generel naturfaglig viden.	Udviser en stor generel naturfaglig viden.
	Fagspecifik kemisk viden	Har ikke opnået en tilstrækkelig fagspecifik kemisk viden.	Viser en vis grad af fagspecifik kemisk viden.	Udviser en stor fagspecifik kemisk viden.
	Hypotesedannelse	Begrunder ikke sin hypotese eller har valgt ud fra egen hverdagsforestilling.	Begrundelsen for en hypotese er meget kortfattet - og/eller - Hypotesen er valgt ud fra en blanding af hverdagsforestillinger og videnskabelige forklaringer.	Opstiller hypoteser, som er velbegrundede ud fra videnskabelige forklaringer.
	Forventninger til iagttagelse	Har ingen eller få forventninger til hvad der skal iagttages.	Har forventninger til hvad der skal iagttages.	Der er god overensstemmelse mellem hypotese, forventninger til observationer og konklusion.
Iagttagelse	Detaljer	Ser kun de store eller ingen ændringer som sker under et forsøg.	Begynder at iagttage flere detaljer under forsøget.	Iagttager meget detaljeret.

		Hverdagsobservationer	Transition	Videnskabelige observationer
	Relevans	Kan ikke skelne mellem relevante og ikke-relevante iagttagelser.	Ser efter relevante kendetegn.	Ser og beskriver det relevante i forsøgene.
	Fagtermer og repræsentationsformer	Navngiver ingen eller kun få elementer af det iagttagede uden at give et samlet overblik.	Bruger og beskriver det iagttagede med fagtermer.	Bruger og beskriver det iagttagede med fagtermer på flere niveauer (kemiens 3 niveauer).
	Kategorisering	Grupperer ikke det iagttagede efter forskellige kategorier.	Grupperer det iagttagede efter forskellige kategorier.	Grupperer observationer i mindre størrelser.
	Iagttagelse og forhåndsviden	Forbinder ikke det iagttagede med sin forhåndsviden.	Forbinder det iagttagede med sin forhåndsviden.	Forbinder det iagttagede med den teoretiske baggrund.
	Mønstre og sammenhænge	Lægger ikke mærke til forskellige mønstre og sammenhænge i det iagttagede.	Lægger mærke til enkle mønstre og sammenhænge i det iagttagede.	Lægger mærke til forskellige mønstre og sammenhænge i det iagttagede.
Observations-skemaer	-	Kun enkelte eller ingen data er nedskrevet.	Data er samlet og nedskrevet, men uden fagspecifikke retningslinjer.	Indsamler og nedskriver data ud fra fagspecifikke rammer.

		Hverdagsob- servationer	Transition	Videnskabelige observationer
Konklusion	Behandling af resultater	Der er ingen behandling af resultaterne.	Organiserer og analyserer data, men begrundet det ikke ud fra teoretisk viden.	Organiserer og analyserer data ud fra teori.
	Ny viden	Kommer ikke frem til ny vi- den.	Kommer frem til ny viden, men kan ikke argumentere fyldstgørende for det.	Kommer frem til ny teoretisk viden og kan argumentere for det.
	Repræsenti- onsformer	Anvender ingen eller få repræsenti- onsformer.	Anvender re- præsenti- onsformer.	Anvender repræsenti- onsformer til at forklare hvad der er kommet frem til, fx reak- tionsligninger.
	Besvaret hypo- tese	Konkluderer ikke ud fra hy- potese.	Har svært ved at konkludere ud fra hypotese.	Konkluderer ud fra hypotese.
	Validering	Sammenligner ikke egne data med andres.	Sammenligner data med an- dres.	Sammenligner og vurderer egne data med den etablerede videnskab.

**Tabel 2.** Analysearket til vurdering af elevernes observationsevne i kemiundervisningen.

I det følgende beskrives hvorledes et fokus på observationer er blevet implementeret i en undersøgelsesbaseret kemiundervisning i 9. klasse, og hvordan det tilpassede skema er brugt som analyseredskab af elevernes observationskompetence.

## Praksisbeskrivelse

På en efterskole har der i løbet af et skoleår været fokus på træningen af observationskompetence i tre forskellige kemiforløb. Der er undervist to 9.-klasser med i alt 44 elever.

De tre forløb var fordelt over et skoleår. Først på skoleåret lå et forløb med titlen "Grundlæggende kemi", næste forløb lå midt på året med titlen "Alkoholer", og sidst på skoleåret lå et forløb med titlen "Jordens ressourcer". Imellem disse forløb har der ligget anden fysik/kemi-faglig undervisning med et andet didaktisk fokus. De tre forløb tog afsæt i en undersøgelsesbaseret undervisning (Harlen & Allende, 2006). Skoleåret blev struktureret således at eleverne skulle øve deres observationskompetence gennem de tre elementer forventninger, iagttagelse og observationsskemaer. Sideløbende var der også en udvikling i elevernes undersøgelser hvor de startede med guidede undersøgelser for til sidst at ende med åbne undersøgelser (Bell, Smetana & Binns, 2005).

I slutningen af hvert forløb skulle eleverne skrive en rapport over et forsøg. Her blev elevernes observationskompetence analyseret gennem tabel 2. De dele af observationskompetencen som det viste sig eleverne havde svært ved, blev øvet i næste undervisningsforløb. Derudover fik eleverne individuel feedback på hvilken del af observationskompetencen de skulle arbejde på at forbedre.

Kravene til rapportskrivningen er beskrevet i figur 2. For at øve deres observationskompetence har der været et stort fokus på elevernes forarbejde inden de måtte gå i gang med deres forsøg. Et element mange elever har svært ved, er at vide hvad de skal se efter i forsøg (Eberbach & Crowley, 2009, se figur 1). Derfor skal eleverne, i pkt. 4 under rapportskrivningen, overveje hvad de skal se efter i forsøget inden de går i gang. I denne proces har der været mulighed for sparring med elever indbyrdes i gruppen og med læreren. Den efterfølgende rapportskrivning har været individuel.

### *Grundlæggende kemi*

I forbindelse med "Grundlæggende kemi" blev der bl.a. undervist i og arbejdet med ioner, definition af syrer og baser, stærke og svage syrer/baser, koncentration og neutralisation. I starten af forløbet er der taget udgangspunkt i helt almindelige og traditionelle forsøg. For at hjælpe eleverne med deres observationskompetence blev forsøgsvejledningen omskrevet (figur 3) for på den måde at give dem en bevidstgørelse af forhåndsviden og forventninger i hypotesedannelsen. Under punktet "Forventninger" skal eleverne overveje hvordan man kan se en forskel på reaktionerne. Dette for at eleverne kan konstruere et passende observationsskema under "Data" og besvare opstillingen af ranglisten i konklusionen. Endvidere er der i forsøgsvejledningen indlagt et punkt hvor eleverne skal argumentere for deres fremgangsmåde for hvordan de opkvalificerer deres undersøgelse.

I "Grundlæggende kemi" er der arbejdet med meget lukkede rammer for at sikre at eleverne havde fokus på observationselementerne og ikke på hvordan forsøget skulle konstrueres. Det var derfor læreren som havde valgt forsøgene og lavet forsøgsskabeloner som i figur 3.



## Rapport

Rapporten skal opstilles med følgende punkter:

Punkt 1 - 4 udfyldes inden du går i gang med forsøget.

Punkt 5-9 udfyldes efter du har lavet forsøget

### 1. Forhåndsviden

Under dette punkt skal du skrive hvad du i forvejen ved omkring det du skal til at undersøge. Beskriv den relevante teori, som du vil anvende for at kunne lave en hypotese.

### 2. Hypotese

Her skal du komme med et kvalificeret gæt på, hvad du finder ud af under forsøget. Hypotesen skal begrundes ud fra din forhåndsviden.

### 3. Forsøgsbeskrivelse, materialeliste og forsøgsopstilling

Her skal du beskrive hvordan forsøget udføres og hvilke materialer, som anvendes. Tag et billede eller tegn forsøgsopstillingen.

### 4. Forberedelse af iagttagelse:

Er der nogle særlige ændringer, som du skal ligge mærke til under forsøget, for at kunne besvare din hypotese?

### 5. Iagttagelse

Beskriv hvad du har lagt mærke til under forsøget, som er relevant i forhold til din undersøgelse.

### 6. Indsamlede data/ Resultater

Nedskriv her de resultater, som du er kommet frem til. Opstil dem i en struktur, så de er nemme at bearbejde.

### 7. Fejlkilder

Kan der være noget i selve forsøgsopstillingen, som gør at du opnår forkerte eller upræcise resultater.

### 8. Konklusion

Her skal du behandle dine resultater og finde ud af hvilken ny teori du kom frem til. Har du fået bekræftet eller afkræftet din hypotese? Hvad siger den allerede etablerede viden - stemmer den overens med dine observationer?

Har du brug for at lave et nyt forsøg?

### 9. Perspektivering

Hvor kan vi anvende metoden eller den nye viden i samfundet?

Figur 2. Rapportbeskrivelse til eleverne.

Magnesium i syrer	Forventninger (Hypotese)
<p><b>Undersøgelse</b> I skal nu undersøge hvordan forskellige syrer reagerer med magnesium. Undersøg hvilken Gasart som bobler op, når I ligger et stykke magnesium i en syre Sammenlign reaktionen af magnesium i forskellige syrer</p>	<p><b>Hvilken gasart tror I bobler op?</b> Vil man kunne se en forskel på de forskellige syrer? Hvis ja, hvilken?</p>
<p><b>Teori (Forhåndsviden)</b> Hvad er fælles for alle syrer? Skriv Magnesium på ionform:</p>	<p><b>Data</b> Hvad sker der under forsøget?</p>
<p><b>Materiale</b> Reagensglasstativ Saltsyre, HCl, 1M Svovlsyre, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1M Oxalsyre, (COOH)<sub>2</sub>, 1M Citronsyre, C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>, 1M Edikesyre, CH<sub>3</sub>COOH, 1M 5 reagensglas Magnesium, Mg Tændstikker Træpind Sikkerhedsbriller</p>	<p><b>Konklusion (Teori)</b> Hvilken gasart dannes? Hvorfor? (Skriv med ord og derefter med kemiske betegnelser/ reaktionsligning) Opstil syrerne efter deres styrke 1. 2. 3. 4. 5. Hvilken reaktion sker der nede i glasset med magnesium i saltsyre? (Skriv med ord og derefter med kemiske betegnelser/ reaktionsligning) Hvilken reaktion sker der nede i glasset med magnesium i svovlsyre? (Skriv med ord og derefter med kemiske betegnelser/ reaktionsligning) Kan I komme med et bud på en generel regel for hvad der sker med metaller i syre?</p>
<p><b>Fremgangsmåde</b> Hvordan vil I undersøge gasarten? 2. Hvordan skal forsøget udføres, for at I kan sammenligne de forskellige syrer?</p>	

Figur 3. Forsøgsvejledning til grundlæggende kemi.

Sidst i forløbet arbejdede eleverne med syre-base-titrering og skrev rapport ud fra dette forsøg. Formålet med forsøget var at vise en tydelig sammenhæng mellem praksisarbejde og teori for at styrke eleverne i at arbejde videnskabeligt (som netop er mere teoribaseret). De fagfaglige mål som eleverne skulle opnå, var:

- En forståelse for at pH-værdi stiger i takt med at der kom mere base i
- En forståelse for forskellen mellem koncentration og styrke.

Til titreringsforsøget fik eleverne kun en mundtlig forklaring. De skulle konstruere forsøget som deres tidligere neutralisationsforsøg, men fortsætte indtil væsken ikke kunne blive mere basisk. Derudover blev der gennemgået hvilket diagram observationerne skulle aflæses i, så eleverne på forhånd var klar over hvad der var afhængig og uafhængig variabel. Dette var for at styrke elevernes forventninger til forsøget og for at gøre deres iagttagelser mere fokuserede. Eleverne anvendte dataopsamling

hvor kurven kom direkte på skærmen for at skærpe fokus på at aflæse kurven og ikke bruge tid på at tegne den manuelt.

Eleverne startede med at opstille en hypotese over kurvens udseende hvis de titrerede en stærk syre med en stærk base med samme koncentration. Det var ikke vigtigt – og bestemt ikke forventeligt – at elevernes bud var rigtigt, men derimod at eleverne kunne argumentere for deres hypotese ud fra deres faglige forudsætninger. Efter at eleverne havde udført forsøget, beskrevet deres iagttagelser og tegnet deres titreringskurve, diskuterede de deres resultater med hinanden og læreren. At eleverne på forhånd skulle overveje kurvens udseende, gjorde at de blev meget overraskede over resultatet, og de blev hurtig interesseret i at snakke om den “mærkelige” kurve.

Eleverne diskuterede lystigt hvorfor kurven pludselig steg så hurtigt, og kom hurtigt på mikroniveau med udtalelser som: “Syren holder åbenbart lidt på  $H^+$ -ionerne, og pludselig afgiver den alle sine  $H^+$ -ioner til basen.” Derefter fik eleverne samme syre igen, men med en anden koncentration som skulle titreres med samme base som før. Eleverne skulle så på baggrund af forrige resultat lave en hypotese om hvordan kurven så ville se ud. Her var der en helt anden forhåndsviden, og eleverne oplevede et behov for helt at forstå koncentration på ion-niveau. Flere elever havde en god forståelse for hvad der så måtte ske med kurven, og havde en hypotese som efterfølgende kunne bekræftes. Var der mere tid, prøvede eleverne processen igen med en svag syre og en diprot syre. Eleverne skulle til sidst sætte ord på hvad de så i diagrammerne, og hvordan de kunne forklare det med deres teoretiske viden om syrer og baser.

### *Alkoholforløbet*

Alkoholforløbet blev designet på baggrund af evalueringen fra titreringsforløbet og med henblik på at skabe større frihedsgrader ved at eleverne øvede sig i selv at konstruere et forsøg. Der var i dette forløb sat mere tid af til den enkelte undersøgelse, og derfor skulle eleverne kun igennem to undersøgelser i dette forløb.

Den første undersøgelse handlede om alkoholars egenskaber og sammenhængen mellem disse og den molekulære opbygning. Det forventedes at eleverne ville opdage mønstre og sammenhænge.

Forud for denne undersøgelse blev eleverne undervist i hvordan de forskellige alkoholer var opbygget. Der blev også undervist i polære og upolære stoffer. Først blev der brainstormet om hvilke egenskaber en alkohol kunne have, og derefter skulle grupperne selv vælge en egenskab som de skulle undersøge. Af disse egenskaber kan nævnes kogepunkter, fordampning og opløselighed. Herefter designede eleverne deres egne undersøgelser efterfulgt af en lærers godkendelse (særligt fokus på sikkerhed). Derefter arbejdede eleverne med nedenstående forsøgsvejledning (figur 4).

<b>Alkoholers egenskaber</b>	<b>Hypotese</b> (skal godkendes inden i fortsætter)
<b>Undersøgelse</b> Formålet med dette forsøg er, at undersøge forskellige alkoholer og deres egenskaber	<b>Forberedelse af iagttagelse</b> Hvad skal du se efter/ være opmærksom på?
<b>Teori (Forhåndsviden)</b> Her skal du skrive hvad du allerede ved om alkoholer. Fx. deres kemiske opbygning, egenskaber osv.	<b>Data</b> Beskriv med egne ord, hvad der er sket: Beskriv med fagsprog hvad der er sket: Begrund på molekylærbasis: Fik I bekræftet jeres hypotese? Hvad siger den etablerede videnskab?
<b>Undersøgelses spørgsmål</b> Hvad kan være interessant at undersøge?	
<b>Fremgangsmåde</b> Hvordan skal forsøget laves?	

Figur 4. Forsøgsvejledning til forløbet "Alkoholer".

Under elevernes undersøgelse spurgte læreren ind til det observerede, og om det passede med elevernes hypotese. Der blev talt om hvordan teorien passede med det observerede. Fx blev gruppen der undersøgte kogepunkter, spurgt ind til om de kunne se nogen sammenhæng mellem kogepunkter og de forskellige alkoholers molekylære opbygning.

Næste undersøgelse i forløbet handlede om fremstilling af alkohol, og til denne undersøgelse skulle eleverne skrive rapport. Undersøgelsesspørgsmålet var: "Hvordan laver vi den bedste alkohol?" Eleverne fik derefter en standardopskrift som de skulle forsøge at forbedre. Eleverne tog stilling til hvilke elementer de skulle ændre på. Det kunne være mængden af sukker og gær eller valg af sukkerart. Undersøgelsen krævede en stor generel naturfaglig viden for at opstille en hypotese. Ud over at kende til alkoholens molekylære opbygning skulle eleverne også have kendskab til sukkerarter og viden om gæring. Efter at eleverne havde indsamlet forhåndsviden og derefter opstillet en hypotese, skulle de udvælge nogle forskellige opskrifter som de så ville afprøve og sammenligne. Dette gav anledning til at tale om kun at ændre en variabel ad gangen for at vurdere betydningen af den enkelte variabel. Derefter kom næste spørgsmål helt naturligt fra eleverne: "Hvordan vurderer man den bedste alkohol?" Så blev der sat vurderingskrav op for "en god alkohol". Disse krav gik på lugten, udseendet af væsken og alkoholprocenten. En elev i den ene klasse foreslog at de kunne se på mængden af  $\text{CO}_2$  for at få en indikation af om der var gang i processen. Dette førte til en yderligere diskussion om hvorvidt noget der gik stærkere og var mere effektivt end andet, var det samme som at det blev til en god alkohol. Alt dette forarbejde med elevernes forventninger og bedømmelseskriterier var efterfølgende med til at skærpe deres iagttagelser. Her var hensigten også at eleverne skulle opleve et stort behov for at organisere deres resultater og opstille observationskemaer for at kunne sammenligne resultaterne og de mange forskellige opskrifter.

### *Jordens ressourcer*

I det sidste forløb, "Jordens ressourcer", arbejdede eleverne i grupper med hver deres selvvalgte underemne og problemstilling. Inden elevernes selvstændige arbejde blev der brainstormet om underemner til "Jordens ressourcer". Der blev også undervist i miljø i forhold til menneskets udnyttelse af ressourcerne. Her blev der arbejdet med bearbejdning og forbrug af råstoffer samt diskuteret bæredygtig energi kontra konventionel energi. Herefter fordelte eleverne sig i selvvalgte grupper og gik i gang med at finde en problemstilling til deres emne. Af emner kan bl.a. nævnes olie, vand, geotermi og vind- og solenergi. Eleverne skulle efterfølgende finde et arbejdsspørgsmål som kunne besvares ved hjælp af en praktisk undersøgelse. Fx valgte gruppen med geotermi at undersøge jordbundens temperatur i flere dybder. Vandgruppen undersøgte næringsstoffer i en sø, og oliegruppen valgte at se på cracking. Inden eleverne gik i gang med selve undersøgelsen, var der igen fokus på hvor vigtigt det er at forberede iagttagelsen. Eleverne skulle inden de gik i gang, følge punkt 1-4 i forsøgsskabelonen (se figur 2). Der blev derfor igen lagt fokus på forhåndsviden, hypotesedannelse og overvejelser om hvad de skulle se efter under iagttagelsen. Eleverne skulle også under eller efter iagttagelse organisere deres resultater i observationskemaer.

## Vurderingen af elevernes rapporter

Elevernes observationskompetencer er blevet set som en fordeling mellem hverdagsobservationer, transition og videnskabelig observation. Fordelingen af kompetencerne er blevet testet fra forsøg til forsøg med en  $\chi^2$ -test for at se om fordelingen ændres fra forsøgsgang til forsøgsgang.

En statistisk behandling ud fra brugen af analysearket på elevernes rapporter viser at der sker en udvikling i retning af større brug af videnskabelige observationer ( $\chi^2$ -test,  $p < 0,001$ ,  $n = 44$ ). I artiklen her vil vi dog fokusere på den kvalitative udvikling hos eleverne da det statistisk ikke er muligt at give uddybende svar på hvad der sker, men blot at det går i den rigtige retning i forhold til udvikling af elevernes kompetencer.

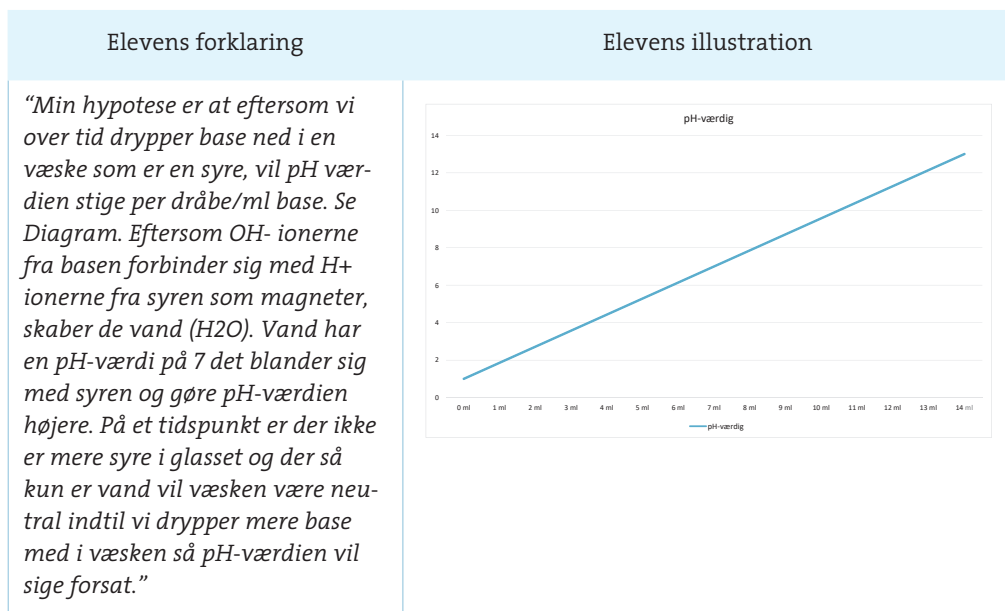
Den kvalitative indholdsanalyse af elevrapporterne giver eksempler på elevbesvarelser og hvordan disse vurderes som hverdagsobservation, transition eller videnskabelig observation ud fra analyseskemaet (tabel 2). Da analysearket anvendes som et evalueringsskema til 9.-klasseselever, skal der gøres opmærksom på at når eleverne vurderes til at være på et videnskabeligt observationsniveau, så ses det i forhold til hvad der forventes af en 9.-klasseselev og ikke af en forsker.



## Forventninger

Under punktet “Forventninger” bliver eleverne vurderet på om de har udvalgt den relevante teori. Her undersøges om eleverne har nedskrevet den teori som skal til for at kunne konkludere på deres forsøgsresultater på alle kemiens tre niveauer.

Under “Hypotese” vægtes det i hvor høj grad eleverne kan argumentere for deres hypotese ud fra deres forhåndsviden, og i hvor høj grad denne forhåndsviden er videnskabelig set i lyset af hvad en 9.-klasseelev bør kunne.



**Figur 5.** Et eksempel på en hypotese fra titreringsforsøget (forløb 1) som er vurderet til videnskabeligt observationsniveau.

I figur 5 ses det at eleven har en viden om syrer og baser som vedkommende anvender for at lave en hypotese. Derfor vurderes denne hypotese til et videnskabeligt niveau til trods for at hypotesen er forkert.

Under punktet “Forventninger” skriver eleverne hvad de forventer at iagttage. Dette for at iagttagelsen bliver mere fokuseret. Her er et eksempel på dette. Citatet er taget fra en rapport over fremstilling af alkohol (forløb 2):

*“Jeg vil prøve at lægge mærke til om der er noget ved væsken der bliver anderledes, f.eks. farve, konsistens, temperatur og lugt. Jeg vil også prøve at se om der sker noget med urinposens indhold, og selvfølgelig bare generelt hvordan forsøget ‘opfører’ sig.” (Elev 2)*

Her er eleven vurderet til at være i en transition. Eleven er god til at sætte ord på hvad der er interessant at se efter når man skal vurdere alkoholen, men skriver også om noget i en urinpose. Det vidner om at eleven ikke helt er klar over hvad urinposen indeholder.


### lagttagelse

Under iagttagelsen vurderes der bl.a. på om eleven kan skelne mellem det der er relevant at se efter, og det der ikke er, om vedkommende bruger fagtermer, og om eleven beskriver det iagttagede på alle kemiens tre niveauer. Her er et eksempel på en elev som observerer på hverdagsniveau. Eksemplet er taget fra "Jordens ressourcer" (forløb 3) hvor eleven har arbejdet med vand.

"Vi har afmålt nogle forskellige informationer i forskellige typer vand. Datter har vi gjort ved hjælp af noget forskelligt pulver der afslører ting omkring vandet." (Elev 4)

Eleven beskriver sin iagttagelse meget overfladisk og mangler forståelse for hvad forsøget går ud på. Det tyder også på at eleven mangler disciplinærviden til at forstå forsøget. Et andet eksempel på en iagttagelse er om olie. Eleven har lavet et forsøg om cracking af paraffinolie (se figur 6).

Denne elev iagttager meget detaljeret, bruger fagtermer og iagttager både på makroniveau med ord som kogte, gasser og farveskift og på mikroniveau med ord som dobbeltbindinger og carbonkæde. Derudover har vedkommende skrevet reaktionen ved hjælp af repræsentationsformer. Den er derfor vurderet til videnskabeligt niveau.

Elevens forklaring	Elevens valgte illustration
<p>"Jeg har lagt mærke til at urinposen begyndte langsomt at blive fyldt med de gasser som paraffinolie udskilte da den kogte. Det var vigtigt at sørge for det ikke kom for mange affaldsstoffer i den koniske kolbe, hvilket der ikke gjorde. Røgen/gassen der steg op fra. Perlekatalysatoren med paraffinolie i var tyk og hvid/lys grå. Jeg har lagt mærke til at der var farveskift da min lærer tilførte 1,2-dibrom-ethan til urinposen for at bevise dobbeltbindinger, vi brændte derefter indholdet af for at bevise at vi havde forkortet paraffinoliens lange carbonkæde ned til."</p>	

Figur 6. Eksempel på eleviagttagelse på videnskabeligt niveau fra titreringsforsøget (forløb 1).

## Observationsskemaer

Under "Observationsskemaer" er eleverne vurderet på om deres observationer er struktureret godt så de kan bruges til at konkludere på. I figur 7 ses et eksempel fra fremstilling af alkohol hvor eleven har samlet alle de forskellige opskrifter klassen har anvendt, og struktureret deres resultater i et skema.

Gruppe	Opskrift	Klarhed	Mængde af CO <sub>2</sub>	Efter destillering
Gruppe 1	10 g gær, 25g druesukker, 200 ml vand og ½ ølgær	Væsken var forholdsvis uklar. Den lignede mest af alt æblemost	Ikke nævnt	Ethanol var på 59% og var ikke brandbar
Gruppe 2	25 g sukker, 2 ølgær og 200 ml vand	Helt gennemsigtig med små gule toner	1100 ml	Ingen destillation
Gruppe 3	50 g gær, 125 g sukker, 200 ml vand og 2½ ølgær	Ikke nævnt	Ikke nævnt	Væsken var klar og brandbar
Gruppe 4	10 g gær, 25 g sukker, 200 ml vand og ½ øl tablet	Ikke nævnt	Ikke nævnt	Ikke brandbar
Gruppe 5	50 g gær, 25 g sukker, 200 ml vand og ½ ølgær	Mellemklar gul væske med meget bundfald	Ikke nævnt	Ikke brandbar
Gruppe 6	10 g gær, 150 g sukker, 200 ml vand og ½ ølgær	Grumset, lidt gult og skum på toppen	ca. 1 liter	Ikke brandbar
Gruppe 7	10 g gær, 75 g sukker 200 ml vand og ½ ølgær	Uklar og en smule gult	Ikke muligt at måle	Væsken var brandbar

**Figur 7.** Eksempel på et observationsskema på transitionsniveau.

Denne elev er vurderet til at være i transition. Resultaterne er fint organiseret ud fra tre kriterier, nemlig væskens udseende, produktionen af alkohol (mængden) og efter destillationen alkoholprocenten. Men der mangler kategorisering for bedre at overskue hvad der skal til for at lave den bedste alkohol.

## Konklusion

Til sidst er her et eksempel på en konklusion. I konklusionen er der forskellige vurderingskriterier, og man kan derfor godt ligge på forskellige stadier i underpunkterne. Her er der et eksempel på dette fra titreringsforsøget:

“Resultatet af forsøget viser at det når man starter med at dryppe base ned i saltsyren vil PH værdien stige langsomt, men så når man har tilført 30-40 ml base til syren, stiger PH værdien meget, næsten lodret op. Det punkt kaldes ækvivalenspunktet og det betyder at der er lige mange H<sup>+</sup> og OH<sup>-</sup> ioner, så hvis vi stoppede præcis på det punkt ville væsken blive neutral. I min hypotese gættede jeg rigtigt i forhold til at syren først ville blive neutral og så basisk, men jeg gættede helt forkert med hvordan kurven ville komme til at se ud. Jeg havde regnet med at kurven ville stige skråt op, men det gjorde den ikke. Den gik i stedet skråt op med en meget svag hældning i starten, også gik den pludselig meget skråt op og så til sidst gik den skråt op med en svag hældning igen. Min hypotese var rigtig i forhold til 2M syren, jeg regnede med at vi skulle bruge dobbelt så meget base til at opnå det samme resultat, og det var det vi skulle. Det skulle vi fordi at en 2M syre har dobbelt så mange H<sup>+</sup> ioner som en 1M, og så skal man bruge dobbelt så mange OH<sup>-</sup> ioner (base) til at neutralisere og gøre syren basisk.” (Elev 9)

Her ser vi en elev der på nogle punkter er i en transition og på andre punkter i en videnskabelig observation. Eleven konkluderer på makro- og mikroniveau, men mangler at beskrive sine resultater på repræsentationsniveau med en reaktionsligning. Derfor vurderes observationen som en transition i forhold til kemiens tre niveauer. Ses der på besvarelsen af hypotesen, er eleven meget grundig og får også besvaret den i forhold til en syre med en anden koncentration og vurderes her til at observere videnskabeligt. Eleven mangler også at få generaliseret sine resultater ved at sige noget generelt om titrering og ligger derfor på et transitionsniveau i forhold til at argumentere for ny viden.

## Evaluering af forløbene

Evalueringen af elevrapporterne om titrering viste at eleverne havde opnået en god viden inden for titrering og kunne bruge den viden til at danne hypoteser. De var også opmærksomme på hvad de skulle se efter i en observation, og fik nedskrevet relevant data. Det som eleverne havde brug for at øve, var iagttagelsen og bearbejdelsen af denne. De havde svært ved at omskrive det iagttagede til fagtermer og repræsentationsformer, beskrive undersøgelsen detaljeret og se mønstre og sammenhænge i undersøgelsen.

I evalueringen af rapporterne om alkohol kunne eleverne derimod godt beskrive deres iagttagelser detaljeret. Eleverne havde nemmere ved at beskrive det iagttagede

med fagord, og de kunne bedre forbinde deres iagttagelser med deres forventninger. Under observationen skulle eleverne skrive deres resultater ind i egne observationskemaer. Hensigten var at med alle de forskellige opskrifter og bedømmelseskriterier ville eleverne opdage nødvendigheden af at strukturere deres iagttagelser og dermed blive endnu bedre til at nedskrive deres resultater. Dette var dog ikke tilfældet. Det var tydeligt at det var en svær opgave for eleverne, og det at sværhedsgraden steg, betød også at det var sværere at danne et overblik over alle resultaterne.

I forløbet om jordens ressourcer blev eleverne særlig dygtige til at kategorisere deres iagttagelser, se mønstre og sammenhænge og så organisere deres observationskemaer. De blev også dygtigere til at opnå ny viden gennem deres undersøgelse og få besvaret deres hypotese.

## Diskussion

Observationer er en måde at undersøge på og lægger derfor også op til en undersøgelsesbaseret undervisning. Ligesom i Eberbach & Crowleys (2009) beskrivelse af observation vægtes det i en undersøgelsesbaseret undervisning højt at eleverne arbejder selvstændigt og med egne problemstillinger. Samtidig er det en undervisningsform som er meget motiverende for eleverne (Østergaard et al., 2010), så den burde også øge elevernes indsats og dermed deres fokus på observationer. En kritik af undersøgelsesbaseret undervisning er imidlertid netop mangel på fagligt fokus (Kirschner et al., 2006), og dette kan rimeligvis imødekommes ved at øve observationerne i en mere videnskabelig retning.

Et naturligt spørgsmål er hvilke elementer i en observation som udvikles særlig godt i henholdsvis lukkede, halvåbne og åbne forsøg. Det skal straks nævnes at der her kun kan gives en antydning af hvilken betydning undervisningsformen har, da andre faktorer kan have spillet ind. Eksempelvis kan en positiv udvikling i det sidste forløb skyldes de åbne rammer, men det kan også skyldes at eleverne har øget deres observationskompetence over tid.

I starten af året er der valgt et meget lukket forsøg da hensigten her var at eleverne skulle have indsigt i processerne i en naturfaglig undersøgelse. Der skal meget lærerguidning til for at eleverne lærer at observere og konstruere undersøgelser (Harlen & Allende, 2006). Eleverapporterne giver ligeledes en indikation af at de fleste elever i det lukkede forsøg opnår en fagspecifik viden og kan beskrive deres forhåndsviden. Det skal dog også nævnes at denne fortsat udvikles gennem de efterfølgende og mere åbne forløb.

Under de halvåbne forsøg ses der at elevernes evne til at iagttage forbedres. Iagttagelsen forbedres helt generelt over året hvor frihedsgraderne også øges, og eleverne opnår større ejerskab over forsøgene. Eleverne har derimod svært ved at organisere



deres observationsskemaer, og noget tyder på at de ikke helt er klar til så stor en opgave endnu og her burde guides af læreren om opstillingen af observationsskemaer.

Det åbne forsøg viser til gengæld en forbedring i at kategorisere iagttagelsen og organisere observationerne. Dette passer til Eberbach & Crowleys pointe om at problemet skal være ægte for eleverne for at de kan skrive nogle gode observationsskemaer. Elevernes evne til at besvare deres hypotese i konklusionen bliver også styrket under det åbne forløb.

Det skal nævnes at der er enkelte elever som gennem hele året forbliver i en hverdagsobservation. Om dette skyldes at denne gruppe havde brug for mere lukkede rammer i en længere periode, eller der skal helt andre tiltag til for at hjælpe disse elever, viser projektet ikke. Grundlæggende er det dog vigtigt at skelne mellem IBSE som mål eller som middel (Abd-El-Khalick et al., 2004). Det betyder at for at kunne anvende IBSE som metode til faglig indsigt er det nødvendigt først at fokusere på at lære at håndtere metoden i sig selv. Her kan vejen fra lukkede til åbne opgaver være en hjælp.

Vi har i denne undersøgelse vist hvorledes elevernes kompetence til at udføre observationer kan gå fra en hovedsagelig hverdagsorienteret tilgang mod en mere videnskabelig tilgang gennem tre forskellige forløb af undersøgelsesbaseret undervisning på 9.-klassesniveau. Men som vi også lægger op til i denne artikel, skal fokus på observationer og udvikling af de kompetencer der skal anvendes her, ikke kun ske på 9.-klassesniveau. Det er en fortløbende proces som starter allerede i indskoling. Kompetenceudvikling handler ikke om korte fokuserede indsatser, men lange seje træk.

Denne undersøgelse omhandler udelukkende kemiundervisningen som en del af faget fysik/kemi, og den indeholder både en række generelle træk ved observationer og en række fagspecifikke træk. Når vi viser at eleverne kan rykke deres kompetencer i observationer inden for kemien, er der derfor ikke en direkte overførbarhed til andre fagområder. Samtidig gør designet hvor eleverne arbejder i tre forskellige undersøgelsesbaserede forløb, det vanskeligt at identificere den direkte årsag til at eleverne bliver bedre til at lave observationer. Er det progressionen i forløbene der gradvist bliver mere åbne, eller er det det specifikke fokus på observationskompetencen? Det øgede fokus på netop observationskompetencen gør også at der vies mere tid til elevernes arbejde med netop dette. Det vanskeliggør også at svare på om det er den øgede tid eller det specifikke indhold i opgaverne der øger elevernes observationskompetence. Ligeledes kan det diskuteres hvad det specifikt er vi måler på, idet vi i denne undersøgelse primært har fokuseret på elevernes skrevne rapporter efter eksperimenterne. Vi kan ikke udelukke at der går noget tabt i fortolkningen af disse rapporter som ellers ville fremstå som øgede observationskompetencer hvis vi havde taget et andet blik på det. Der er således en række uafklarede spørgsmål i forhold til at generalisere om elevernes udvikling af videnskabelige observationer. En yderligere afklaring af hvordan man

kan hjælpe eleverne endnu mere i den retning, vil kræve undersøgelser i både større og andre kontekster. Vi vil dog stadig hævde at eleverne i dette udviklingsprojekt har fået øget deres observationskompetence, og vi kan sige ud fra undersøgelsen her at der er et potentiale til at løfte elevernes observationskompetence ved at give dette et særligt fokus. Eleverne kan nemlig godt finde ud af at lave observationer hvis de får rammer til at opøve det.

## Litteratur

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N.G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- Bell, R.L., Smetana, L. & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33.
- Eberbach, C. & Crowley, K. (2009). From everyday to scientific observation: How children learn to observe the biologist's world. *Review of Educational Research*, 79(1), 39-68.
- Fællesmål (2014). Bekendtgørelse om formål, kompetencemål og færdigheds- og vidensmål for folkeskolens fag og emner.
- Ford, D.J. (2005). The challenges of observing geologically: Third graders' descriptions of rock and mineral properties. *Science Education*, 89(2), 276-295.
- Fox, J.E. & Lee, J. (2013): When children draw vs. when children don't: Exploring the effect of observational drawing in science. *Creative Education*, 4 (7A1), s. 11-14.
- Frøylund, M., Remmen, K.B. & Sørvik, G.O. (2016): Name-dropping or understanding? Teaching to observe geologically. *Science Education*, 100, s. 923-951.
- Harlen, W. & Allende, J.E. (2006). IAP report of the working group on the international collaboration in the evaluation of IBSE programs.
- Howes, E.V. (2008): Educative experiences and early childhood science education: A Deweyan perspective on learning to observe. *Teaching and Teacher Education*, 24(3), 536-549. Fundet 19. februar 2019 på <http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwj3y9StsrfgAhUBKVAKHQcSB2AQFjABegQICBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.interacademies.org%2F7078%2FIBSE-Report18Dec06ScEduProg&usg=AOvVaw1GkA03ZZnTOUMtMGYPqYgu>.
- Kirschner, P.A., Sweller, J. & Clark, R.E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Krossá, H. K. (2016): Observationer – bindeleddet mellem teori og praksis, Masterafhandling, Laboratorium for Sammenhængende Uddannelse og Læring, Syddansk Universitet

- Millar, R. (2009). Læringsmål, tilrettelæggelse og præsentation – en beskrivelse af nuancerne i praktisk arbejde. I: Tougaard, S. & Kofod, L.H. (red.), *Metoder i naturfag – en antologi*, Experimentarium.
- Ringnes, V. & Hannisdal, M. (2014). *Kjemi fagdidaktik: Kjemi i skolen* (3. ed., vol. 17). Kristiansand S: Cappelen Damm AS.
- Trumbull, D., Bonney, R. & Grudens-Schuck, N. (2005). Developing materials to promote inquiry: Lessons learned. *Science Education*, 89, 1-22.
- Undervisningsministeriet (2014). Læseplan for faget fysik/kemi. Lokaliseret 29.04.2018 på <https://www.emu.dk/sites/default/files/Fysik-kemi%20%C3%A6seplan.pdf>.
- Undervisningsministeriet (2014). Læseplan for faget biologi. Lokaliseret 29.04.2018 på <https://www.emu.dk/sites/default/files/Biologi%20%C3%A6seplan.pdf>.
- Undervisningsministeriet (2014). Læseplan for faget geografi. Lokaliseret 29.04.2018 på <https://www.emu.dk/sites/default/files/Geografi%20%C3%A6seplan.pdf>.
- Undervisningsministeriet (2018). Vejledning til folkeskolens prøver i fagene fysik/kemi, biologi og geografi – 9. klasse.
- Østergaard, L.D., Sillasen, M., Hagelskjær, J. & Bavnhøj, H. (2010). Inquiry-based science education – har naturfagsundervisningen i Danmark brug for det? *MONA –Matematik- og Naturfagsdidaktik* (4).

## English abstract

*The newly introduced curricular goals in the Danish primary schools put greater emphasis on students making their own investigations. Part of doing an investigation is to conduct observations. Here we clarify what observations are and how to conduct teaching that makes it possible for students to move from everyday observations towards scientific observations. Our study focuses on the teaching of chemistry for students in year 9. Specifically, we track students' abilities in conducting observations during three inquiry-based units. The results show how students become able to move towards more scientifically oriented observations in chemistry, when they participate in such focused units.*

# Hvad ved vi om indsatser inden for engineering i den danske grundskole gennem de sidste 10 år?



Jan Sølberg, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet



Nina Waaddegaard, Københavns Professionshøjskole

**Abstract:** Denne artikel præsenterer de væsentligste resultater af en omfattende kortlægning af engineering (og lignende) indsatser i den danske grundskole gennem de sidste ti år. I artiklen anlægges et bredt perspektiv på hvordan engineering kan forstås i en dansk sammenhæng. I alt 582 indsatser indgik i undersøgelsen, og 32 af disse blev analyseret grundigt for gennemgående tematikker. Artiklen fokuserer på udvalgte resultater fra kortlægningen som er opdelt i afsnit der beskriver hvordan engineering berører henholdsvis elever og lærere. Artiklen indeholder desuden konkrete anbefalinger til naturfagslærere og projektmagere der beskæftiger sig med engineering.

## Indledning

I denne artikel præsenteres de centrale pointer fra en kortlægning af engineering-indsatser (og relaterede indsatser) i folkeskolen de seneste 10 år. Kortlægningen af engineering-indsatserne blev lavet i forbindelse med projekt Engineering i Skolen (herefter EiS – se tekstboks). Formålet med kortlægningen var at bidrage til et informeret grundlag for at gennemføre et 10-årigt program om engineering i Danmarks grundskole. I denne artikel uddrages pointer fra kortlægningen som kan være med til at informere lærere, projektmagere og andre som ønsker at beskæftige sig med engineering i grundskolen.

## Engineering i skolen

“Engineering i skolen” er et langsigtet og målrettet program med en 10 årig horisont, der har til formål at:

“bringe engineering ind i naturfagsundervisningen i grundskolen og bidrage til, at flere børn og unge opnår teknologisk og naturvidenskabelig indsigt som en del af deres almindelse og ad den vej få større interesse for naturvidenskab og teknologi” (Engineer the Future, 2018).

Det er et samarbejde mellem Engineer the Future, Naturvidenskabernes Hus, VIA University College og ASTRA, og de første 3,5 år af programmet er finansieret af A.P. Møller Fonden, Industriens Fond, Villum Fonden og Lundbeck Fonden. Som en del af det indledende arbejde for EiS har Naturfagernes Evaluerings- og Udviklingscenter (NEUC) kortlagt indsatser inden for “engineering” i folkeskolen gennem de seneste 10 år.

### *Engineering og integreret STEM*

I projekt EiS valgte man i udgangspunktet at bruge en forståelse af engineering fra det veletablerede amerikanske program *Engineering is Elementary* under Museum of Science i Boston (Engineering is Elementary, 2018, se Sillasen et al., 2017). Programmet engagerer børn og unge fra daginstitutioner til 8. klasse i at arbejde udforskende med STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics). Fællesbetegnelsen for mange af deres aktiviteter er engineering som meget forsimplet kan beskrives som processen hen mod at finde løsninger på praktiske problemer (Cunningham & Carlsen, 2014, s. 748). Denne forståelse af engineering er blevet tilpasset til danske forhold og videreudviklet frem mod den nuværende EiS engineering-didaktik der definerer engineering som “systematisk og vidensbaseret problemløsning” (Auener et al., 2018, s. 8). Den problemløsningsorienterede forståelse afspejler dog kun én måde at opfatte engineering på (Kolmos & Grundwald, 2017). Der findes mange andre måder at definere begrebet i praksis (Dym et al., 2005), og spørgsmålet om hvordan man bedst indfører engineering i skolen, er fortsat til diskussion (Moore & Smith, 2014, s. 2).

Den nu etablerede forståelse af engineering som anvendes i EiS, kunne vi ikke bruge i vores arbejde med kortlægningen af engineering-indsatser i Danmark. Først og fremmest var EiS-didaktikken ikke færdigudviklet da kortlægning skulle gennemføres. For det andet viste det sig at der var meget få eksempler på indsatser i Danmark som eksplicit erklærede at de søgte at fremme engineering. Dette skyldes at der hidtil ikke har været nogen nævneværdig tradition for at arbejde eksplicit med engineering



i grundskolen i Danmark, hverken som selvstændigt fag eller som en integreret del af naturfagene. Der findes heller ikke nogen referencer til engineering i Fælles Mål eller andre formelle dokumenter om naturfagsundervisningen i Danmark. Alligevel er engineering på kort tid blevet en markant del af den danske naturfagsdagsorden som en del af den internationale bevægelse for at fremme STEM. Derfor valgte vi i kortlægningen at anskue engineering ud fra en mere overordnet STEM-ramme hvilken vi vil beskrive nærmere.

STEM anses som helt centralt inden for mange forskellige områder i samfundet, hvorfor mange beslutningstagere anerkender vigtigheden af at give elever en stærk STEM-uddannelse. Eksempelvis fremhæves økonomisk vækst og national sikkerhed som noget der er tæt koblet med at vi sikrer tilførslen af veluddannede STEM-professionelle til jobmarkedet (Moore & Smith, 2014). Meget tyder på at mange nuværende og fremtidige jobs vil kræve STEM-kompetencer. Det gælder også job som ikke umiddelbart er STEM-relaterede (English et al., 2017). Dertil kommer dannelsesaspektet som bør anses for at være mindst lige så vigtigt som rekrutteringen til fremtidige jobs. Her kan STEM potentielt være med til at sætte naturfagene i spil i forhold til verden omkring eleverne og udvikle deres evne til at tænke og handle ud fra vores voksende viden om verden.

Der findes dog mange forskellige definitioner af hvad STEM-undervisning er. Disse definitioner spænder fra at referere til undervisning i de fire elementer i STEM uafhængigt af hinanden til at anse STEM som en integreret tilgang til bl.a. naturfagsundervisningen. Vores fokus er på integreret STEM-undervisning som lægger op til tværfaglighed og giver eleverne mulighed for at anvende viden fra alle STEM-områderne til at løse relevante og autentiske problemstillinger (Moore & Smith, 2014). Dette indebærer at eleverne udvikler det som populært kaldes for "21. årh. kompetencer" hvilket består af både kognitive, interpersonelle og personelle kompetencer såsom kritisk tænkning, innovation, kommunikation, samarbejde og ansvarlighed (National Research Council, 2014, s. 35). For at fremme disse kompetencer bliver det centralt at erstatte lærer-centrerede undervisningsformer med undersøgelses- og designbaserede tilgange hvor elevernes selvstændige arbejde sættes i centrum (ibid.).

### *STEM i Danmark*

I Danmark har eksperter inden for det naturfagsdidaktiske felt de sidste 15 år anbefalet at den faglige progression i naturfagene skal sikres via større synergi mellem fagene, tydelige målbeskrivelser og flerfagligt samarbejde (Andersen et al., 2003; Andersen et al., 2006; Arbejdsgruppen, 2008; Norrild et al., 2010; Bohm et al., 2017). Disse rapporter kan siges at have bidraget til en dansk STEM-dagsorden. I 2018 manifesterede den danske STEM-dagsorden sig bl.a. ved at vi fik Teknologipagten hvis formål er at få flere til at interessere sig for STEM med henblik på at flere uddanner sig inden for

og anvender STEM i deres arbejde (Teknologipagten, 2018). Men allerede med indførelsen af Forenklede Fælles Mål i 2014 kom visionen om en mere sammenhængende naturfagsundervisning et væsentligt skridt nærmere da naturfagene fra 1. til 9. klasse overordnet set skulle bidrage til elevernes udvikling på fire fælles kompetenceområder: undersøgelse, modellering, perspektivering og kommunikation. Samtidig blev det indført at eleverne i overbygningen skulle igennem mindst seks fællesfaglige forløb, og i 2016 indførte regeringen en fælles faglig naturfagsprøve. Ud over den specifikke udvikling på naturfagsområdet blev der med Forenklede Fælles Mål i 2014 sat fokus på at eleverne ikke bare har brug for naturfaglig viden, færdigheder og kompetencer. De har også brug for at udvikle såkaldte generiske kompetencer der kan siges at være relevante på tværs af faglige kontekster. Dette kunne ses ved indførelsen af tværfaglige tematikker om bl.a. Innovation og entreprenørskab og It og medier som overlapper med udviklingen af 21. årh. kompetencer. Desuden blev teknologiforståelse fra sommeren 2018 oprettet som forsøgs-valgfag i folkeskolen med det formål at eleverne udvikler kompetencer til at “de konstruktivt og kritisk kan deltage i udvikling af digitale artefakter og forstå deres betydning” (Undervisningsministeriet, 2018, s. 3). Således er der tegn på en underliggende integreret STEM-dagsorden i Danmark selvom det ikke nødvendigvis er et entydigt eller eksplicit mål<sup>1</sup>.

På baggrund af ovenstående valgte vi at kontekstualisere begrebet engineering ud fra en integreret STEM-forståelse. Dermed forstår vi ikke engineering som et selvstændigt element i grundskolen, men som en del af en bredere STEM-dagsorden som man rimeligvis kan sige ikke er en ny og afkoblet dagsorden i den danske naturfagsundervisning. Derfor ønskede vi at sikre at kortlægningen inkluderede indsatser som lænede sig op ad en integreret STEM-tilgang og derved potentielt kunne bidrage med vigtige erfaringer omkring engineering.

For at operationalisere dette til kortlægningen anvendte vi som udgangspunkt to tidligere ministerielle kortlægninger hvor tilegnelse af STEM-kompetencer blev beskrevet som noget der kan opnås gennem undervisning “med fokus på en anvendelsesorienteret og/eller undersøgende tilgang til naturvidenskabelig undervisning, tværfaglig naturfagsundervisning samt it og teknologis inddragelse som fagområde (selvstændigt eller integreret i øvrige fag)” (Sølberg, 2017, s. 5). Dertil blev praktisk arbejde, anvendelse af STEM-viden på virkelighedsnære problemstillinger, fagintegration, inddragelse af uformelle læringsmiljøer, engineering og design samt innovationsfremmende undervisning også fremhævet som relevant for STEM-undervisning

---

1 Det sidste element i STEM, M'et, har allerede en central plads i grundskolen og spiller en uafklaret rolle i relation til STEM på dette tidspunkt. Vi har derfor valgt kun at fokusere på matematik i kortlægningen i den udstrækning at det optræder som en integreret del af en bredere naturfaglig eller engineering kontekst (jf. Cunningham & Carlsen, 2014, s. 750).

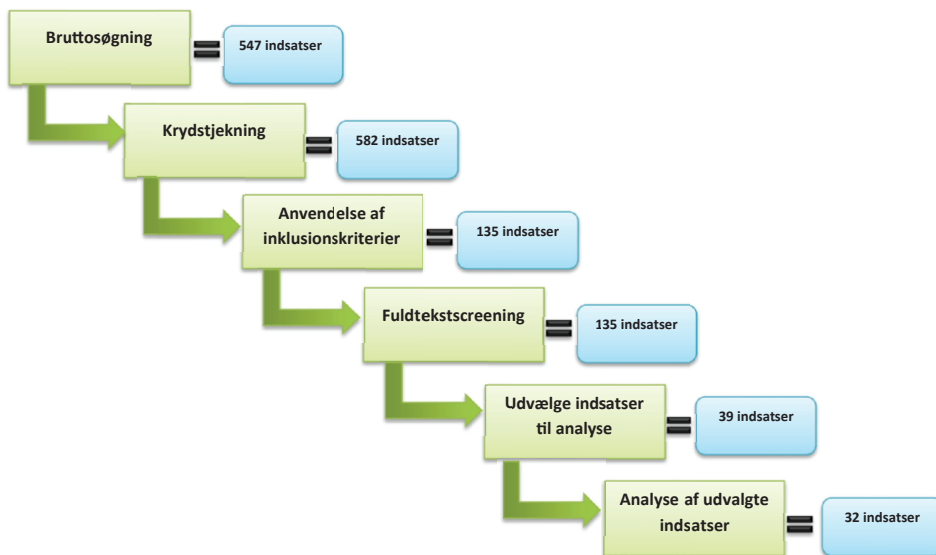
(Nielsen, 2017, s. 6-7). Vores arbejdsbeskrivelse af engineering endte således med at være en bred betegnelse, defineret på følgende måde:

“indsatser, der inddrager problembaseret-, designbaseret og anvendelsesbaseret undervisning, undersøgende tilgange, tværfaglig naturfagsundervisning, it og teknologisk inddragelse som fagområde (selvstændigt eller integreret i øvrige fag), innovation, og inddragelse af eksterne læringsmiljøer i grundskolen” (Waaddegaard & Sølberg, 2017, s. 1).

Denne brede arbejdsdefinition af “engineering” gjorde det muligt for os at udvide vores første søgningsfelt i kortlægningen. I det følgende bruger vi anførselstegn når vi refererer til denne arbejdsdefinition. Vi bruger engineering uden anførselstegn når vi omtaler indsatser som eksplicit handler om engineering. Betegnelsen “engineering” er således ikke forment af en skarp teoretisk funderet forståelse, men som en funktionel fællesbetegnelse for integrerede STEM-indsatser der i praksis overlapper med mere eksplicite forståelser af engineering.

### Fremgangsmåde

Detaljerne i fremgangsmåden er redegjort for i en separat rapport (Waaddegaard & Sølberg, 2017). Her følger en kort gennemgang af proceduren beskrevet i rapporten som er opsummeret i figur 1.



**Figur 1.** Oversigt over fremgangsmåden (Waaddegaard & Sølberg, 2017). Med indsatser mente vi projekter, events/konkurrencer og undervisningsforløb der varede minimum 1 år, og som var påbegyndt i perioden 2006-2017.

I første søgning fandt vi frem til 582 indsatser. For at afgrænse de fundne indsatser til en mere håndterbar mængde skærpede vi inklusionskriterierne ved at begrænse indsatserne til dem som havde en varighed på mindst 3 år, for at øge sandsynligheden for at finde indsatser der havde haft tid til at generere tydelige effekter. Samtidig fokuserede vi kun på indsatser hvor der var tilgængelige evalueringer eller forskning der dokumenterede resultaterne af indsatsen. Ud fra disse skærpede kriterier blev listen reduceret til 135 indsatser.

Næste skridt i kortlægningsprocessen bestod af en tekstanalyse af alle dokumenterne vi havde fundet relateret til de 135 indsatser. Hver indsats blev dernæst analyseret ud fra om de havde følgende fire udvalgte karakteristika som var blevet identificeret i samråd med EiS-parterne som særligt relevante:

- Indsatsen havde et fokus på proces (fx problemløsning, iterationer, idegenerering).
- Indsatsen lagde op til at eleverne arbejdede hen imod et konkret produkt (fx praktiske løsninger, prototyper).
- Indsatsen fremmede generiske kompetencer (fx samarbejde, kreativitet).
- Indsatsen byggede på et STEM-vidensgrundlag.

Af de 135 indsatser levede 32 op til alle fire karakteristika og blev udtaget til den endelige analyse hvor de blev genbeskrevet ud fra en fast skabelon<sup>2</sup>. Samlet set udgjorde disse genbeskrivelser 162 sider som efterfølgende blev udsat for en tematisk analyse. Analysen førte frem til ti tematikker som kunne genfindes i mindst to af de 32 indsatser:

1. Ændring af lærerens rolle
2. Fagligheden udfordres
3. Elevkompetencer i mange former
4. Elevmotivation og læringsstrategier
5. Nødvendigt med stilladsering
6. Lærerne og teknologi
7. Årligt tilbagevendende begivenheder giver en solid ramme for udvikling
8. Konkrete evalueringsstrategier
9. Eksterne aktører
10. Forankring

---

2 Det skal retfærdigvis siges at vi i denne del af processen fandt indsatser som ikke levede op til vores tidligere krav om 3 års varighed, men som vi valgte at medtage alligevel da de blev vurderet til at rumme særligt relevant viden ift. kortlægningsens formål.

Følgende tekst er en sammenhængende beskrivelse af de væsentligste resultater som kan være til gavn for lærere og projektmagere der ønsker at arbejde med engineering eller lignende indsatser. Teksten her bygger primært på de første 6 tematikker, og vi henviser læserne til rapporten (Sølberg & Waaddegaard, 2018) for nærmere detaljer.

## Vigtige pointer fra kortlægningen

Vi inddeler de væsentligste pointer fra kortlægningen i to sektioner i det følgende: *elevperspektiver* hvor vi gennemgår hvad kortlægningen siger om elevernes læring, affektive udbytte samt muligheder og behov for undervisningsdifferentiering, og *lærerperspektiver* der sammenfatter hvordan lærernes rolle udfordres, hvad der sker med faglighedsforståelsen, og overordnede betragtninger om organiseringen af “engineering” i undervisningen. Til sidst sammenfatter vi fundene i en række konkrete anbefalinger. Teksten er i vid udstrækning taget fra rapporten over kortlægningen (Sølberg & Waaddegaard, 2018), men omstruktureret og målrettet MONAs læsere.

Vi henviser undervejs til forskellige indsatser (angivet med *kursiv*) som analysere-sultaterne er baseret på. Hvis læseren er interesseret i at læse mere dybdegående om den enkelte indsats, har vi oprettet hjemmesiden [www.neuc.dk/eis](http://www.neuc.dk/eis). Hjemmesiden giver adgang til genbeskrivelserne af alle 32 indsatser som resultaterne fra analysen er baseret på. Dette gør vi for at give læseren mulighed for hurtigt at kunne finde relevant inspiration i de eksisterende indsatser.

## Elevperspektiver

### *Eleverne kan opnå mange forskellige udbytter*

En af de mest slående og væsentlige opdagelser i kortlægningen var at indsatser som faldt ind under “engineering” i denne sammenhæng, var mange og forskelligartede. Det var derfor ikke overraskende at elevernes potentielle læringsudbytte beskrevet i indsatserne pegede i mange retninger såsom:

“selvstændighed, ansvar, evaluering af eget arbejde, arbejdsproces og resultat, kritisk tænkning, kommunikation, samarbejde, problemløsning, teknologisk mestring, opsøge viden, tænke innovativt, arbejde tværfagligt, iværksætte, kreativitet, initiativ, risikovillighed, faglig viden, eksperimenterende, legende, processuel viden, social viden, holistisk tilgang til naturvidenskab, scientific literacy, modellere, produktudvikle, anvendelsesorientering, design, iværksætteri, digital dannelse, kommunikative kompetencer, planlægge, eksperimenterere, naturvidenskabelige arbejdsmetoder, robusthed, selvtillid, forklaring, refleksion, teknologiforståelse, kendskab til uddannelser, robotteknologi, programmering, etik, modellering, teknologisk mestring, digital fabrikation, design dannelse, handlings-

parathed, argumentation og 21. århundredes kompetencer” (Sølberg & Waadegaard, 2018, s.13).

Denne liste, som ikke var udtømmende, viste tydeligt at “engineering” potentielt kunne føre til mange forskellige udbytter. Bemærk at det ikke var alle disse udbytter som man kunne genfinde i undersøgelser af elevernes læring, men listen viser nogle af de italesatte dagsordener i de udvalgte indsatser. Både lærere og elever var ofte i tvivl om hvad der var de væsentligste mål for de forskellige indsatser. Fx sagde 39 % af eleverne i projektet *Billund Builds* at projektet havde “noget at gøre med musik”, på trods af at indsatsens udtrykte formål var at udvikle elevernes kompetencer inden for engineering.

Nogle af målene på ovenstående liste er genkendelige faglige mål inden for naturfagene, mens andre kan siges at være mere generiske. Med generisk menes mål der er relevante på tværs af forskellige fag. Dette gælder fx selvstændighed, samarbejdsevne, at kunne tage initiativ, risikovillighed. Disse generiske mål var sjældent eksplicite mål for den enkelte indsats, men viste sig ofte at være væsentlige forudsætninger for gennemførelsen af de mere åbne og elevstyrede undervisningsforløb som indsatserne ofte lagde op til. De generiske mål var således ofte implicite, mens der gerne var en eksplicit målsætning om at fremme elevernes naturfaglige kompetence. Lærerne havde ofte svært ved at forene de faglige kompetencer med de mere generiske mål – især i starten af indsatserne. Fx var lærere i *ISI2015* bekymrede for at arbejdet med innovation i naturfagene gik ud over elevernes begrebslige forståelse, indtil de fandt måder at engagere eleverne i naturfagene *gennem* arbejdet med innovation.

Evaluerings af elevernes udbytte var en gennemgående udfordring, men i nogle indsatser blev der anvendt innovative evalueringsmetoder til at indfange elevernes udbytte. Fx involverede man lærerne i at udvikle rubrics som passede ind i dansk kontekst og i overensstemmelse med Fælles Mål i en bestemt indsats (se *Teachers Try Science*). I et andet tilfælde inviterede man eleverne med til at designe et redskab til at måle elevernes egen læringsproces (se *Elevernes egenproduktion*). Hermed fik eleverne medbestemmelse i forhold til hvad målet for aktiviteterne skulle være. Fælles for disse (og andre) redskaber var at de var med til at give lærerne begreber til at fokusere indsatsen. Flere lærere oplevede dog at elevernes læringsudbytte ofte var mere omfattende end det som redskaberne kunne evaluere.

### *Eleverne kan opnå et affektivt udbytte*

Mange af de udvalgte indsatser havde eksplicit til formål at øge elevernes motivation, engagement, interesse, trivsel og lignende affektive udbytter. Desværre var de færreste indsatser præcise i hvad de mente med disse begreber. Vi differentierede derfor heller ikke mellem disse affektive udbytter i analysen vel vidende at dette var en væsentlig

simplificering af begreberne. Pointen for os var at skitsere hvad kortlægningen overordnet kunne sige om elevernes affektive udbytte af “engineering”.

Samlet set pegede kortlægningen på at “engineering” havde en positiv affektiv effekt på eleverne (se fx EU-projekterne *Engineer og Fibonacci*). Det affektive udbytte var gerne koblet til i hvilket omfang eleverne oplevede medindflydelse, ejerskab og/eller autentiske problemstillinger. Autenticiteten kunne komme fra elevernes følelse af personlig relevans eller fra at problemstillingen som eleverne arbejdede med, havde betydning for andre mennesker eller virksomheder.

Et andet gennemgående træk var at eleverne fandt elementer som leg, spil og konkurrence motiverende. Desuden virkede ældre rollemodeller (op til universitetsstuderende) og muligheden for at få indsigt i spændende jobmuligheder positivt på eleverne (se fx *Læring i virkeligheden*).

Omvendt virkede for mange interventioner fra lærerne negativt på elevernes affektive udbytte – især når lærerne var fejlrettende eller for instruerende. En anden faktor som virkede negativt på eleverne, var når koblingen mellem de faglige begreber og det praktiske arbejde blev for abstrakt (se *Billund Builds*), eller hvis indsatsen kom til at handle om særlige emner der mest appellerede til en mindre gruppe af elever såsom nogle indsætter omkring robotter eller programmering (se fx *Robotter*).

Den gennemgående tendens var dog at eleverne (som nævnt ovenfor) havde meget forskellige tilgange og forudsætninger hvilket også påvirkede deres affektive udbytte. I den udstrækning at lærerne var i stand til at imødekomme elevernes forskelligheder, var det medvirkende til at motivere eleverne (se fx *Coding Class*). Men samtidig var det vigtigt at rammerne for undervisningen var tilstrækkelig klare til at eleverne ikke blev forvirret over hvad de skulle gøre (se fx *AR-Sci og FabLab@School.dk*).

Kortlægningen viste at mange af de udvalgte indsætter havde et klart ønske om at øge antallet af elever som søgte mod tekniske og/eller naturvidenskabelige uddannelser (se fx *Engineer the Future, Engineer og Jet-net*). Flere af indsætterne brugte elementer som virksomhedssamarbejde til at demonstrere over for eleverne hvordan naturvidenskab anvendes i virkeligheden, og hvilke jobmuligheder der fandtes inden for de tekniske og naturvidenskabelige uddannelser. Men selvom mange af indsætterne havde rekruttering som eksplicit formål, så var der ikke nogen af de udvalgte indsætter som reelt undersøgte om indsatsen havde en effekt på elevernes studie- eller jobvalg.

### ***Forskellige grupper reagerer forskelligt***

Der var mange eksempler på at forskellige elever reagerede forskelligt på “engineering”-forløb. Fx var køn en faktor i *First Lego League*, og talent spillede en rolle i *Unge Forskere*. Men det var vanskeligt at konkludere entydigt ud fra kortlægningen om hvorvidt bestemte grupper af elever havde mere eller mindre gavn af “engineering”-indsætterne.



I nogle indsatser var det især de mest motiverede og/eller fagligt dygtige elever som fik størst udbytte af indsatserne. Imidlertid var der også en tendens til at disse elever var de mest konservative i deres løsningsforslag. Dermed var de dygtige elever også tilbøjelige til at fravælge mere eksperimenterende strategier og orienterede sig mere mod opgaveløsning end reel problemløsning (se *Learning Tech Lab*). En anden tendens var at de fleste elever var tilbøjelige til at holde sig til delopgaver som de var trygge ved. Det betød at eleverne ikke nødvendigvis blev bedre til at indgå i de forskellige dele af den samlede proces eller blev udfordret nok. Nogle indsatser indikerede at "engineering" gav anledning til at elever som typisk ikke var så aktive i undervisningen, følte sig inkluderet i undervisningen (se fx *ISI2015*). I andre tilfælde blev det rapporteret at den åbne arbejdsform generelt var en udfordring for eleverne. Overordnet set var der ikke mange entydige resultater omkring forskellige elevers respons på "engineering" ud over at de forskellige indsatser fremhævede elevernes forskellige tilgange og forudsætninger.

## Lærerperspektiver

### *Lærerens rolle ændrer sig*

Kortlægningen viste at "engineering"-indsatser ofte blev organiseret i projekt- og problembaserede forløb. Denne måde at organisere undervisningen på var en udfordring for nogle af lærerne. En del af udfordringen var at lærerne ofte måtte træde ind i en rolle som vejledere og facilitatorer i undervisningssituationen for at give eleverne mere frihed til at arbejde selvstændigt med problemstillingerne. Dette stillede nye krav til undervisningens struktur, indhold og organisering. Det var ikke alle lærere der var komfortable i vejlederrollen idet det krævede at de turde afgive en del af kontrollen med undervisningen. Oplevelsen af at afgive en del af kontrollen var for nogle lærere uvant og angstprovokerende. Kortlægningen pegede dog på at det blev lettere for lærerne med tiden efterhånden som de opnåede større grad af fortrolighed med vejlederrollen. Det kom bl.a. til udtryk i indsatsen *Learning tech lab* hvor lærernes opfattelse af hvad elever kan håndtere i en designproces, ændrede sig markant i løbet af de første år. I starten havde lærerne planlagt meget lærerstyrede aktiviteter, men efterhånden som de blev mere erfarne, fik aktiviteterne mere karakter af åbne eksperimenter. I takt med dette blev lærerne mere åbne over for at inddrage eleverne i at definere processerne, teknologierne og designmålene i partnerskab med lærerne.

Generelt kom den større fortrolighed med vejlederrollen til udtryk ved at lærerne blev bedre til at facilitere forløbene for eleverne. I en indsats blev vejlederrollen bl.a. beskrevet som: "Den nysgerrige og vejledende voksne som går 'ved siden' af eleven." I andre indsatser blev den vejledende eller faciliterende rolle opsummerende beskrevet som at læreren skulle:

“...turde at give slip, være åben for at eksperimentere, mestre en mere udforskende dialog, kunne forholde sig undrende og undersøgende til barnets aktiviteter og acceptere afgivelse af kontrol og autoritet over klasserummet, at aflære sig ‘micro-management’ strategier og i stedet for at påtage sig en mere guidende rolle i deres tilgang” (Sølberg & Waadegaard, 2018, s. 8).

Der var en tendens blandt indsatserne til at tilbagevendende begivenheder og gentagne forløb henover et par år kunne føre til en mere integreret praksis hvor lærerne løbende arbejdede med “engineering” (se fx *Learning Tech Lab*). Der var dog samtidig en risiko for at årligt tilbagevendende begivenheder blev isoleret til en begrænset periode i løbet af året og dermed ikke satte sig nævneværdige spor i den daglige praksis.

Det fremgik af kortlægningen at erfaringsopbygning over tid var vigtig da det gav lærerne mulighed for at erkende hvordan de bedst kunne fremme elevernes læring gennem “engineering”. Et eksempel var *Elevers egenproduktion* hvor lærerne til at starte med var meget fokuseret på at forholde sig til elevernes slutprodukter. Med tiden oplevede de at formativ feedback i relation til både elevernes proces og produkt blev mere og mere vigtigt for elevernes læringsudbytte. Erfaring over tid var således med til at rykke ved lærernes forståelse af hvad der var vigtigt i “engineering”-undervisning, og denne erfaring var samtidig med til at påvirke deres selvforståelse af hvad det vil sige at være en god lærer. Resultaterne var ikke entydige, men der var eksempler på at det kunne tage mere end to-tre år at opnå den fornødne erfaring som var med til at forankre “engineering” i praksis på skolerne (se fx *ISI2015*).

### *Lærernes forståelse af faglighed*

Udover at “engineering”-indsatserne kunne udfordre lærernes rolle, så udfordrede indsatserne også lærernes forståelse af faglighed i nogle tilfælde. Lærerne havde ofte svært ved at gennemskue hvad det faglige formål med “engineering” var, og det krævede gerne en del gennemprøvnings før de oplevede at “engineering” kunne bidrage til elevernes naturfaglige læring. Dette skyldtes tilsyneladende at lærerne var vant til at arbejde produktorienteret med fokus på opgaveløsning hvilket stod i kontrast til “engineering”-forløbene som typisk var mere procesorienteret og problembaseret. Således var nogle lærere i starten bekymrede for om den faglige kvalitet i elevernes produkter var god nok. Lærerne oplevede det som en udfordring at skabe sammenhæng mellem klassiske faglige mål og elevernes udvikling af mere generiske kompetencer. I indsatsen *It i den innovative skole* kom dette til udtryk ved at der i evalueringen stod at undervisningen rummede en række barrierer der gjorde det svært at bevare både det faglige fokus og fokus på stilladsering af elevernes proces. Samtidig var der en tendens til at lærernes opfattelse af faglighed udviklede sig over tid til også at inkludere generiske kompetencer. Det gjaldt fx i *Naturfagsmaraton* hvor

det at eleverne skulle lære af deres fejltagelser (en generisk egenskab), blev opfattet som en del af den naturfaglige arbejds- og læreproces.

### *Engineering kræver stilladsering*

Det fremgik af flere indsatser at det var nødvendigt med en høj grad af stilladsering i "engineering"-undervisning. Stilladsering blev beskrevet som en pædagogisk nødvendighed hvis man ville fremme elevernes muligheder for at arbejde selvstændigt og samtidig undgå at elevernes udbytte blev for tilfældigt. Der var flere forskellige bud på hvordan man kunne stilladsere elevernes læreprocesser. I indsatsen *Fablab@school.dk* fandt man fx ud af at eleverne gennem "engineering"-forløb tilegnede sig et sprog der var brugbart til at stilladsere deres evne til at samarbejde i de forskellige fabrikations- og designprocesser. I *Learning Tech Lab* stilladserede man elevernes læring gennem en udforskende dialog mellem læreren og eleverne. Eleverne blev aktivt inddraget i at formulere tydelige læringsmål i "engineering"-forløbene hvilket medvirkede til at de opnåede målene gennem løbende formative evalueringer. Denne tilgang var i god tråd med indsatsen *AR-SCi* hvor lærernes åbne spørgsmål og løbende vejledning af eleverne var med til at stilladsere eleverne til at gå mere i dybden med deres undersøgelser og dermed bedre forstå de forskellige processer.

Selvom der generelt var bred tilslutning i indsatserne til at det var vigtigt at stilladsere elevernes læreprocesser i "engineering"-forløbene, pegede man i evalueringen af *Inklusion og undervisningsdifferentiering* på at stilladseringen kunne medføre overdrevet fokus på proces og rammesætning på bekostning af undervisningens indhold.

### *Teknologi kan være en udfordring*

En sidste komplikation ved "engineering"-undervisning var at mange af indsatserne indeholdt en eller anden grad af inddragelse af (moderne) teknologi. Dette var ofte med til at øge kompleksiteten for lærerne da der kunne være forskellige opfattelser af hvad teknologi var, hvordan det skulle bruges, og med hvilket formål i undervisningen (se fx *Learning Tech lab* og *Robotter i Folkeskolen*).

I nogle indsatser var det uklart for lærerne om inddragelse af teknologi handlede om at bruge teknologisk værktøj til at understøtte undervisningen og læringen, eller om det handlede om at eleverne skulle skabe deres egen innovative teknologi. Derudover havde mange lærere ikke altid de nødvendige kompetencer til at inddrage de nye former for teknologier i undervisningen. Det forholdt sig ofte sådan at eleverne havde større teknisk kunnen end lærerne når det kom til fx at håndtere digitale værktøjer. Lærere måtte ofte bruge (for dem) overraskende megen tid på at sætte sig ind i de forskellige teknologier som de skulle implementere i deres undervisning, hvilket tog tid fra den intenderede indsats og frustrerede lærerne.

## Overordnede betragtninger

På baggrund af ovenstående vil vi kort uddrage råd til projektmagere og lærere som ønsker at arbejde med "engineering".

### **Sørg for at fastslå hvad eleverne skal blive i stand til gennem "engineering".**

Elevernes udbytte af "engineering" var meget forskelligt. Men i mange af indsatserne var det vanskeligt for de involverede (både projektmagere og lærere) at målsætte elevernes læring på en operationel måde. Kortlægningen viste at elever potentielt kan få et stort læringsudbytte af at arbejde med "engineering" i skolen, men at det kan være en udfordring for både lærere og elever hvis ikke der er klare mål at navigere efter. Dette peger på et behov for at italesætte hvilke kompetencer der er særlig relevante at fokusere på i et "engineering"-forløb.

**Benyt undervisningsdifferentiering og stilladsering.** Undervisningen bør tilrettelægges så eleverne ikke kun bidrager til de dele af et forløb som de i forvejen er trykke ved. I flere indsatser erfarede man at eleverne var tilbøjelige til gang på gang at vælge at lave det som de var bedst til, hvorved de ikke blev udfordret i undervisningen. Samtidig var lærernes evne til at imødekomme elevernes forskellighed med til at motivere eleverne. Dette peger på at det er nødvendigt at finde en balance mellem at udfordre eleverne og samtidig imødekomme elevernes egne behov og ønsker. Således kan en grundig stilladsering af forløbet være nødvendig for at sikre at eleverne (og for den sags skyld også lærerne) ikke bliver for frustrerede undervejs.

**Benyt evaluering systematisk.** Lærerne oplevede i flere tilfælde at deres opfattelse af faglighed blev udfordret. Især elevernes generiske kompetencer kan være vanskelige at fastholde uden relevante evalueringsredskaber. Nogle af indsatserne benyttede evalueringsredskaber systematisk, men gennemgående var det især lærernes dialog med eleverne som blev fremhævet som kilde til evaluering. Brug af gennemgående evalueringsredskaber kan være med til at skabe klarhed om hvad eleverne skal kunne, og lærere kan med fordel inddrage eleverne i at definere målkriterierne som evalueringen skal handle om.

**Giv tid til forankring af den nye undervisning.** Mange lærere oplevede at det var vanskeligt at forholde sig til ændringer i lærerrollen i starten af "engineering"-indsatser. Desuden var mange lærere ofte bekymrede for om eleverne opnåede tilstrækkeligt fagligt udbytte. Kortlægningen viste at det kræver adskillige gentagelser før lærere og elever bliver fortrolige med "engineering". De første forsøg var ofte behæftet med en del frustrationer for både lærere og elever, men erfaringerne pegede på at det bliver meningsfuldt for begge med tiden. Benyt evt. tilbagevendende begivenheder til at

fastholde fokus på “engineering” over længere tid, men sørg for at begivenhederne ikke bliver for isolerede fra den øvrige undervisning.

**Skab sammenhæng mellem “engineering”-tiltag.** Et af de væsentligste budskaber med kortlægningen har været at der allerede findes mange måder at arbejde med “engineering” på – også selvom det ikke altid eksplicit kaldes engineering. Et vigtigt skridt på vejen mod at eleverne udvikler kompetencer inden for “engineering”, er at skabe bedre sammenhæng mellem de mange forskellige måder at arbejde med “engineering” på. Klart formulerede kompetencemål og italesættelse af elevernes udbytte på tværs af forskellige forløb er vigtige for at både lærere og elever kan erkende denne sammenhæng.

## Afrunding

Denne artikel har taget udgangspunkt i en forståelse af engineering som en integreret del af en større STEM-agenda. Kortlægningen er dermed ikke skarpt afgrænset til indsatser som handler om engineering i snæver forstand. Begrundelsen for dette har været pragmatisk da der ikke har været en lang tradition for at arbejde eksplicit med engineering i Danmark hvilket begrænsede vores muligheder for at opsamle erfaringerne omkring engineering alene. Engineering indgår heller ikke eksplicit i de formelle danske målbeskrivelser.

Den særlige styrke ved at arbejde med engineering synes at ligge i at engineering er en konkret måde at opnå både naturfaglige og mere generiske målsætninger. Flere undersøgelser peger på at engineering kan være med til at kontekstualisere naturfaglige og matematiske begreber og samtidig fremme kompetencer som problemløsning, kommunikation og samarbejde (English et al., 2017; Roehrig et al., 2012; Lachapelle & Cunningham, 2014). Desuden peger litteraturen på at en engineering- og teknologitilgang i undervisningen kan fremme elevernes interesse for STEM generelt og påvirke deres fremtidige uddannelsesvalg (McDonald, 2016; Cunningham & Carlsen, 2014). Engineering kan således ses som en “katalysator for integreret STEM-uddannelse” (Stohlmann et al., 2012, s. 33, vores oversættelse) hvilket også er den måde vi har forholdt os til engineering her.

For at undgå at engineering bliver et afkoblet element i naturfagsundervisningen, er det vigtigt at tænke engineering som en del af en integreret tilgang til STEM. Vores brede tilgang til engineering havde dermed også et mere didaktisk sigte idet vi ønskede at formidle hvordan målsætningerne i engineering overlapper væsentligt med mange andre dagsordner som naturfagslærere forventes at forholde sig til. Vores fund peger således på nogle bredere pointer som ikke kun vedrører engineering, men passer på

megen anden undervisning. Det har været et bevidst valg for at sætte fokus på at når eleverne arbejder med engineering, innovation eller undersøgelsesbaseret undervisning, så kan de potentielt opnå nogle af de samme mål. Hvis man kan koble forløbene ved at fokusere på hvad eleverne forventes at få ud af forløbene, vil der være en langt større chance for at både lærere og elever oplever forløbene som mere meningsfulde.

Selvom vi ikke kun kiggede efter engineering i smal forstand i kortlægningen, er det bemærkelsesværdigt at vi fandt 582 indsatser i bruttosøgningen. Dette svarer til mere end én ny indsats om ugen over 10 år i Danmark alene! Ikke alle indsatserne er lige relevante at bygge videre på, og kun ca. 25 % af disse havde en varighed på mindst 3 år og var dokumenteret på en måde som vi kunne bruge i denne sammenhæng. Men det efterlod os stadig med rigtig mange indsatser som man kan lære af. Derfor valgte vi at dele vores "mellemregninger" i form af beskrivelserne af de 32 indsatser som udgjorde grundlaget for analysen præsenteret her (se [www.neuc.dk/eis](http://www.neuc.dk/eis)). Det skulle gerne give læsere med særlig interesse i bestemte dele af undersøgelsen adgang til at bygge videre på de mange erfaringer som allerede findes i Danmark.

Vi håber at kortlægningen har givet indsigt i og inspiration til at arbejde med engineering, hvad enten det er i forbindelse med mere målrettede tiltag som dem Engineering i Skolen tilbyder, eller det er i form af lignende tiltag.

## Litteraturliste

- Andersen, N.O., Busch, H., Horst, S., Andersen, A.M., Dalgaard, I., Dragsted, S. & Norrild, P. (2006). Fremtidens naturfag i folkeskolen. København, Danmark, Undervisningsministeriet.
- Andersen, N.O., Busch, H., Horst, S. & Troelsen, R. (2003). Fremtidens naturfaglige uddannelser. Naturfag for alle – vision og oplæg til strategi. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie. København, Danmark, Undervisningsministeriet, Uddannelsesstyrelsen.
- Arbejdsgruppen. (2008). Et fælles løft. Rapport fra arbejdsgruppen til arbejdet med en fælles strategi for natur, teknik og sundhed.
- Arbejdsgruppen. (2010). Naturfag i Tiden. NTS-Centeret.
- Auener, S., Daugbjerg, P.S., Nielsen, K. & Sillasen, M.K. (2018). Engineering i skolen – hvad, hvordan, hvorfor. VIA University College, Engineer the Future, Astra og Naturvidenskabernes Hus.
- Bohm, M., Salomonsen, D., Quistgaard, N., Binau, C., Wøhlk, E.B., Jensen, L.V. & Kronvald, O. (2017). Sammen om naturvidenskab. Anbefalinger til en national strategi for de naturvidenskabelige fag. København, Danmark, ASTRA.
- Cunningham, C.M. & Carlsen, W.S. (2014). Precollege engineering education. I: N.G. Lederman (red.), Handbook of Research on Science Education Mahweh, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

- Dym, C.L., Agogino, A.M., Eris, O., Frey, D.D. & Leifer, L.J. (2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120. doi:doi:10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x.
- Engineer the Future. (2018). Om engineering i skolen. Lokaliseret 25.02.2019 på <https://engineerthefuture.dk/engineering-i-skolen/>.
- Engineering is Elementary. (2018). Create a generation of Problemsolvers. Lokaliseret 25.02.2019 på <https://www.eie.org/>.
- English, L.D., King, D. & Smeed, J. (2017). Advancing integrated STEM learning through engineering design: Sixth-grade students' design and construction of earthquake resistant buildings. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 255-271. doi:10.1080/00220671.2016.1264053.
- Kolmos, A. & Grundwald, A. (2017). Engineering – meget mere end praktiske løsninger på praktiske problemer. *MONA*, 3, 91-94.
- Lachapelle, C.P. & Cunningham, C. (2014). Engineering in Elementary Schools. I: J.S. Senay Purzer, Maria Cardella (red.), *Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices* (pp. 61-88). Purdue University Press.
- McDonald, C. (2016). STEM Education: A review of the contributions of the disciplines of science, technology, engineering and mathematics. *Science Education International*, 27(4), 530-569.
- Moore, T.J. & Smith, K.A. (2014). Advancing the State of the Art of STEM Integration. *Journal of STEM Education: Innovation and Research*, 15(1), 5-10.
- National Research Council. (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Washington D.D., National Academy of Engineering, National Research Council.
- Nielsen, J.A.E. (2017). *Litteraturstudium til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi*. Copenhagen, Denmark, Institut for Naturfagernes Didaktik.
- Roehrig, G.H., Wang, H.-H. & Park, M.S. (2012). Is Adding the E Enough? Investigating the Impact of K-12 Engineering Standards on the Implementation of STEM Integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31-44.
- Sillasen, M.K., Daugbjerg, P.S. & Nielsen, K. (2017). Engineering – svaret på naturfagernes udfordringer? *MONA*(2), 64-82.
- Stohlmann, M., Moore, T.J. & Roehrig, G.H. (2012). Considerations for Teaching STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28-34.
- Sølberg, J. (2017). *Praksiskortlægning til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi*. København, Danmark, Institut for Naturfagernes Didaktik.
- Sølberg, J. & Waadegaard, N. (2018). *Engineering i skolen – syntese af en praksiskortlægning*. København, Danmark, Naturfagernes evaluerings- og udviklingscenter.
- Teknologipagten. (2018). Om Teknologipagten. Lokaliseret 25.02.2019 på <http://www.teknologipagten.dk/teknologipagten/om-teknologipagten>.



- Undervisningsministeriet. (2018). Teknologiforståelse. Måloversigt. Lokaliseret 25.02.2019 på <https://www.emu.dk/sites/default/files/M%C3%A5loversigt.pdf>.
- Waaddegaard, N. & Sølberg, J. (2017). Teknisk rapport. Engineering i skolen – praksiskortlægning. København, Danmark, Naturfagenes evaluerings- og udviklingscenter.

### English abstract

*This article is based on a systematic review of development activities related to engineering in compulsory science education in Denmark throughout the last ten years. The review employed a broad interpretation of engineering to accommodate the Danish educational context. 582 relevant activities were identified and subsequently 32 were subjected to a thematic analysis. The article focuses on selected results from the review. The results describe what significance introducing engineering to science can have for students and teachers respectively. The article includes specific recommendations that can inform science teachers as well as educational developers working with engineering.*

# Didaktisk modellering som undersøgelseslogik



Tomas Højgaard, DPU,  
Aarhus Universitet



Rune Hansen, UC SYD

**Abstract:** *Formålet med denne artikel er at karakterisere didaktisk modellering som en undersøgelseslogik i matematikkens didaktik. Vi beskriver og reflekterer over forskellige faser i en erkendelsesrettet systematisk undersøgelse. Inspireret af den matematiske modelleringsproces beskrives hvorledes det at tænke i modeller og modellering kan være meningsfuldt i den forbindelse. Vi diskuterer begrundelserne for at vælge didaktisk modellering og sammenligner tilgangen med designbaseret uddannelsesforskning og kritisk matematikundervisnings-forskning.*

## Indledning: Hvad er der i vente – og hvorfor?

Det følgende er en beskrivelse og diskussion af didaktisk modellering (DM) som metode til at gennemføre en erkendelsesrettet systematisk undersøgelse. Dahler-Larsen (2002, s. 28) betoner at metodespørgsmål relaterer sig til tre forskellige niveauer hvor metode forstås som henholdsvis

- *videnskabsteori*, fx fænomenologi (Thøgersen, 2013)
- *undersøgelseslogik*, fx case-studier (Flyvbjerg, 2011/1994)
- *teknik til at generere og behandle data*, fx deltager-observation (Angrosino & Rosenberg, 2011/1994).

Det er vores erfaring at i begyndelsen af en undersøgelsesproces er den logik der skal styre processen, den vigtigste af de tre metodetilgange at få styr på og gjort eksplicit. Undersøgelseslogikken udgør det analytiske skelet som binder de forskellige dele af undersøgelsen – herunder afklaring af det videnskabsteoretiske afsæt og tilgangen til en eventuel brug af data – sammen. Det er vores oplevelse at kvaliteten af en erkendelsesrettet systematisk undersøgelse af et didaktisk problemfelt langt hen ad vejen følger kvaliteten af den etablerede undersøgelseslogik. Og hvad angår den del af kvaliteten der handler om konklusionernes troværdighed, så står og falder den

med en meningsfuld og transparent undersøgelseslogik. Skrider det, så skrider hele undersøgelsen.

Udviklingen af DM som metode har derfor mere præcist bestået i at udvikle en ny logik for erkendelsesrettede systematiske undersøgelser, fx matematikdidaktiske forskningsprocesser som vi selv er og har været involveret i og vil bruge eksemplificerende undervejs.

Der er flere grunde til at vi mener en beskrivelse og diskussion af DM er værd at bruge energi på. *Den første og mest oplagte grund* er at både vi og flere kolleger har oplevet det som en meningsfuld og hjælpsom konstruktion i forbindelse med matematikdidaktisk forsknings- og udviklingsarbejde (se fx Andreassen, Damkjær & Højgaard, 2011; Blomhøj & Jensen, 2007; Lindhart, Ejdrup & Skipper-Jørgensen, 2010, samt adskillige specialeafhandlinger fra DPU, senest Andersen & Svendsen, 2017). I den forbindelse har der hidtil manglet en artikel specifikt om denne undersøgelseslogik som man kan støtte sig til i forbindelse med dens brug.

*Den anden mere analytisk betingede grund* er at vi efter grundige diskussioner med hinanden og interesserede kolleger er blevet bestyrket i overbevisningen om at det giver mening at betragte didaktisk modellering som en selvstændig undersøgelseslogik. Denne overbevisning finder vi relevant at udfolde og argumentere for, dels fordi ikke alle diskussions-kolleger har følt sig helt overbeviste, hvilket i sig selv gør diskussionen relevant, dels fordi det inviterer til en spændende sammenligning af forskellige undersøgelseslogikker.

*Den tredje og sidste grund* er af mere generel karakter: Da (matematikdidaktisk) forsknings- og udviklingsarbejde kan gennemføres på mange forskellige måder, er det relevant at tydeliggøre og diskutere bevæggrundene for at vælge en bestemt undersøgelseslogik i relation til en specifik problemstilling. Et af de relevante perspektiver på didaktisk modellering mener vi således består i at diskutere denne tilgangs relevans i forhold til forskellige typer problemstillinger.

Disse tre begrundelser for denne artikels relevans følger vi op på i hver sin del af den efterfølgende tekst som på visse stræk er en redigeret og målgruppetilpasset udgave af dele af Højgaard & Hansen (indsendt).

## Hvad er didaktisk modellering?

Ideen til at udvikle didaktisk modellering som undersøgelseslogik opstod omkring årtusindskiftet i forbindelse med Tomas' ph.d.-forskningsprojekt (Jensen, 2007). I dette afsnit redegøres for nogle af de centrale begrebsdannelser.

## Hvad er en model?

Ontologisk set er den afgørende egenskab ved en model at det er en todelt konstruktion; en model er altid en model *af noget* (Niss, 1989). I forlængelse af Jensen (2007) vælger vi at definere en model som triplet  $(S, f, R)$  hvor  $S$  er det system som danner udgangspunkt for modelopstillingen, og  $f$  er en afbildning der oversætter elementer fra  $S$  til elementer i det valgte repræsenterende system  $R$ . Elementerne i  $R$  afhænger således af med hvilke midler repræsentationen foretages.

Definitionen er en relativ enkel måde at skelne mellem udgangspunktet, afbildningen og selve repræsentanten. Et klassisk eksempel er kortlægning af et bestemt geografisk område, fx en skole. En ingeniør, en landskabsarkitekt og en lærer vil finde det interessant at udvikle forskellige kort af skolen, dvs. forskellige repræsenterende systemer,  $R$ . De vil derfor have interesse i at lade modeldannelsen tage udgangspunkt i forskellige dele af skoleuniverset, dvs. etablere forskellige systemer,  $S$ , som ved en passende afbildning,  $f$ , kan blive til en del af den ønskede form for kort (jf. Højgaard & Hansen, indsendt).

## Hvad gør en model didaktisk?

Mogens Niss (2012) betoner at man bør have en bred forståelse af hvad der kan være involveret i en modelkonstruktion. Den brede tilgang til repræsentationsdomænet i modelkonstruktioner fordrer dog at man i forbindelse med didaktisk modellering forholder sig til hvad der kendetegner et didaktisk system. Den udfordring nødvendigvis gør en diskussion af hvordan man kan karakterisere og afgrænse didaktik som en videnskabelig disciplin.

Der er et spektrum af traditioner at vælge mellem, lige fra den mest snævre forstand hvor didaktik kan ses som anvendelse af psykologiske undervisnings- og læringsteorier, over didaktik som teori om dannelsesindholdet til den meget brede forståelse af didaktik som videnskab om undervisning og læring (Gundem, 2011, s. 21). Vores valg inden for dette spektrum er inspireret af Frede V. Nielsen der beskriver at didaktik som videnskabelig disciplin bør fokusere på at beskrive, analysere, problematisere og udvikle intenderede, faktiske eller mulige forhold vedrørende undervisning samt deres betingelser med særligt henblik på undervisningens indhold, mål og begrundelser således som forholdene tidligere var, aktuelt forekommer eller fremtidigt kan blive (Nielsen, 2004, s. 35-36). Der er meget på spil i denne beskrivelse, men den skaber samtidig en vigtig afgrænsning: Noget kan kun betragtes som didaktisk hvis det grundlæggende undersøgelsesobjekt er *undervisning* hvilket vi inspireret af Wenger (1998, s. 225) definerer som design af sociale infrastrukturer der fremmer læring.

Ikke alt i skolen bliver dermed af didaktisk karakter. Når matematiklæreren introducerer en gruppe elever for funktionsbegrebet, er det en didaktisk situation. Men

når samme gruppe elever i frikvarteret diskuterer gårsdagens fodboldkamp, er det ikke. Ikke fordi eleverne ikke lærer noget af en sådan diskussion, men fordi der ikke er nogen der har designet de sociale omstændigheder omkring deres diskussion mhp. at fremme læringen.

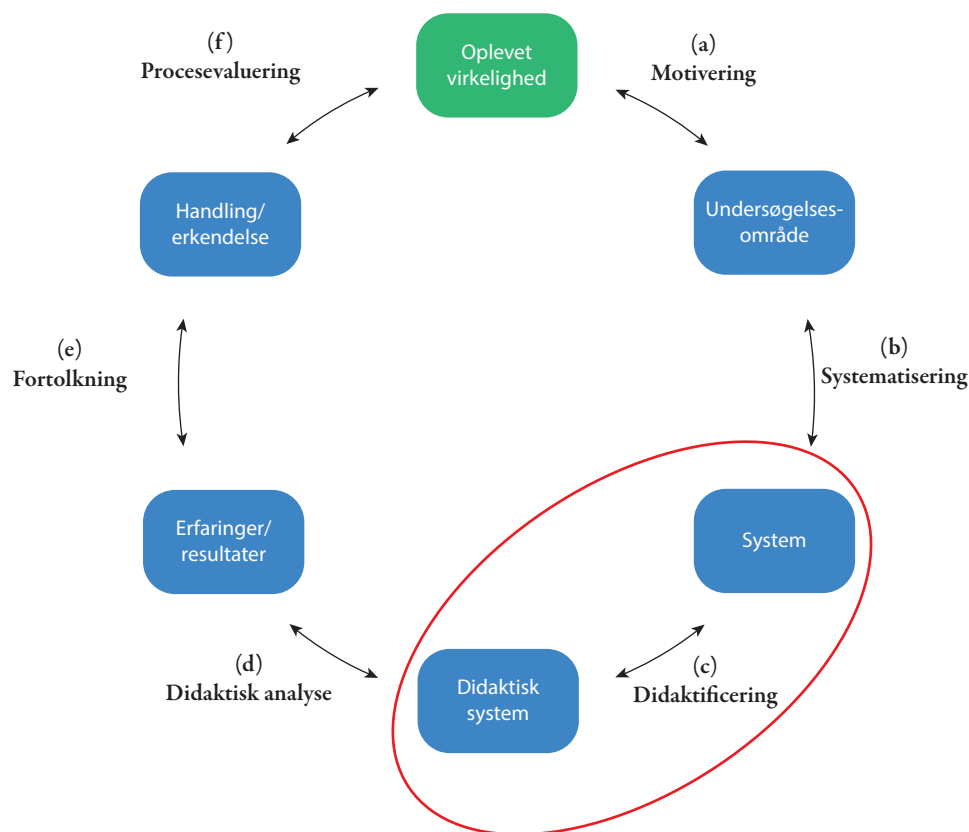
Det skaber fundamentet for følgende definition: Vi bruger begrebet *didaktisk model* til at beskrive triplen  $(S, f, R)$  hvor  $S$  er det system som danner udgangspunkt for modelopstillingen, og  $f$  er en afbildning der oversætter elementer fra  $S$  til elementer i det valgte repræsenterende system  $R$  som her er et system fokuseret på undervisning betragtet som udformning af sociale infrastrukturer der fremmer læring.

Som et eksempel kan man diskutere rygning blandt teenagere i Danmark. Hvis man med det udgangspunkt vil udvikle en didaktisk model, kan det repræsenterende system  $R$  bestå af et diagram, fx en planlægningsmodel, et sæt principper for undervisningen eller noget tredje der anerkendes som værende didaktisk. Afbildningen vil så bestå af at beskrive hvordan forskellige aspekter ved rygning blandt teenagere som er medtaget i systemet  $S$ , udtrykkeligt er opretholdt og repræsenteret i  $R$ . Her vil man ofte gennem afbildningen fremhæve forskellige elementer alt efter om den didaktiske repræsentation fx relaterer sig til danskfaget eller matematikfaget. Man kan forestille sig at en dansklærer vil fremhæve rygning i forbindelse med identitetsdannelse eller generationsoprør, mens en matematiklærer vil fokusere på udviklingen i prisen på cigaretter som en variabel der øver indflydelse på unges rygevaner.

## *En model af modelleringsprocessen*

Begreberne model og modellering er blevet beskrevet på mange forskellige måder inden for matematikkens didaktik. Mange beskrivelser tager afsæt i ideen om at matematisk modellering er en cyklisk og iterativ proces hvor man konstruerer og tilpasser matematiske modeller af ekstra-matematiske situationer for at forstå og forklare udvalgte problemfelter (Perrenet & Zwaneveld, 2012). Hvis "matematisk" udskiftes med "didaktisk", får vi følgende fundamentale begrebsdannelse: *Didaktisk modellering* er en cyklisk og iterativ proces hvor man konstruerer og tilpasser didaktiske modeller af ekstra-didaktiske situationer for at forstå og forklare udvalgte problemfelter.

Modelleringsprocessen beskrives ofte i form af en diagrammatisk model – en såkaldt modelleringscyklus – af udvalgte delprocesser og deres gensidige relationer (Perrenet & Zwaneveld, 2012). En sådan model findes også i Blomhøj & Jensen (2003), og parallelt til den begrebsmæssige parallelisering er denne model overført til en tilsvarende skildring af den didaktiske modelleringsproces, se figur 1.



**Figur 1.** En diagrammatisk repræsentation af den didaktiske modelleringsproces (inspireret af Blomhøj & Jensen, 2007).

## Beskrivelse af processens enkelte dele

### Motivering

Modelleringsprocessen sættes jo i gang af en grund, fx oplevelsen af et problemfelt som kalder på at blive analyseret. For selv at blive bevidstgjort og for at andre kan tænke med, er det vigtigt at eksplicitere denne indledende motivation, fx ved at lave en mere konkret problemformulering, da motivationen er udgangspunktet for ens valg af det område af virkeligheden som skal undersøges nærmere.

Ph.d.-projektet *Målstyret kompetenceorienteret matematikundervisning* (MKM) (Hansen, 2018) som vi her vil benytte som gennemgående eksempel, var motiveret af et tilsyneladende misforhold mellem intentionerne i den officielle læreplan for matematik og den dominerende praksis i grundskolens matematikundervisning. Ofte var der i undervisningen fokus på “hvad skal eleverne lave?” og ikke “hvad skal eleverne lære?” Dette blev konkretiseret i tre spørgsmål (Hansen, 2018, s. 19):

1. Hvilke potentialer kan jeg på baggrund af litteraturstudier argumentere for der er ved at arbejde med målstyrede logikker i grundskolens matematikundervisning?
2. Hvad udfordrer matematiklærerens arbejde med målstyrede logikker i matematikundervisningen?
3. Hvor langt kan man komme med hensyn til at omsætte mål for en kompetenceorienteret matematikundervisning til praktisk handling i en undervisningskontekst?

### Systematisering

For at muliggøre en didaktisk beskrivelse af det valgte undersøgelsesområde reduceres dets kompleksitet, enten bevidst ud fra analyser af hvad der – i lyset af ens motivation – er mindre betydningsfuldt for besvarelsen af problemformuleringen, eller ubevidst fordi modelbyggeren ikke er klar over betydningen af et eller andet.

Den idealisering der ligger heri, er en del af “oversættelsen” fra undersøgelsesområdet over i et didaktisk univers, men systematiseringen er indført i modelleringsbeskrivelsen for eksplicit at etablere et spillerum hvor man meningsfyldt kan åbne sig mod noget der i udgangspunktet ikke er didaktisk. Det er for at pointere dette at vi i modellen i figur 1 vælger at “stoppe op” ved det system der efterfølgende repræsenteres didaktisk.

A priori-analyser i ph.d.-projektet (Hansen, 2018) rettede fokus mod at finde svar på spørgsmål 1. Her blev det fx beskrevet hvordan læreplanen udnytter kompetencetermer til at skildre faglighed.

### Didaktificering

Systemet udgør et ekstra-didaktisk udsnit af virkeligheden der identificerer og fremhæver centrale aspekter af undersøgelsesområdet. Didaktificeringen drejer sig nu om hvordan systemet på en relevant måde kan “oversættes” til en forestillet didaktisk praksis så der etableres et didaktisk system. Den didaktiske model består af forholdet mellem systemet, didaktificeringen og det didaktiske system, markeret med den røde ellipse i figur 1. Her er vi tilbage ved trefasemodellen ( $S, f, R$ ) der blev beskrevet tidligere. Triplet udgør altså et kerneelement i modelleringsprocessen uanset om det er en matematisk eller en didaktisk modellering. I den didaktiske modellering sættes fokus i denne fase på eksplicit at gøre noget undervisningsorienteret.

Der blev bl.a. udviklet et princip for organisering af matematikundervisningen i MKM-projektet hvor de faglige kompetencemål skal indgå som del af en todimensionel målbeskrivelsesmodel. Samtidig blev følgende princip for organisering af matematikundervisningen etableret: Læreren skal i dialog med eleverne tydeliggøre læringsmål for de enkelte forløb (Hansen, 2018, s. 83ff).

I didaktificeringsfasen er der altså fokus på at lade de didaktisk set mere abstrakte analyser fra systematiseringen relatere sig til undervisningsmæssige overvejelser, hvilket leder frem til den didaktiske analyse.



## Didaktisk analyse

Objektet for den didaktiske analyse er den samlede modelkonstruktion. En sådan analyse kan gennemføres på forskellige måder: 1) teoretisk gennem fortsatte litteraturstudier, nu fokuseret på at udnytte og udfordre modellen, ikke på den indledende konstruktion heraf; 2) empirisk ved at modellens egenskaber udfordres ved hjælp af en eller anden slags data genereret i tilknytning til en undervisningsmæssig virkelighed (interviews, klasserumsobservationer mv.); og 3) en kombination af teoretiske og empiriske tilgange.

I MKM-projektet blev den didaktiske model brugt som grundlag for og udfordret af en forsøgsundervisning med én 5.-6. klasse hvor ovennævnte og en række andre principper blev brugt som udgangspunkt for lærerens didaktiske overvejelser og dermed også elevernes matematiske aktivitet. Ambitionen var at føre didaktiske eksistensbeviser og identificere typer af forhindringer for denne form for undervisning. I forlængelse af den nævnte fordring om at eleverne mødte synlige og tydelige læringsmål, viste empirisk baserede analyser eksempelvis at elevers forskellige målorientering har indflydelse på hvad de anser for værende formålet med synlige læringsmål i det matematiske klasserum.

## Fortolkning

Fortolkning er afgørende for at anerkende at den didaktiske model er en repræsentation af den oplevede virkelighed. Alle resultater skal vurderes kritisk i lyset af at de reflekterer de valg som forskeren har foretaget i løbet af modelleringsprocessen. Der kan anlægges mindst to forskellige perspektiver:

- En intern fortolkning der vurderer om det er rimeligt at konkludere noget som helst på basis af modelresultaterne, fx ved at undersøge om analysen er gennemført på en måde man kan følge og tør have tillid til.
- En ekstern fortolkning der "oversætter tilbage" fra modelresultater til udsagn om undersøgelsesområdet og vurderer resultaterne på denne baggrund: Giver de mening i de sammenhænge de er en del af? Er de realistiske? Svarer de på det oprindelige spørgsmål? Etc.

Efter afslutningen af forsøgsundervisningen fortsattes analysen med fokus på det etablerede princip om tydeliggørelse af læringsmål (Hansen, 2018, s. 131ff). Eksempelvis signalerer begreberne "synlige" og "klare" i forbindelse med læringsmåls-diskursen en form for transparens. Det blev der ikke fundet anledning til at anfægte i sig selv, men forsøgsundervisningen rejste spørgsmålet om for hvem de benævnte klare mål er klare og tydelige – elever, lærer, forsker?

Det er et eksempel på hvordan en didaktisk analyse fører tilbage til en re-didaktificering og dermed til etableringen af en revideret didaktisk model.

### Procesevaluering

Som en del af forskningsprocessen må modelleringsprocesserne (identificeret som faserne (a) til (e) i figur 1) også evalueres i deres helhed (fase (f)). Var den didaktiske model et relevant valg for at opnå indsigt i problemfeltet, eller indsnævrede det undersøgelsens fokus for meget, og/eller undertrykte det nogle afgørende elementer i den oplevede virkelighed? Var didaktisk modellering et godt valg, eller kunne en anden undersøgelseslogik tænkes at føre til mere relevante erkendelser?

MKM-projektet trak på og havde stor metodisk glæde af didaktisk modellering insisteren på at forbinde overordnede begrundelsesanalyser med klasserumsnære undervisningsrefleksioner. I den mere eksplícit gennemførte evaluering (Hansen, 2018, s. 235ff) blev projektet holdt op mod de tre kategorier troværdighed, generaliserbarhed og vigtighed (Schoenfeld, 2007). I disse overvejelser indgik bl.a. om det var et relevant valg at lade eleverne møde synlige og tydelige læringsmål, og om svarene opnået gennem den didaktiske model er informative, rimelige og berettigede.

## Alternative eksisterende undersøgelseslogikker

Den matematikdidaktiske forskning betjener sig af en mangfoldighed af metoder der er båret af hver sin styrende undersøgelseslogik. Det gælder fx aktionsforskning (se fx Duus et al., 2012), didactical engineering (se fx Artigue, 2015), designbaseret uddannelsesforskning og forskning med afsæt i kritisk matematikundervisning. I denne artikel har vi af pladshensyn valgt at afgrænse os til at sammenligne didaktisk modellering med de to sidstnævnte, som er valgt fordi det er der vi selv oplever størst overlap og derfor størst behov for analyse af ligheder og forskelle.

### *Designbaseret uddannelsesforskning*

Designbaseret uddannelsesforskning (DBF) kombinerer empirisk uddannelsesforskning med et teoristyret didaktisk design. Metoden blev introduceret af Allan Collins (1990) og Ann Brown (1992) og er fokuseret på at udvikle, teste, implementere og raffinere innovative didaktiske design inden for en undervisningsmæssig ramme (Collins, Joseph & Bielaczyc, 2004). Designbegrebet fremstår ikke entydigt i litteraturen. Vi har valgt at lægge os op ad forståelsen i Ralph & Wand (2009, s. 109) med denne definition: Ved *navneordet design* forstås vi nogens specifikation af et objekt ved at anvende et sæt komponenter der opfylder et sæt krav og er underlagt begrænsninger

med henblik på at opfylde nogle mål i et bestemt miljø. *Udsagnsordet design* refererer så til at skabe et sådan design i et miljø hvor designeren opererer.

Med denne forståelse refererer design til en proces der fører til specificering af et designobjekt (ikke nødvendigvis et fysisk objekt). Et didaktisk design angiver følgelig en praksis hvor designeren er involveret i at skabe repræsentationer af hvordan man kan understøtte undervisning i specifikke tilfælde under hensyntagen til mål, miljø, komponenter, krav og begrænsninger. Dermed adskiller DBF sig fra andre former for didaktisk indsats da den stræber efter at opfinde et designobjekt vedrørende innovative reaktioner på problematiske situationer. DBF er derfor ikke kun drevet af et behov for at forstå et didaktisk problem, men også stræben efter at forbedre det didaktiske miljø (Cobb & Gravemeijer, 2008; Collins et al., 2004).

Eksempelvis har udvikling af forestillede læringsveje for elevers matematiske læring af et specifikt matematisk begreb – fx brøk – været præget af en designbaseret tilgang. Forskere er her optaget af at definere den bedste læringsvej for eleverne, dvs. den vej hvor flest mulige elever kommer til at opleve succes (Confrey, Maloney & Corley, 2014). På nuværende tidspunkt har Confrey et al. (2014) udviklet 18 forestillede læringsveje med afsæt i DBF, jf. beskrivelsen på <https://turnonccmath.net/>.

DBF's undersøgelseslogik kan sammenfattes som bestående af tre hovedfaser:

1. Præliminær fase med fokus på at udvikle en konceptuel ramme for projektet ved hjælp af litteraturstudier
2. Iterativ designfase med flere iterationer hvor en iteration er en mikrocyklus der studerer og ændrer et specifikt aspekt af designet
3. Evalueringsfase hvor forskeren vurderer interventionens lokale virkning og offentliggør resultaterne.

## *Forskning med afsæt i kritisk matematikundervisning*

Den didaktiske skole der betegnes kritisk matematikundervisning, tager udgangspunkt i en social, kulturel og politisk tilgang til matematikdidaktik. Det er fundamentalt for denne tilgang at reagere på sociale modsigelser og konflikter i samfundet (Skovsmose & Nielsen, 1996). Med et historisk og filosofisk udgangspunkt argumenterer Skovsmose (1994, s. 37) for at kritik relaterer sig til følgende tre forhold:

1. En undersøgelse af betingelserne for at opnå viden
2. Identifikation af sociale problemer og evaluering
3. En reaktion på problematiske sociale situationer.

Kritikbegrebet fordrer selv-refleksioner, refleksioner og reaktioner. Skovsmose og Borba (2004) beskriver at forskellige former for deltagende aktionsforskning er relevante tilgange til forskning med afsæt i kritisk matematikundervisning som vi her vil betegne kritisk matematikundervisnings-forskning (KMF). En sådan forskning skal dog ikke begrænses til at tage udgangspunkt i hvad der er rigtigt og faktisk, men skal også undersøge hypotetiske situationer ved at fokusere på potentialer og alternativer. Derfor transcenderer KMF hvad der kan observeres i det matematiske klasserum (Skovsmose & Borba, 2004).

Vithal (2003, s. 27-35) giver et eksempel på KMF i forbindelse med kampen mod apartheid i Sydafrika. Her opstod en bevægelse kaldet "Folkets matematik" som et radikalt alternativ til de officielle beskrivelser af matematikfaget.

KMF introducerer en undersøgelseslogik som bl.a. undersøger relationerne mellem teori og praksis ved at referere til tre typer af situationer: en *nuværende situation* (NS) som relaterer til den aktuelle problematiske situation, en *hypotetisk forestillet situation* (HF) hvor lærere og forskere kan spekulere over, diskutere og forestille sig didaktiske situationer og perspektiver herpå – det er en proces hvor man forestiller sig alternativer med hensyn til de kritiske karakteristikker ved den nuværende situation – og en *arrangeret situation* (AS) som er designet ved at overveje egenskaber fra både den nuværende og den hypotetisk forestillede situation som en måde for forskeren at analysere teoretiske ideer og relaterede praksisser (Skovsmose & Borba, 2004).

## Sammenligning af undersøgelseslogikkerne

### *Undersøgelsesmæssigt rationale*

En given tilgang til en erkendelsesrettet systematisk undersøgelse vil uundgåeligt være udtryk for et undersøgelsesmæssigt rationale, dvs. en sammenfatning af principper og metoder i forbindelse med en videnskabelig undersøgelse (Andersen, Hansen & Varming, 2012).

Didaktisk modellering og designbaseret uddannelsesforskning sigter begge mod at fokusere en kompleks didaktisk situation gennem a priori-analyse og bygge bro mellem teori og praksis. Begge tilgange befinder sig i et krydsfelt mellem forskningens intention om at identificere, karakterisere og forstå komplekse didaktiske sammenhænge og intentionen om at bidrage til at udvikle og eventuelt forbedre den eksisterende uddannelsespraksis.

DBF er forpligtet på et tosidigt forskningsformål. Metoden fokuserer på at udvikle løsninger til didaktiske problemer ved at designe uddannelsesobjekter (fx produkter, processer, programmer, politikker) og samtidig stræbe efter at udvikle ny videnskabelig viden (Anderson & Shattuck, 2012). I løbet af det sidste årti er der opstået rige variationer i DBF's foki, og der er mindst to prototyper i DBF med fokus på enten at

designer uddannelsesobjekter eller undervisnings- og læringsprocesser. Når forskeren er optaget af at udvikle uddannelsesobjekter og designprincipper, er ideen at forskningen kan *bruges* af andre undervisere og forskere. Når det primære mål er at udvikle lokale teorier og paradigmatisk tilfælde, er ideen at forskningen kan *informere* undervisere og forskere (Prediger et al., 2015).

DM's rationale er at den didaktiske model kan være et middel til at forstå den initierende problemstilling. DM er udviklet med henblik på at skabe ny viden der både informerer forsknings- og praksissamfundene, men DM forpligter sig ikke til at levere en slags implementeringsorienteret viden. Fokus kan, men behøver ikke være på at udvikle en model som kan implementeres i konkrete undervisningsmiljøer. En parallel til fysik kan illustrere modelleringsprocessens dobbelthed: Når matematik bruges til at modellere et fysisk fænomen, fx elasticitet, kan det – som ingeniører ofte gør – ske som del af en design- og konstruktionsproces, fx konstruktionen af en bro. Eller det kan – som fysikere ofte gør – ske med modellering anvendt som middel til at opnå en bedre forståelse af selve fænomenet.

Kritisk matematikundervisnings-forskning handler om at skabe forandringer, men anerkender ikke ideen om at forskeren *a priori* kan identificere hvilke transformationer der er behov for. KMF søger ikke kun at forstå den nuværende situation; tilgangen giver også mulighed for undersøgelse af potentialer (Skovsmose & Borba, 2004; Vithal, 2003). Med begrebet *udforskende analyse* (explorative reasoning) opfordrer KMF deltagerne til at transcenderer den arrangerede situations begrænsninger. Data fra den arrangerede situation bruges som udgangspunkt for at arbejde frem mod etablering af den hypotetisk forestillede situation. Udforskende analyse er en tilgang som forstås som at "se igennem" data for at fremme forståelsen af den hypotetisk forestillede situation, ofte gennem udfordring af den pædagogiske fantasi (Skovsmose & Borba, 2004).

## Forskningsmæssig relevans

Enhver forskning skal kunne retfærdiggøre sig selv med hensyn til relevans: Hvorfor skal vi være optaget af hvad denne forskning kan fortælle os – og hvem er "vi"? Svar på sådanne spørgsmål afspejler ofte en eller flere årsager – faktiske "drivkræfter" (Niss, 1996) – for forskernes valg af uddannelsesmæssig problemstilling. De tre undersøgelseslogikker begrunder og retfærdiggør deres tilgang på meget forskellig vis.

Historisk set er designbaseret uddannelsesforskning opstået i forbindelse med at udvikle design for relativt snævre uddannelsesmæssige problemer (Prediger et al., 2015). Matematikdidaktisk forskning vil eksempelvis studere lærernes undervisningspraksis relateret til et specifikt matematisk begreb, fx brøker, og DBF er velegnet til en sådan type undersøgelse, ofte med vægt på brugen af forskellige former for matematiske

opgaver. Det samme kan være tilfældet for uddannelsesmæssige studier af matematisk modellering, ofte med den konsekvens at modelkonstruktionen selv – den røde ellipse på figur 1 – er det primære studieobjekt (fx McClain, 2003).

Kritisk matematikundervisnings-forskning begrundes med et ønske om at forandre eksisterende praksisser. KMF er optaget af at undersøge om matematikundervisning giver lige muligheder for alle elever uafhængigt af hudfarve, køn og social klasse. Det betyder at der forskningsmæssigt tages afsæt i politiske – ikke matematikdidaktiske – problemfelter, og så er det en forskningsmæssig udfordring analytisk at pege på ønskede matematikdidaktiske konsekvenser af den politiske anfægtelse. Det gælder ikke kun forståelsen af uligheder og uretfærdigheder på et strukturelt niveau – der er også en åbenlyst *transformativ og emancipatorisk* forskningsagenda med henblik på at skabe ændringer i deltagernes liv (Vithal, 2003).

Didaktisk modellering deler invitationen til et samfundsmæssigt udgangspunkt for uddannelsesforskning med KMF, men er ikke rammesat af et bestemt politisk-filosofisk afsæt herfor. I DM betragtes en bred samfundsmæssig indramning som en væsentlig del af formålet med forskningen. En sådan tilgang er i overensstemmelse med vores tidligere fremlagte forståelse af begrebet didaktik fordi undervisning som den definerende aktivitet oftest foregår inden for en formel uddannelseslogik som uundgåeligt har en bredere samfundsmæssig begrundelse. Når vi bruger det som grundlag for at udvikle vores tilgang til den didaktiske modelleringsproces, har en af ambitionerne været at gøre sådanne samfundsmæssige begrundelser til en naturlig og eksplicit del af didaktisk forskning. I vores model af processen fremhæver DM det frugtbare arbejde med at lade forskningen bevæge sig gennem motivation, systematisering og didaktificering fordi det opfordrer forskeren til at positionere sig selv og forklare den bredere sociale og kulturelle (ekstra-didaktiske) ramme.

Som specifikt eksempel blev problemfeltet for studiet der gav ideen om DM som forskningsmetode, rammesat af følgende spørgsmål (Jensen, 2007, s. 3): *Hvorfor er matematisk modellering ikke omdrejningspunkt for matematikundervisning?* DBF synes ikke at være formålstjenlig til at strukturere analysen af sådanne brede forsknings-spørgsmål. Hvis de anses for relevante, ikke som et alternativ, men et supplement til mere snævre og afgrænsede spørgsmål, synes DM at have noget nyt at tilbyde. Samtidig er KMF ikke velegnet da der med fordel kan udvikles *a priori*-analyser i forhold til at udvikle relevante transformationer med afsæt i den matematikdidaktiske forskning om matematisk modellering.

## Strukturering og fokusering af forskningsprocessen

I forbindelse med kritisk matematikundervisnings-forskning refererer Skovsmose og Borba (2004) til den cykliske proces der er indlejret i aktionsforskning med bevægelser

mellem handling, observation, refleksion, forandring, planlægning og ny handling. De betoner (s. 5) at selv om de anser KMF for værende dynamisk, så ønsker de ikke at repræsentere denne dynamik på den cyklisk fremadskridende måde som bevægelsen i aktionsforskning er udtryk for, fordi betoningen af forandring ikke er velegnet til at rette fokus mod kvaliteten af forskningsprocessen.

Vithal (2003) beskriver en række alternative strukturerende faser i KMF. *Valg* der giver deltagerne mulighed for at regulere deres egen deltagelse i forskningsprocessen. *Forhandling* henviser til den næste fase hvor fx en ide bliver udfordret, kritiseret eller transformeret af deltagerne. *Gensidighed* bringer lighed til undersøgelsesfællesskabet da gensidigheden sørger for at resultaterne af forskningsprocessen opfylder alle de involveredes behov og interesser. I KMF er undersøgelsesdynamikken således indbygget i strukturen af undersøgelsesfællesskabet da det involverer pædagogisk fantasi og udforskende analyse i forbindelse med udvikling af den hypotetisk forestillede situation og den arrangerede situation (Skovsmose & Borba, 2004).

Både didaktisk modellering og designbaseret uddannelsesforskning skaber cykliske og iterative processer baseret på forskellige teoretiske fundament (Margolinas & Drijvers, 2015). Som tidligere beskrevet afviger metoderne i forhold til undersøgelsesmål som påvirker den cykliske natur. I DBF er de gentagne cykler fokuseret på test, analyse og re-design som en måde at udvikle et didaktisk design (Collins et al., 2004). I DM er den cykliske proces fokuseret på forståelse og forklaring af en didaktisk problemstilling. Det er en refleksion af forestillingen om forskning som en kompleks proces der ikke kan indfanges på en lineær måde (Schoenfeld, 2007).

DM inviterer til at overveje ethvert aspekt af processen. Styrken ved at støtte sig til en model af modelleringsprocessen er at forholdet mellem de forskellige elementer bliver eksplicitte. Du kan ikke bruge modellen uden at have beskrevet hvorfor du vælger at fremhæve en didaktisk variabel på bekostning af andre. Modellen kan give brugeren og dennes publikum et bestemt overblik over den didaktiske situation som er åben for diskussion. Der kan blive spurgt ind til relevansen af de didaktiske valg, ikke bare af kritikere, men også af brugeren selv.

Som eksempel kan vi vende tilbage til det tidligere nævnte eksempel fra MKM-projektet hvor et empirisk fund baseret på observationer i klasserummet gav indblik i at matematiklæreren gennemførte målstyret undervisning med afsæt i instruktive, færdighedsorienterede mål. Det gav anledning til at vende tilbage til modelleringsprocessen og reevaluere idéen om synlige læringsmål. Det er et eksempel på hvordan en didaktisk analyse fører tilbage til et eftersyn af den *didaktiske model*. Den iterative dimension tager hensyn til at vejen fra *motivering* til *procesevaluering* er en kompleks proces, og forskeren kan skifte frem og tilbage mellem forskellige faser i modelleringsprocessen.



## Tilgange til at udfordre konstruktionerne

Alle tre metoder medierer mellem teori og praksis ved en eller anden form for involverende samarbejde mellem forskere og undervisere, men der er forskel på hvornår undervisere involveres i forskningsprocessen. Både designbaseret uddannelsesforskning og didaktisk modellering tilgår undervisningspraksis med afsæt i forudgående teoretiske og analytiske overvejelser, mens det er givet i kritisk matematikundervisningsforskning at det allerede fra begyndelsen er nødvendigt med et ligeværdigt og symmetrisk samarbejde da begge parter anses for værende lige værdifulde for forskningsprocessen.

I KMF er et nøgleproblem udvikling af et ligeværdigt partnerskab mellem forsker og andre undersøgelsesdeltagere. En central dimension er at når du ønsker at udforske muligheder, kan du ikke forske *på* nogen – du er nødt til at forske *med* nogen. Som beskrevet involverer den kritiske proces samarbejde, forhandlinger og gensidighed mellem forskellige deltagere (forskere, lærere, elever, administratorer) som en måde at identificere muligheder hvor forskeren ikke kan være initiativtageren. I KMF er didaktiske idealer ikke faste, men udvikler sig som en del af den kritiske forskning. A priori-analyser og begrundelser anses for værende ødelæggende for selve begrebet kritik. At lave en kritik betyder at angive at “noget kunne være anderledes”, men i KMF er man også optaget af at beskrive hvorfor og hvordan noget kunne være anderledes. Dvs. forskningen fokuserer på et forandringsperspektiv gennem samarbejde med undervisningsfeltet da forskerdefinerede transformationer ofte kommer til at repræsentere en form for dogmatisme i form af “vi ved bedre”. I KMF er det centralt at alle deltagere med andel i problemet er involveret i forskningsprocessen (Skovsmose & Borba, 2004).

DBF har et definerende behov for at den indledende a priori-analyse af en undervisningskontekst udfordres empirisk, dvs. at designet udfordres ved hjælp af data genereret i en undervisningsmæssig virkelighed, jf. vores afgrænsning af didaktikbegrebet. Udvikling af et didaktisk design er som udgangspunkt en forskerdrevet proces, men test og omstrukturering udføres ofte i samarbejde med undervisere da didaktiske designforskere har et grundlæggende engagement i at udvikle deres design i et autentisk undervisnings- og læringsmiljø. Også her betones det at man ikke forsker om nogen, men med nogen (McKenney & Reeves, 2012). I DBF er forskningen nødt til at blive rapporteret på en sådan måde at den kan blive rekonstrueret, kopieret eller udfordret (Gravemeijer & Cobb, 2006).

I DM er der flere tilgange til at udfordre modellen. Som DBF kan det gøres – og er ofte blevet gjort – ved at gennemføre eksperimenter i et konkret klasserum. Vi har begge været involveret i sådanne forskningsprojekter, fx i vores respektive ph.d.-projekter (Jensen, 2007; Hansen, 2018). Som led i didaktificeringen etablerede vi her det didaktiske system ved at udvikle et sæt didaktiske principper for de involverede

læreres forberedelse, jf. den tidligere gennemgang og eksemplificering af modelleringsprocessen.

Som følge af den generelle karakter af modelleringsprocesser kan man imidlertid lige så godt udfordre modellen fra et teoretisk perspektiv – eller en kombination af empirisk og teoretisk udfordring. Disse forskellige muligheder åbner for forskellige former for implementeret forventning ved etableringen af modellen, dvs. projicering af det der anses for mulige og relevante fremtidige trin på baggrund af motivationen, systematiseringen og didaktificeringen (Niss, 2010). Det oplever vi som en stor fordel ved DM generelt da det udvider mulighedsrummet i modelleringsprocessen: Afhængigt af om du forestiller dig en empirisk og/eller teoretisk udfordring af modellen, kan du stille forskellige spørgsmål og foretage efterfølgende valg som forventes at være i overensstemmelse hermed. Du kan vælge at bruge et forventet empirisk eksperiment som et struktureringsværktøj, men i modsætning til DBF er dette ikke en metodologisk nødvendighed i DM.

Som et vigtigt eksempel kunne det valgte problemfelt kræve en analyse af en hypotetisk didaktisk praksis som ikke kan testes empirisk, fx fordi den konstruerede model bryder radikalt med det der generelt betragtes som politisk eller moralsk muligt (fx undertrykkelse af bestemte minoritetsgrupper eller grove former for magtudøvelse). Her vil DM være mere i tråd med KMF da den didaktiske analyse i DM ikke er begrænset til det der kan realiseres, men kan undersøge hypotetiske situationer og dermed overskride det der kan observeres i et klasseværelse. Ved hjælp af pædagogisk fantasi og eksplorativ argumentation kan forskeren bruge fx konstruerede episoder som en måde at undersøge aspekter af den didaktiske model (Blomhøj & Jensen, 2007, 2011; Jensen, 2009). Vi mener dog ikke at tre-situationsmodellen i KMF (nuværende, hypotetisk forestillet og arrangeret situation) er detaljeret nok. Når vi sammenligner DM og KMF, findes der overlappende elementer. Begge begynder med en oplevet virkelighed, men derefter springer KMF over systematiseringen og didaktificeringen. Når vi sammenligner denne proces med den didaktiske modelleringsproces, ser det ud til at de bevæger sig direkte fra oplevet virkelighed til didaktisk system.

For at give et overblik har vi skematiseret ligheder og forskelle mellem de tre tilgange.

Emne	Didaktisk modellering	Designbaseret uddannelses-forskning	Kritisk matematikundervisnings-forskning
Rationale	Opnå en bedre forståelse for og udvikle ny videnskabelig viden om et didaktisk problemfelt	Tosidigt forskningsformål: Udvikle didaktiske løsninger og ny videnskabelig viden	Transformation og forståelse af muligheder og alternativer
Relevans	En bred samfundsmæssig rammesætning er en væsentlig del af formålet med forskningen	En relativt snæver uddannelsesramme er ofte udgangspunktet for undersøgelsen	En kritisk samfundsmæssig rammesætning er en essentiel del af formålet med forskningen
Proces	Cyklisk proces der ved hjælp af nye forståelser genovervejer den didaktiske model	Iterative cykler af design, test, analyse og re-design	Forsknings-dynamikken involverer pædagogisk fantasi og udforskende analyse
Fokusering	Konstruktion af en didaktisk model	Konstruktion af et didaktisk design	Konstruktion af en hypotetisk forestillet situation og en arrangeret situation.
Udfordring	1) Empirisk, 2) teoretisk eller 3) kombination	Empirisk afprøvning i klasseværelset er afgørende	1) Empirisk, 2) teoretisk eller 3) kombination

**Figur 2.** Forskelle og ligheder mellem didaktisk modellering, designbaseret uddannelsesforskning og kritisk matematikundervisnings-forskning.

## Diskussion: Er det relevant med al den snak om metode?

I artiklen har vi præsenteret tre forskellige tilgange der hver især tilbyder en sammenhængende ramme for en erkendelsesrettet undersøgelse og styrer retningen af og fremdriften i processen.

Men hvordan vælges en hensigtsmæssig tilgang? Svaret herpå starter med en erkendelse af at relevansen af enhver undersøgelseslogik kun kan vurderes relativt til målet med undersøgelsen, fx konkretiseret gennem formulering af retningsgivende undersøgelsesspørgsmål. Herefter kan man fortsætte med at tydeliggøre de metodologiske behov i forsøget på at realisere ambitionerne (Hansen, 2018, s. 23-24). Her er centrale spørgsmål: Hvorfor undersøge noget på én bestemt måde? Hvilken forskel gør det at vi anvender en undersøgelseslogik frem for en anden?

## *Eksempler på valg af undersøgelseslogik*

Lad os prøve at eksemplificere hvordan arbejdet med samme problemfelt gennem forskellige undersøgelsesspørgsmål kan føre til forskellige undersøgelseslogikker der styrer processen i en bestemt retning. Vi har valgt et hypotetisk eksempel med afsæt i digitale læringsplatforme i en matematikdidaktisk praksis.

Med afsæt i kritisk matematikundervisnings-forskning vil man fx kunne rette den forskningsmæssige opmærksomhed mod de magtrelationer der manifesterer sig i forbindelse med implementering af digitale læringsplatforme. Forskningsformålet kunne være udvikling af et kritisk perspektiv på den aktuelle situation i Danmark, og undersøgelsesspørgsmålet kunne være: Hvordan kan en kommunalt dikteret læringsplatform underminere matematiklæreres didaktiske frihed i matematikundervisningen? Her kan man undersøge hvordan matematiklærere oplever teknologiens indflydelse på matematikdidaktiske beslutningsprocesser i deres daglige undervisningspraksis, fx i forhold til materiale- og metodevalg. I undersøgelsesfællesskabet kan man med afsæt i en nuværende situation (NS) først udvikle en hypotetisk forestillet situation (HF) og så en arrangeret situation (AS) på basis af et emanciperende og kritisk perspektiv på den uddannelsespolitiske beslutning om implementering af læringsplatforme.

Det virker oplagt at anvende designbaseret uddannelsesforskning til en systematisk undersøgelse af det didaktiske design af en digital læringsplatform. Forskningsformålet kunne være udvikling af en digital læringsplatform og principper for brug gennem et systematisk arbejde, og undersøgelsesspørgsmålet kunne være: Hvilke særlige elementer skal man være opmærksom på når man udvikler en prototype til en digital læringsplatform der kan støtte matematiklæreres arbejde med udvikling af matematikundervisningen? Med udgangspunkt i DBF kan de gentagne cykler af test, analyse og re-design være en måde at udvikle læringsplatformen på når hensigten er at understøtte og kvalificere lærerens matematikdidaktiske valg i forbindelse med planlægning, gennemførelse og evaluering af matematikundervisningen. Her kan de enkelte iterative faser brede sig over forskellige matematiske emner med fokus på at afdække og forbedre læringsplatformens brugervenlighed samt etablere didaktiske principper for brug.

Hvis udgangspunktet er didaktisk modellering, kunne forskningsformålet være at skabe en større indsigt i samt dybere forståelse af en meningsfuld anvendelse af læringsplatforme, og undersøgelsesspørgsmålet kunne være: Hvilke potentialer kan man på baggrund af litteraturstudier argumentere for der er ved at anvende digitale læringsplatforme i matematikundervisningen? Og hvad udfordrer matematiklæreres realisering af disse potentialer i en specifik matematikundervisning? Her kunne man ved at bevæge sig gennem de indledende faser i modelleringsprocessen lade forskningsprocessen være styret af en teoretisk afdækning af potentialer ved brug af digitale læringsplatforme i matematikundervisning, hvorefter der konstrueres en

didaktisk model med fokus på at gøre de identificerede teknologiske potentialer undervisningsbare i konkrete undervisningsmæssige sammenhænge. I den efterfølgende didaktiske analyse kan man så fx rette opmærksomheden mod hvordan den didaktiske model imødegår og udfordrer matematiklæreres planlægning, gennemførelse og evaluering af deres matematikundervisning når de er stillet over for kravet om at anvende læringsplatforme.

Ved at skitsere tre eksempler på henholdsvis DM, DBF og KMF i forbindelse med læringsplatforme har vi forsøgt at vise hvordan fundamentalt forskellige forskningsformål gør forskellige undersøgelseslogikker mere eller mindre relevante. Man kunne godt tvinge en bestemt undersøgelseslogik ned over alle tre forskningsformål, men i vores optik vil det sløre værdien af at anvende en specifik tilgang.

## Referencer

- Andersen, P.Ø., Hansen, M. & Varming, O. (2012). *Psykologisk-pædagogisk ordbog*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Andersen, P.B. & Svendsen, A.M. (2017). *Hindringer for evaluering af ræsonnementskompetencen i grundskolens skriftlige prøve*. Upubliceret specialeafhandling. Emdrup: DPU, Aarhus Universitet.
- Anderson, T. & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*, 41(1), 16-25.
- Andreasen, M., Damkjær, H.S. & Højgaard, T. (2011). MaTeam-projektet: om matematiklærerfagteam, matematiklærerkompetencer og didaktisk modellering. *MONA*, 3, 26-45.
- Angrosino, M. & Rosenberg, J. (2011/1994). Observations on Observations: Continuities and Challenges. I: Denzin & Lincoln (2011/1994), s. 467-478.
- Artigue, M. (2015). Perspectives on Design Research: The Case of Didactical Engineering. I: A. Bikner-Ahsbals, C. Knipping & N. Presmeg (red.), *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education* (s. 467-496). Dordrecht, Holland: Springer.
- Brown, A.L. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Blomhøj, M. & Jensen, T.H. (2003). Developing mathematical modelling competence: conceptual clarification and educational planning. *Teaching Mathematics and its Applications*, 22, 123-139.
- Blomhøj, M. & Jensen, T.H. (2007). SOS-projektet – didaktisk modellering af et sammenhængsproblem. *MONA*, 3, 25-53.
- Blomhøj, M. & Højgaard, T. (2011). Hvad er meningen? Didaktisk klasseledelse i matematik via form eller mål. I: M.S. Schmidt (red.), *Klasseledelse og fag – at skabe klassekultur gennem fagdidaktiske valg* (s. 143-163). Frederikshavn: Dafolo.

- Cobb, P. & Gravemeijer, K. (2008). Experimenting to Support and Understand Learning Processes. I: A.E. Kelly, R.A. Lesh & J.Y. Baek (red.), *Handbook of design research methods in education: innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching* (s. 68-95). New York, US: Routledge.
- Collins, A. (1990). *Toward a Design Science of Education. Technical Report No. 1*. New York, US: Center for Technology in Education.
- Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). Design Research: Theoretical and Methodological Issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.
- Confrey, J., Maloney, A.P. & Corley, A.K. (2014). Learning trajectories: a framework for connecting standards with curriculum. *ZDM*, 46(5), 719-733.
- Dahler-Larsen, P. (2002). *At fremstille kvalitative data*. Odense: Syddansk Universitetsforlag.
- Denzin, N.K. & Lincoln, Y.S. (red.) (2011/1994): *The Sage Handbook of Qualitative Research*. 4. udg. Thousand Oaks, USA: Sage.
- Duus, G., Husted, M., Kildedal, K., Laursen, E. & Tofteng, D. (red.) (2012). *Aktionsforskning – en grundbog*. København: Samfundslitteratur.
- Flyvbjerg, B. (2011/1994). Case Study. I: Denzin & Lincoln (2011/1994), s. 301-316.
- Gravemeijer, K. & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. I: J. Van den Akker, K. Gravenmeijer, S. McKenney & N. Nieveen (red.), *Educational design research* (s. 45-85). London, UK: Routledge.
- Gundem, B.B. (2011). *Europeisk didaktikk: tenkning og viten*. Oslo, Norge: Skanvik.
- Hansen, R. (2018). *Målstyret kompetenceorienteret matematikundervisning*. Ph.d.-afhandling. Emdrup: DPU, Aarhus Universitet.
- Højgaard, T. & Hansen, R. (indsendt). Didactical Modelling – An Outline of a Research Methodology. *For the Learning of Mathematics*.
- Jensen, T.H. (2007). *Udvikling af matematisk modelleringskompetence som matematikundervisningens omdrejningspunkt – hvorfor ikke?* Ph.d.-afhandling publiceret som IMFUFA-tekst 458. Roskilde: IMFUFA, Roskilde Universitet.
- Jensen, T.H. (2009). Modellering versus problemløsning – om kompetencebeskrivelser som kommunikationsværktøj. *MONA*, 2, 37-54.
- Lindhart, L., Ejdrup, F. & Skipper-Jørgensen, A. (2010). Ræsonnementer i folkeskolens matematikundervisning: karakterisering, initiering, identificering og vurdering af ræsonnementskompetencen. *MONA*, 4, 7-24.
- Margolinas, C. & Drijvers, P. (2015). Didactical engineering in France; an insider's and an outsider's view on its foundations, its practice and its impact. *ZDM*, 1-11.
- McClain, K. (2003). Task-Analysis Cycles as Tools for Supporting Students' Mathematical Development. I: R. Lesh & H.M. Doerr (red.), *Beyond Constructivism: Models and Modeling Perspectives on Mathematics Problem Solving, Learning, and Teaching* (s. 175-202). Mahwah, N.J., US: Lawrence Erlbaum.
- McKenney, S. & Reeves, T. (2012). *Conducting educational design research*. London, UK: Routledge.

- Nielsen, F.V. (2004). Fagdidaktikkens kernefaglighed. I: K. Schnack (red.), *Didaktik på kryds og tværs* (s. 25-45). København: Danmarks Pædagogiske Universitets Forlag.
- Niss, M. (1989). Aims and Scope of Applications and Modelling in Mathematics Curricula. I: W. Blum, J.S. Berry, R. Biehler, I.D. Huntley, G. Kaiser-Messmer & L. Profke (red.), *Applications and Modelling in Learning and Teaching Mathematics* (s. 22-31). Chichester, UK: Horwood.
- Niss, M. (1996). Goals of Mathematics Teaching. I: A.J. Bishop et al. (1996), s. 11-47.
- Niss, M. (2010). Modeling a crucial aspect of students' mathematical modeling. I: R. Lesh, P.L. Galbraith, C.R. Haines & A. Hurford (red.), *Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies: ICTMA 13* (s. 43-59). New York, US: Springer.
- Niss, M. (2012). Models and Modelling in Mathematics Education. *European Mathematical Society. Newsletter*, 86, 49-52.
- Perrenet, J. & Zwaneveld, B. (2012). The many faces of the mathematical modeling cycle. *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(6), 3-21.
- Prediger, S., Gravemeijer, K. & Confrey, J. (2015). Design research with a focus on learning processes: an overview on achievements and challenges. *ZDM*, 47(6), 877-891.
- Ralph, P. & Wand, Y. (2009). A Proposal for a Formal Definition of the Design Concept. I: K. Lyytinen, P. Loucopoulos, J. Mylopoulos & B. Robinson (red.), *Design Requirements Engineering: A Ten-Year Perspective* (s. 103-136). Berlin, Tyskland: Springer.
- Schoenfeld, A.H. (2007). Method. I: F.K. Lester, Jr. (red.), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (s. 69-107). Charlotte, NC, US: Information Age.
- Skovsmose, O. (1994). Towards a critical mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 27(1), 35-57.
- Skovsmose, O. & Borba, M. (2004). Research Methodology and Critical Mathematics Education. I: P. Valero & R. Zevenbergen (red.), *Researching the Socio-Political Dimensions of Mathematics Education* (s. 207-226). New York, US: Springer.
- Skovsmose, O. & Nielsen, L. (1996). Critical Mathematics Education. I: A.J. Bishop et al. (1996), s. 1257-1288.
- Thøgersen, U. (2013). Om at indstille sig fænomenologisk. I: Bjørn Schiermer (red.), *Fænomenologi: teorier og metoder* (s. 125-143). København: Hans Reitzels Forlag.
- Vithal, R. (2003). *In search of a pedagogy of conflict and dialogue for mathematics education*. Dordrecht, Holland: Kluwer.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. New York, US: Cambridge University Press.



## English abstract

*This paper introduces didactic modelling as a logic of inquiry in mathematics education. We outline and reflect on different phases of systematic inquiry in the pursuit of new knowledge. Inspired by the mathematical modelling process, we consider how thinking in terms of models and modelling can offer a meaningful framework for such a pursuit. We discuss the reasons for choosing didactic modelling and compare this approach to design-based research and research rooted in critical mathematics education.*

# Aktuel analyse

I denne sektion tages aktuelle problemstillinger i relation til matematik- og naturfagsdidaktik op til analyse og diskussion. Teksterne gennemgår ikke peer review, men skal være saglige, analytiske og argumenterende. Kontakt gerne redaktionen med idéer til indhold på [mona@ind.ku.dk](mailto:mona@ind.ku.dk).

# Hvem definerer STEM i skolen og i skoleforskning?



Jette Reuss Schmidt, UCN

**Abstract:** Skolens naturfag og matematik optræder oftere og oftere i det amerikansk-inspirerede akronym STEM. Således også i National naturvidenskabsstrategi, i teknologipagten og i Engineering i Skolen. Hverken i USA eller i Danmark er der dog enighed om hvordan STEM skal og bør defineres, eller hvilket indhold det skal have. I denne artikel vises det hvordan danske virksomheder via Dansk Industri og fonde anvender en STEM-kriseretorik til at sikre fokus på T'et, E'et og elevernes/de studerendes arbejdsmarkedsparathed. Med artiklen lægges der op til en debat om hvordan STEM bør defineres, og af hvem.

## Indledning

Når man studerer det internationale naturfaglige forsknings- og udviklingsarbejde der foregår disse år, er det svært at komme uden om STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) eller STEAM (med tilføjelse af Arts). Siden præsident Obama i 2009 anvendte det i sin "Education to Innovate"-kampagne (Obama, 2009), har det gået sin sejrsgang verden over. STEM er i USA båret frem af en dominerende kriseretorik om fremtidens mangel på kvalificeret arbejdskraft (Mansfield, Welton & Grogan, 2014), senest i den femårsplan som præsident Trumps administration udsendte i december 2018, hvori det fastslås at innovationshastigheden og den deraf følgende konkurrence for naturfaglige og tekniske talenter accelererer på globalt plan, og at USA's fremgang og sikkerhed nu mere end nogensinde afhænger af en innovationskapacitet og et effektivt STEM-uddannelsesøkosystem (Committee on STEM Education, 2018). Fx står der:

"Grundlæggende STEM-koncepter læres bedst i en tidlig alder i grundskolens små og store klasser – fordi de er de væsentlige forudsætninger for karrieremæssig teknisk træning [...]. Forøgelse af amerikanernes digitale færdigheder og styrkelse af STEM-arbejdsstyrken nødvendiggør involvering fra hele USA's STEM-virksomhed." (Min oversættelse fra Committee on STEM Education, 2018, s. 1)

I nærværende artikel vises det hvordan danske virksomheder med Dansk Industri (DI) i spidsen følger USA's STEM-krisediskurs og løsningsstrategier. Der peges dog også på den kritik som tager til i STEM's kølvand (Mansfield, 2014; Wolfmeyer, 2017; Zeidler, 2016; Weinstein, 2016). Kritikken går på at STEM-diskursen indsnævrer sciencebegrebet til problemer der skal løses, at de dominerende forsknings- og udviklingsmål vedrørende STEM ligger inden for T'et, "technological literacy for all", med en hovedvægt på digital teknologi (Sharma, 2016) og E'et, "Engineering", med hovedvægt på design, og på at der er en generel tendens til at nedtone det demokratiske engagement i skoleverdenen og at privilegere de økonomiske interesser inklusiv de store virksomheders angst for mangel på arbejdskraft (Zeidler, 2016). Med afsæt i disse kritiske røster vil denne artikel pege på nogle af tidens tendenser vedrørende STEM-diskursen i Danmark. Formålet med artiklen er at lægge op til en debat om hvordan STEM bør defineres, og af hvem.

## Danmark importerer USA's STEM-krisediskurs

### – og følger USA's løsningsstrategier

Stem-krisediskursen kan spores tilbage til sputnikchokket fra 1958 hvor Sovjetunionens succes med opsendelse af sputnik 1 fik daværende præsident Eisenhower til at igangsætte forsøgs- og udviklingsprogrammet National Defense Education Act (NDEA). Man var af den overbevisning at Sovjetunionens skoler overgik de amerikanske med det resultat at de amerikanske forskere var Sovjetunionens underlegne. Som tillæg til NDEA etableredes Elementary and Secondary Education Act (ESEA) der skulle sikre at alle elever kunne nå Sputnik-inspirerede læringsmål (Mansfield, Welton & Grogan, 2014, s. 1159) Resultatet blev først i USA siden i Danmark til den videnskabscentrerede læseplan. Bag denne læseplanstænkning lå en nedsivningstanke hvor basisviden fra universiteternes naturvidenskabelige fag skulle "sive ned" i folkeskolen.

Igen i 1983 kom et politisk opråb fra USA med publikationen *A Nation at Risk* (Gardner, 1983) hvori det blev beskrevet hvordan USA's konkurrencedygtighed blev overgået af en række konkurrerende lande. Og igen fik de amerikanske skoler skylden. Det blev således beskrevet hvordan de amerikanske studerendes faglige formåen var faldet til under niveauet før sputnik-chokket. Midlet til at højne niveauet skulle være faglig standardisering og accountability hvilket betød standardiserede mål og test. Danmark fulgte igen efter med Centrale Kundskabs- og Færdighedsområder (CKF) (Schmidt, 2015).

Op gennem 00'erne tog kriseretorikken igen til i USA. Nu var det manglen på ingeniører og teknikere der var problemet. Og i 2009 lovede præsident Obama at løfte amerikanske studerende fra middel til "top of the pack" i science og matematik i løbet af det næste årti (Mansfield, Welton & Grogan, 2014, s. 1161). Det medførte en

“Educate to Innovate”-kampagne hvor Obama tog kontakt til erhvervslivets penge- stærke topledere. Resultatet blev iværksættelse af offentlig/private partnerskaber der ved hjælp af investeringer fra filantropiske fonde som fx Bill and Melinda Gates Foundation skulle sikre:

“Nye og kreative metoder til at generere og opretholde elevinteresse og entusiasme inden for science og matematik. Genoplivning af opfindsomhed og innovation er afgørende for Amerikas succes der længe har været kernen i det amerikanske økonomiske lederskab.”  
(Min oversættelse fra Obama, 2009)

Et af målene var at få flere, ikke mindst flere kvinder, til at vælge naturvidenskabelige jobs. Og om de efterfølgende STEM-reformer blev det sagt: “Disse reformer vil hjælpe med at forberede USA’s elever på at blive klar til college og karriere og sætte dem i stand til at udkonkurrere enhver arbejdstager, hvor som helst i verden” (min oversættelse fra Mansfield, 2014, s. 1161). Pengene fra det såkaldte Race To The Top (RTTT)-program skulle udelukkende gå til institutioner der således ønskede at forbedre STEM-uddannelsen.

Siden slutningen af 50’erne har STEM-krisediskursen således været dominerende. Det har været virkningsfuldt, for som neoliberalisten par excellence Rahm Emmanuel udtrykte det: “*Lad aldrig en krise gå til spilde ...[...]. Kriser skal ikke løses eller overleves, men strammes og udnyttes*” (min oversættelse fra Weinstein, 2016, s. 65). Den såkaldte STEM-krise hvor arbejdsgiverne gennem mediernes og lovgivningens klager over den manglende evne til at finde kvalificerede ingeniører og teknikere, driver ifølge Weinstein skolernes transformation (Weinstein, 2016).

## T’et og E’et ekspanderer, og S’et og M’et transformeres

Ifølge kritikerne har STEM-uddannelse fået betydelig opmærksomhed i USA med hjælp fra førende amerikanske virksomheder (Mansfield, Welton & Grogan, 2014; Carter, 2016). Således beskrev Business Roundtable (2014), en sammenslutning af administrerende direktører fra store virksomheder, i en rapport fra 2014 (Sharma, 2016, s. 43) at nye arbejdstagere ikke var velforberedte og manglede beskæftigelsesegnethed. Et par år tidligere kom The President’s Council on Jobs and Competitiveness (White House, 2011), hvilket også er et udvalg domineret af de store virksomheder, med en tilsvarende erklæring om at kløften mellem medarbejderfærdigheder og arbejdsgivers behov var stærkest i STEM-uddannelserne. Man gav derfor præsidenten et råd om at forbedre hele STEM-uddannelsessystemet fra førskole til gymnasium så arbejdsmarkedsparatheden blev styrket (Sharma, 2016, s. 43).

Foruden teknologiske, især digitale, og engineering-kompetencer blev der ønsket et fokus på generiske kompetencer såsom kreativitet, innovation, entreprenørskab, problemløsning, samarbejde m.m., alt sammen med udgangspunkt i *den virkelige verdens* problemstillinger.

“I det menneskelige kapital/darwinistiske spil om at sælge os selv er vi alle nødt til at være iværksættere hvor vi sælger os selv og vores arbejde som råvarer. Således producerer STEM-uddannelse dette perfekte emne for neoliberalisme, altså at uddanne “science”-studerende til at sælge sig selv, deres ideer og at se sig selv som iværksættere (ingeniører).” (Weinstein, 2016, s. 65)

Sharma påpeger at når disse magtfulde stemmer i enighed opfordrer til at lukke “færdighedsgabet”, så lytter staten og agerer derefter (Sharma, 2016, s. 43). Metoderne til at pleje virksomhedernes interesse er mange:

1. stærke netværk inkl. nationale råd og komiteer
2. direkte kontakt til politikere
3. adgang til pressen, fx med udgangspunkt i egne eller bestilte rapporter
4. offentlig/private partnerskaber
5. direkte investering i STEM (Sharma, 2016).

Selvom STEM’s neoliberale fortøjninger ifølge Carter (Carter, 2016) er tydelige i den politiske retorik, er de dog mindre tydelige i STEM-uddannelsesretorik. I STEM-didaktik blødgøres den økonomiske vægt, og STEM knyttes mere til det omgivende samfund. Et dansk eksempel på det er:

“Derfor er det bydende nødvendigt, at kommende borgere har tilstrækkeligt kendskab til naturvidenskab og engineering for at kunne deltage i offentlige diskussioner om temaer, der er relateret til de to områder, og til at være kritiske brugere af information med naturvidenskabeligt og teknologisk indhold, som har betydning for deres liv.” (Sillasen, Daugbjerg, Krogh & Nielsen, 2018, s. 17)

Der er således i skolesammenhæng en begyndende løsrivelse fra den hårde retorik om mangel på ingeniører, men kriseretorikken forekommer sideløbende, og uden de store virksomheders finansiering ville det næppe være engineering der blev det centrale omdrejningspunkt for naturfagsdidaktisk skoleforskning.

Den hårde politiske retorik om mangel på ingeniører genfinder vi i Danmark – ikke mindst i teknologipagten (se faktaboks om teknologipagten) hvori der er henvisning til en dokumentation udfærdiget af Ingeniørforeningen IDA og Dansk Industri (Engineer

the Future, 2015). Mindre flittigt bruges analyserne fra Teknologisk Institut hvor det overordnet konkluderes at der er og fortsat vil være STEM-uddannede nok, men at der er "et kvalitativt mismatch i selve matchningsprocessen, som ikke kan løses ved at øge udbuddet af STEM-kandidater" (Teknologisk Institut, 2015, s. 1).

Det bliver spændende at følge udviklingen, for der ligger potentielle interessekonflikter i den bløde og den hårde retorik, og i store dele af USA, hvor læseplaner styres af Next Generation Science Standarder (NGSS), repræsenterer STEM noget mere komplekst som har stor indvirkning på undervisning sammenlignet med en mere traditionel naturfaglig undervisning. I hvert af NGSS-fagområderne udvides indholdet med engineering efter en såkaldt designlogik:

"Pointen er forskellen i hvordan man arbejder med det dissekerede svin eller fåreøje der ligger på dissekeringsbordet, og hvordan man arbejder med objekter. Det er bekræftet at genstande i hvile forbliver i hvile, og at objekter i bevægelse uden påvirkning af eksterne kræfter forbliver i bevægelse. Naturfagsundervisning har ikke primært været at designe et "bedre" øje eller et "hurtigere" objekt. Det ændrer sig i NGSS hvor den nye standard privilegerer en iværksætter-subjektivitet der er eksplicit knyttet til tekniske identiteter (Tonso, 2006). Igen og igen skal eleverne reagere på et påbud om at "designe" i stedet for at udforske, opretholde, pleje eller forholde sig til." (Min oversættelse fra Weinstein, 2016, s. 64)

Kravet om design transformerer således S'et og M'et, og det er et vigtigt spørgsmål hvornår design giver mening, og hvornår det ikke gør.

Indtil videre har Danmark således fulgt USA's STEM-krisediskurs og stort set den samme løsningsstrategi. Som tilfældet er i USA, har den økonomiske magtelite stor indflydelse på denne strategi.

## Den danske magtelites STEM-strategi

Dansk Industri (DI) er vel det tætteste vi kommer på det amerikanske Business Roundtable. Og derfor er det denne organisations indflydelse på STEM-uddannelserne vi skal følge i det nedenstående.

Ifølge bogen *Magteliten* (Larsen, Ellersgaard & Bernsen, 2015) står DI som et bindeled i de hæderkronede danske virksomheders interne netværk. Det beskrives hvor ekstremt velforbundet erhvervslivets inderkreds er til resten af organisationernes netværk. Helt centralt i netværket er landets allerstørste virksomheder som Mærsk, Novo Nordisk og Lego og altså interesseorganisationen DI (Magtelite.dk, 2016 på forsiden).

Engineer the Future, som DI er en del af (se figur 1), bruger den samme STEM-krisediskurs som tilfældet er med Business Roundtable, og recepten er den samme: T'et, E'et og arbejdsmarkedsparathed skal styrkes.

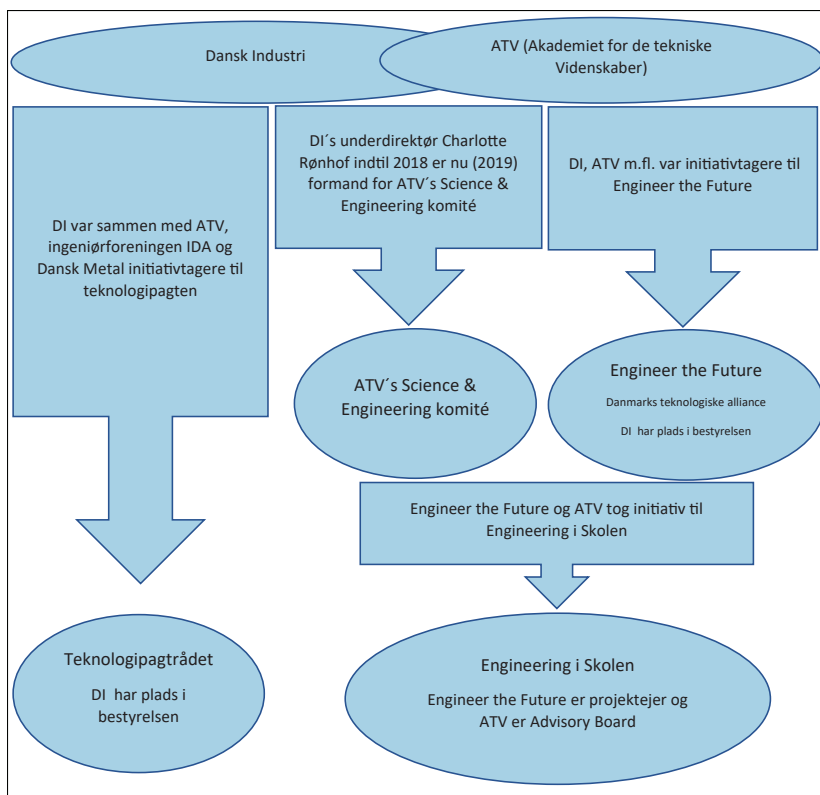


“Danmark halter fortsat bagud i international sammenhæng, når det handler om unges interesse for STEM-uddannelser. Det skal vi have ændret på, hvis danske virksomheder skal kunne klare sig i den internationale konkurrence.” (Engineer the Future, 2017, s. 3)

De seneste stigninger i optag på STEM-studier tyder dog på at de unges interesse for naturfag ikke er blevet ødelagt af den nuværende skoleuddannelse, men at problemet opstår et helt andet sted:

“Samtidig med at danske virksomheder skriger på uddannede inden for teknologi, it, ingeniørkundskab, naturvidenskab og matematik, afviser flere universiteter unge, der søger ind på netop de uddannelser.” (TV 2 Nyheder, 2018)

Ikke desto mindre er det vigtigt for DI at skolen inddrager engineering for at tiltrække flere til ingeniørstudierne. Af figur 1 fremgår det hvor stor indflydelse DI har haft på promoveringen af Technology og Engineering i det danske uddannelsessystem.



**Figur 1.** Dansk Industris og ATV's interessesammenfald og indflydelse på Technology (T) og Engineering (E)

Det fremgår således at DI har haft afgørende indflydelse på etableringen af teknologipagtrådet og af Engineering i Skolen. Det fremgår også at de med deres mange bestyrelsesposter stadig har centrale positioner i de fora hvori STEM bliver defineret i disse år. Det gælder såvel landspolitik som kommunale tiltag.

Som et konkret eksempel på DI's magt kan nævnes Charlotte Rønhof (CR) som i mange år fungerede som DI's talskvinde på uddannelses- og forskningsområdet. Om CR skriver Altinget under overskriften *Charlotte Rønhof stopper i DI: Det er ikke sjovt at være kriger uden fjender*:

“Charlotte Rønhof har tegnet industriens uddannelses- og forskningspolitik siden årtusindeskiftet og har haft markant indflydelse på regeringens politik igennem årene, så meget at hun til tider nærmest selv har skrevet den.” Og: “Skiftende ministre og ordførere har lagt sig i kølvandet på Charlotte Rønhofs politiske linje [...]. Nu takker hun af efter 18 år – for hun har vundet kampen.” (Kristiansen, 2018, forsiden)

Charlotte Rønhof er uden tvivl en dygtig strateg og kommunikator, men tidernes kriseretorik har også været hendes synspunkter gunstige. Foruden formandsposten i ATV's science og engineering-komité er CR nu også blevet udvalgt som formand for *Rådet for børns læring*. CR fortsætter således i to for skolens virke meget afgørende råd.

## Offentlig/private partnerskaber

### *Interessekonflikter opstår*

En af de internationale trends som USA har stået i spidsen for, er offentlig/private partnerskaber. Det er også et fænomen som er nået til Danmark, og som har indflydelse på STEM. Nedenfor gives nogle eksempler:

### *Engineer the Future*

IDA, DI, ATV, universiteter og en række store virksomheder har etableret den teknologiske alliance “Engineer the Future” hvis formål er at komme manglen på arbejdskraft til livs, blandt andet gennem en opkvalificering af fødekæden fra grundskole til universitet inden for teknologi og naturvidenskab. DI har sæde i bestyrelsen.

### *Tænk tanken DEA*

DI har en toppost i DSEB's (Danish Society for Education and Business) bestyrelse. DSEB der har som mål at løfte forsknings- og uddannelsesarbejdet med et globalt forretningsperspektiv (DSEB, 2019), tog i 2010 initiativ til etablering af den offentlige/private tænketank DEA. DEA arbejder for at styrke værdiskabelsen og væksten

i Danmark gennem bedre viden om tidlig indsats, uddannelse og forskning (DEA, 2015). DEA har udfærdiget rapporten *Hvordan får vi STEM på lystavlen hos børn og unge?* (Jørgensen et al., 2019). DEA tog i øvrigt også initiativ til NEUC (Naturfagenes evaluerings- og udviklingscenter).

### *Naturvidenskabernes Hus*

Naturvidenskabernes Hus blev etableret i et "tripel helix"-samarbejde mellem interessenter fra erhvervslivet (især Grundfos og HedeDanmark), uddannelsesinstitutioner (fra grundskole til universitetsniveau) og offentlige myndigheder. "Parterne gik sammen for at tage ansvar for løsning af samfundsproblematikken omkring mangel på medarbejdere med kompetencer indenfor naturvidenskab og teknik" (Naturvidenskabernes Hus, 2013, s. 1). DI har sæde i bestyrelsen.

### **ASTRA**

Ifølge resultataftale af 2018 (Astra, 2018) indgår den offentlige investering i ASTRA i et samspil med de privatfinansierede programmer i forholdet 50/50 offentlig/privat. DI har sæde i ASTRAs bestyrelse.

Eksemplerne ovenfor kan give anledning til spørgsmål vedrørende interessekonflikter. Der er næppe nogen tvivl om at de virksomheder som investerer i fx engineering, har en interesse i at promovere ingeniørfaget og styrke elevernes interesse herfor. Man kan blot se introduktionsvideoen i Naturvidenskabernes Hus om den hjælpende ingeniør (*Engineer the Future*, 2019). I undervisningsregi vil der derimod være større fokus på elevernes almene dannelse inklusiv teknologisk dannelse. Umiddelbart behøver der måske ikke være en konflikt her, men interessekonflikten opstår når man fx skal definere *Engineering thinking*. Hvorfor skal eleverne lære at tænke som ingeniører? Og hvor stor en del af STEM skal bygges op omkring eleverne som værende tænkende ingeniører? Forbliver den virkelige verdens problemstillinger virkelige når de bringes ind i klasselokalet? Når eleverne fx skal designe en vandpumpe i forbindelse med vands ulige fordeling i verden, kan man spørge til tidsforbruget i pumpekonstruktionen med alle Engineering-faserne sammenlignet med den tid det må tage for at eleverne får en forståelse af virkelighedens problemer med vand. De offentlig/private samarbejder er ikke uproblematisk, og der vil formentlig forekomme forskellige svar på spørgsmålene.

De fem strategier som Business Roundtable benyttede for at få udbredt STEM-krisediskursen, kan således genfindes i Danmark. Det vil sige at de pengestærke danske virksomheder har gode muligheder for at få deres mærkesager gennemført ved hjælp af stærke netværk, direkte kontakt til politikere, økonomi til at bestille og udfærdige rapporter hvis resultater offentliggøres i medierne, offentlig/private partnerskaber og

direkte investeringer i STEM. Den største investering i STEM i skolen og i skoleforskning går via diverse fonde hvilket vi skal se på i næste afsnit.

## Fondes STEM-definitioner styrkes

Ifølge Birgitte Boesen (2018) er fondene i bevægelse fra diskrete velgørere til synlige samfundsaktører. Figur 2 illustrerer denne bevægelse i hovedtræk.



Figur 2. Udvikling i fondes filantropistrategi

Af ovenstående figur fremgår det at der blandt fondene er en bevægelse væk fra armlængde-filantropi til mere målrettede indsatser hvor fondene selv står for eller er inddraget i idégenerering og realisering (Boesen, 2018, s. 66). I forbindelse med den efterhånden meget anvendte kampagnofilantropi opfordrer fonden via *calls* til at søge om midler til nogle af fonden definerede projekter. I den forbindelse stiller fonden ofte krav om at ansøgerne går sammen i partnerskaber om at søge midler til et større projekt. Endelig vælger nogle fonde (heriblandt Poul Due Jensens Fond som er hovedaktionær i Grundfos) helt at droppe ansøgningerne for i stedet at fokusere indsatsen på nogle få områder. Disse fonde har en idé om at fondenes uddelinger ikke skal være afhængige af ansøgerfeltet, men at fondenes vision bedst varetages ved at fonden selv opsøger samarbejdspartnere (Boesen, 2018, s. 67). Der er således tale om en top-down-proces hvor bevillingsmodtagerne først inddrages i projektmodningsfasen og ikke i initiativfasen (Boesen, 2018, s. 67)

Om dette sagde Christian Hartvig (direktør for Poul Due Jensen Fonden indtil november 2018):

“Vi inddrager brugere i projektmodningsfasen, men ikke i initiativfasen. Metoden er ganske vist tidskrævende, men den skaber forankring dér, hvor ansvaret for at virkeliggøre forandringerne ligger.” (Boesen, 2018, s. 67)

Man kan således sige at definitionsretten ligger hos ansøgerne i armlængde-filantropien og i betydelig grad hos fondene når disse ikke har nogen ansøgningsknap. Calls og de tematiske ansøgningsprocedurer ligger et sted imellem de to yderpunkter.

Der er også en bevægelse fra enkeltstående og kortsigtede uddelinger til langtidsvirkende og koordinerede indsatser. Engineering i Skolen, som er et 10-årigt projekt, er et eksempel herpå. Der er desuden større samarbejde fondene imellem så indsatser koordineres. Dette sker ikke mindst med etableringen af *Fondenes Videnscenter* i 2018. Også dette giver fondene store magtbeføjelser, hvilket forstærkes af at fondene ofte indgår i offentlig/private samarbejder ud fra en idé om *shared value* hvor løsning af samfundsmæssige udfordringer vil skabe værdi både for erhvervslivets økonomiske interesser og for den almennyttige interesse. Netop her står STEM helt centralt, især med fokus på T'et, E'et og de generiske kompetencer.

Jævnfør beskrivelsen af fondenes bevægelse taler man i dag om *donor*fonde og *driver*fonde hvor sidstnævnte er fonde der udvikler et bestemt felt og ofte selv får gavn af "investeringen". At mange fonde samtidig skærper deres uddelingskriterier og styrker sekretariatsbetjeningen, betyder en dybere sagsbehandling og en ændret relation mellem ansøger og fond. Fondene har nu ressourcer til at udvikle egne proaktive initiativer, og sekretariatsmedarbejderne har mulighed for selv at researche samt at deltage i og/eller arrangere konferencer. Alt sammen betyder at fondene kan matche ansøgernes faglige miljøer (Boesen, 2018, s. 193), og at fondenes mulighed for at definere STEM styrkes.

I medierne kritiseres de indflydelsesrige fonde i øvrigt for at være udemokratiske og styret af en meget lille magtelite:

“– Der er tale om private fonde, som har en meget stor indflydelse på, hvad der foregår i det danske samfund. Deres prioriteringer og afgørelser om støtte er uigennemsigtige og foretages af en begrænset personkreds – og der er ingen krav om begrundelser. Fondenes beslutningsprocesser er uden demokratisk forankring.” (Boje, 2017)

Desuden kritiseres fondene for ikke at betale overheads. Det medfører en skævvridning af definitionsretten idet det offentlige må finansiere de ikke-definitionsgivende elementer såsom bygninger, administrative udgifter og fx lærernes løn i forbindelse med kompetenceløft og kursusdeltagelse. Dette forstærkes af at mange af fondsmidlerne gives under forudsætning af offentlig medfinansiering. De meget tidskrævende fondsansøgninger finansieres som regel også af det offentlige. Endelig kan det nævnes at de almennyttige fonde kritiseres for et meget lille skattebidrag. *“Stigende milliardsummer snor sig uden om statskassen og uddeles af private fonde uden for demokratisk kontrol.”* Sådan var en overskrift i djøfbladet med fortsættelsen: *“Magten er i højere grad end tidligere flyttet fra Folketinget og ud til pengestærke fonde”* (Rebsdorf, 2014).

Med uddannelsesinstitutionernes årlige besparelse på 2 % og med et meget begrænset forskningsbudget for professionshøjskolernes vedkommende får fondene stor bestemmelsesret i forhold til hvad der skal forskes i. Det forstærkes af det faktum at fondene kan trække 104 % af de filantropiske udbetalinger fra i skat. Det gælder også de såkaldte interne uddelinger som fx er fondenes egen forskning, altså i de tilfælde hvor fondene selv står for idégenereringen.

I medierne diskuteres det rimelige i fradragsretten på 104 % jævnlige. Men for det første er der en politisk berøringsangst i forhold til de store fonde. Her er det nærmest kun Enhedslisten som giver udtryk for det udemokratiske i fondenes magt. Argumenterne for fradraget går ofte på at fondene støtter projekter som det offentlige ikke kan eller vil støtte. Til det er der dog at sige at når det drejer sig om STEM i folkeskolen og i skoleforskning, så er vi helt inde ved kernen af demokratiet, og det rimelige i de 104 %'s fradrag kombineret med uddannelsernes 2 % besparelse burde være et hot politisk emne. Der skal dog ikke herske nogen tvivl om at naturfagsundervisning har nydt godt af og stadig nyder godt af de mange fondsmidler der tildeles området, men netop fondenes bevægelse fra diskrete velgørere til synlige samfundsaktører kombineret med deres store indtjening og de 104 % skattefradrag giver dem enorm magt i forbindelse med STEM's placering mellem almindelig og arbejdsmarkedsparathed.

## Engineering i Skolen som eksempel

**Formål:** Engineering i skolen (EiS) er et 10-årigt program der skal integrere "engineering" i STEM-undervisningen i grundskolen (Engineer the Future, 2019, forsiden). Engineering er at forstå som ingeniørernes arbejdsmetode. Det vil sige en anvendelsesorienteret og problemløsende tilgang hvor undersøgelse, idégenerering, design, konstruktion, test og justering er centrale elementer (Auener, Daugbjerg, Nielsen & Sillasen, 2018, s. 10).

**Samarbejde:** Engineering i Skolen er et samarbejde mellem Naturvidenskabernes Hus, Engineer the Future, Astra og VIA University College. Dansk Industri har, som nævnt, sæde i alle de tre førstnævnte bestyrelser.

**Opgavefordeling:** Engineer the future er projektejer og står for den overordnede formidlingsdel. Akademiet for de Tekniske Videnskaber (ATV) er ansvarlig for projektets Advisory Board, mens VIA University College står for udvikling af en engineering-didaktik og for efteruddannelse af undervisere på læreruddannelserne og udvalgte lærere i samarbejdskommuner. Desuden står Naturfagernes Evaluerings- og Udviklingscenter (NEUC) for projektevalueringen. Evalueringsopgaver hos NEUC varetages ofte i et samarbejde mellem konsulenter fra Astra og fra Institut for Naturfagernes Didaktik på Københavns Universitet.

**Økonomisk støtte:** EiS støttes af Villum Fonden, Industriens Fond, Lundbeckfonden og A.P. Møller og Hustru Chastine Mc-Kinney Møllers Fond til almene Formaal (Auener et al., 2018, s. 2).

Man kan konstatere at E'et efterhånden har fået lige så stor opmærksomhed i Danmark som tilfældet er i STEM's hjemland, USA. Også i Danmark er der store penge bag idégenereringen og offentlig/private netværk til at understøtte udbredelsen. NEUC's evalueringer er ganske givet lødige, men der er en potentiel risiko for interessekonflikter når evalueringerne bruges af offentlig/private partnerskaber som salgsargumenter til landets kommuner som skal dække kursusdeltagernes løn. Og netop det langsigtede Engineeringprojekt kombineret med det forventede storstilede salg til kommunerne gør det til et interessant demokratisk anliggende. Hvad får skatteyderne for deres penge? Og her er vi igen helt inde ved kernen af demokratiet. Hvorfor driver vi skole? Hvordan skal skolens STEM-undervisning udformes? Hvis EiS var et rent offentligt anliggende, ville det stå til offentlig diskussion, men som situationen er nu, er udviklingen af EiS mere afhængig af om Mærsk fonden vil støtte projektet. Og med fondenes nye strategier får de formentlig afgørende indflydelse på projektets udformning og dermed udformningen af STEM i skolen. Det har nemlig stor betydning hvilke dele af skolens STEM-undervisning som bringes ind i et udviklingsmæssigt fokus.

Et vigtigt demokratisk spørgsmål er om det endelige mål med EiS er almindelse som det fremgår af *Engineering i skolen. Hvad, hvorfor, hvordan* (Auener et al., 2018, s. 29), eller om det er at få flere ind på ingeniørstudierne som Engineer the Future skriver (Engineer the Future, 2019). Det er ikke uvæsentlige spørgsmål at få afklaret idet det må have en betydning for undervisningens udformning.

I amerikansk sammenhæng er der en tendens til at give skolen skylden for alle samfundets kriser (Carter, 2016). Vi ser en tendens til det samme hos en af EiE's (Engineering is Elementary) stiftere, Christine M. Cunningham, der siger at barnet fødes som ingeniør, men at skolen ødelægger ingeniøren i barnet (Cunningham, 2009). Engineering fremhæves i en sammenligning med hvad der i øvrigt må betegnes meget traditionel fagsilo-undervisning med fokus på udenadslære og "bag til bæk"-undervisning.

På den baggrund må man spørge om der i det 10-årige projekt er indlejret ideer om gradvis løsrivelse fra de amerikanske lovprisninger af EiE's ufattelige formåen (se evt. [www.eie.org](http://www.eie.org), [www.Engineerthefuture.dk](http://www.Engineerthefuture.dk) og Rapporten *Big Ideas: The Future of Engineering in Schools* (Royal Academy of Engineering, 2016), og om man vil komme med mere realistiske bud på hvad Engineering i skolen kan formå.

Man kunne også spørge om hvilke undervisningsformer engineeringprojektet bliver sammenlignet med. Vil projektet få lov at udvikle sig i forhold til den danske kontekst så lærerne inddrages i projektudviklingen? I NEUC's rapport *Engineering i skolen – syntese af en praksiskortlægning* står der fx:



“Lærernes opfattelse af faglighed er ofte (i starten) i konflikt med de generiske kompetencer, som eleverne har brug for til at blive gode til “engineering” (såsom samarbejdsevne, problemløsning og kreative processer.” (Sølberg & Waadegaard, 2018, s. 4).

Det kunne være interessant at få uddybet om konflikten mellem de generiske kompetencer og lærernes forståelse af faglighed blev opløst. Og vigtigst at få at vide om det kun var lærernes forståelse der blev ændret, eller om lærernes forståelse af faglighed også gav anledning til ændring af projektmæssige tiltag.

Retfærdigvis skal det siges at der i nyere engineeringtiltag som fx den såkaldte FITS-model (Focus – Investigation – Technological design – Synergy) er større fokus på fagenes materiale indhold. Og netop fagenes materiale indhold er formentlig indlejret i lærernes forståelse af faglighed.

På tilsvarende vis kunne teknologipagten gennemgås, men af pladshensyn beskrives den blot i nedenstående faktaboks.

Teknologipagten blev oprettet primo 2018 hvor regeringen afsatte 75 mio. kr. frem til 2021.

**Idéskabere:** IDA, DI, Dansk Metal og ATV (Akademiet for Tekniske Videnskaber) efter hollandsk forbillede: [www.technikpact.nl](http://www.technikpact.nl). Et par af den hollandske pagts indsatser har været at få teknologi ind i lærernes efteruddannelse og at få flere kvinder til at interessere sig for STEM-fagene.

**Formål:** Teknologipagten skal styrke danskernes tekniske og digitale kompetencer til gavn for erhvervslivet og den enkelte så alle kan deltage i og være med til at udvikle samfundet i en teknisk og digital retning (Teknologipagten, 2019).

**Mål:** 20 % flere danskere skal i løbet af 10 år fuldføre en STEM-uddannelse, og den danske arbejdsstyrkes STEM-kompetencer skal være blandt de bedste i Europa.

**STEM** defineres som: teknologi, IT, ingeniørkundskab, naturvidenskab og matematik (Teknologipagten, 2019).

**Pagtens forpligtelse:** Når virksomheder og offentlige institutioner skriver under på pagten, forpligter de sig til at understøtte pagtens formål og at iværksætte projekter som understøtter pagtens målsætninger.

**Teknologipagtsrådet:** 17 medlemmer fra erhvervslivet, organisationer, uddannelsesområdet og ministerier.

Af pladshensyn udelades en nærmere analyse af teknologipagten, men til en sådan ville høre hvilken indflydelse DI, IDA, Dansk Metal og ATV fik på dens konkrete udformning, og en diskursanalyse af teknologipagtens forholden sig til STEM som almindelse og/eller arbejdsmarkedsparathed, herunder en videreførelse af USA's Race to the top. Endelig kunne det være interessant at se nærmere på Teknologipagtsrådets definerings af teknologiforståelse.

## Faktaboks 2. Teknologipagtens idégrundlag

## Nye tilgange til STEM

Da STEM er et forholdsvist nyt akronym, er man hverken i USA eller i Danmark nået til konsensus om skolens STEM-indhold eller for den sags skyld STEM-metoder. I USA og i andre OECD-lande diskuteres sammenhængen eller mangel på samme mellem de enkelte fag i STEM stadig mere intenst ud fra politiske, filosofiske og erkendelsesteoretiske anskuelsesvinkler (Chesky & Wolfmeyer, 2015). Det samme kan næppe siges at være tilfældet i Danmark. Vi bør dog åbent diskutere hvorvidt vi i Danmark skal følge USA's uddannelsespolitiske overordnede fokus på T'et, E'et og arbejdsmarkedsparathed. I den sammenhæng kunne det være interessant at inddrage Jürgen Habermas' idé om erkendelsesledende interesser (Habermas, 1970) i forbindelse med en undersøgelse af magtforhold og særinteresser. Det synes som om han er mere aktuel end nogensinde. Vi bør således åbent diskutere magtforholdene i forbindelse med STEM i skolen og i skoleforskning. Hvilke interesser bæres frem? Hvad betyder de offentlig/private samarbejder? Hvilke tiltag bliver støttet, og hvilke gør ikke? Kan det amerikanske S sidestilles med det danske fysik/kemi, biologi og geografi i akronymet STEM? For at svare dybdegående på det sidste spørgsmål er det ikke nok at komme med flere eksempler på *hvordan* T'et og E'et kan brede sig ind over de enkelte fag. Der er brug for dybere indsigt i fagenes filosofi. Altså indsigt i STEM-fagenes forhold til: a) *den virkelige verden* (ontologi), b) hvilken viden om verden vi kan opnå (epistemologi), c) hvordan vi opnår denne viden (metodologi), og d) hvilken værdi den viden vi opnår, har (aksiologi).

Problemet er hvem der skal betale for et sådant arbejde, for det har næppe den økonomiske elites interesse. Det bliver således formentlig ikke fondene, og professionshøjskolernes forskningsmidler er stærkt begrænsede og i øvrigt ofte koblet til fondsmidler, og da forskningsmidlerne skal være direkte anvendelsesorienterede i forhold til folkeskolen, bruges de mest på *hvad der virker*, og ikke på *hvad der bør virke*.

Et sted at begynde kunne dog være at læne sig op ad en af tidens store filosoffer, Alain Badiou, som vil tilbage til og forstærke den traditionelle filosofi samtidig med at han vil styrke dens aktualitet og relevans (Badiou & Feltham, 2003). Hans store forbillede er Platon som ifølge Badiou kunne generere filosofi for sin tid. Ny teknologi får givetvis stor betydning for vores fremtidige samfund, men i undervisningssammenhæng er det vigtigt at holde sig for øje hvad der vil ændre sig, og hvad der ikke vil (Biesta, 2007), og hvilke forståelsesområder der kan styrkes ved en design-logik, og hvilke der ikke kan. Badiou er af den opfattelse at hvis vi ønsker reelle forandringer, må vi have en grundig viden om den nuværende situation. Det vil i forbindelse med STEM sige viden om hvilke ontologiske, epistemologiske og aksiologiske tilgange der er at finde i politiske dokumenter og i fondenes strategier m.m.

Som et interessant eksempel på hvordan et sådant arbejde kunne udføres, kan projektet *Rethinking the Role of STEM in Philosophy of Education: Implication for Education*

*Research* (Chesky & Wolfmeyer, 2015) nævnes. Her tages der netop udgangspunkt i Badius metodiske tilgang, og gennem en diskursanalyse af diverse politiske dokumenter om STEM i USA opnås en gedigen viden om hvilke filosofiske tilgange der er at finde i dokumenterne. Analysens kodning blev bygget op omkring de ord som i dokumenterne tilknyttedes ontologiske, epistemologiske og aksiologiske aspekter ud fra en idé om at uddannelsespolitik handler om ord og ordenes betydning og om retoriks overbevisende kraft. Gennem analysen fik man således en viden om dokumenternes opfattelser af *virkeligheden*, af hvad eleverne kan og skal *forstå*, og af hvilken *værdi* man tillægger denne forståelse. Gennem analysen fandt man også nye interessante vinkler på STEM-undervisning med fokus på sociale og økologiske kriser.

Der synes i Danmark at være generel enighed om at naturvidenskab og teknologi ikke skal udvikle sig udenfor livsverdenen og kulturverdenen. At forstå naturens og teknikkens del af elevernes egen livsverden må være en væsentlig del af almindendannelse. Til den almene dannelse hører også at kunne sætte sig i andres sted. I modsætning til det angelsaksiske science-begreb indeholder naturfag i Danmark (gælder for folkeskolen og læreruddannelsen) også kulturgeografiens hermeneutiske tilgange hvor fx teknologi forstås i lyset af menneskers levevilkår i Danmark og andre steder i verden. Den vinkel kunne bidrage til forståelse af den *virkelige verdens* sociale og økologiske kriser, men ikke hvis den blot medtages som et vedhæng til et engineeringprojekt med hovedfokus på design og generiske kompetencer. Det er vigtigt at der skabes balance mellem den formale og materiale dannelse.

## Perspektiveringer

Som artiklen har forsøgt at vise, ligger mulighederne for at definere STEM i et komplekst system indeholdende modstridende interesser som får mindelser om J. Habermas' *erkendeinteresser*. Til systemet hører således den helt overordnede politiske beslutning om at gøre de mest velstående virksomheder meget velstående, at give dem skattefordele ved donationer og at bespare uddannelserne hvilket alt sammen har stor indflydelse på STEM i skolen og i skoleforskning. Men til systemet hører også STEM i sig selv. I *Erkenntnis und Interesse* skriver Habermas (1970) om det umulige i værdi- og interessefrie videnskaber. Habermas mener at al videnskab er udtryk for "erkendelsesledende interesser". Og i *Strukturwandel der Öffentlichkeit* beskriver Habermas (1990) hvordan vores samfund er grundlagt på nogle af oplysningstidens idealer om fri meningsudveksling, men at disse idealer pga. særinteresser og magtforhold ikke er fuldt realiseret. Som forhåbentlig vist gælder dette også STEM i uddannelsessystemet.

Generelt i danske naturfagsdidaktiske kredse er der dog en overordnet enighed om at den almene dannelse er af afgørende betydning for undervisningen. Og næppe

nogen vil hævde at der ikke skal lægges vægt på både elevens formale dannelse og det materiale indhold, men balancen mellem dem varierer meget, og de økonomiske interesser har i disse år en tendens til at forskyde dannelsen over mod det formale. Det er fx tilfældet når der er særligt fokus på de generiske kompetencer såsom innovation og entreprenørskab.

Som en dannelseseoretisk reaktion på tidens fokus på de formale kompetencer skriver Andreas Gruschka:

“Undervisning må (derfor) gøre forståelsen til målestok og samtidig tage hensyn til de forudsætninger og mulighedsbetingelser, som sagen selv og elevernes disposition giver for forståelse. Kernen i undervisningsforberedelsen er at klarlægge en model for de mulige veje til en forståelse af sagen.” (Gruschka, 2016, s.100)

Forståelse af naturen bør således ikke reduceres til formal dannelse eller generiske kompetencer. Eleverne skal ikke blot lære at lære eller lære at designe, men lære at forstå – viden, forståelse og kundskaber er bundet op på faglig substans og i mange tilfælde på noget (sagen) der har værdi i sig selv. Med nyere tilgange inden for engineering som fx FITS har man taget et vigtigt skridt mod inddragelse af den materiale dannelse, men naturen og menneskets ageren i den tilbyder også uendeligt mange forståelsesveje som ikke kan reduceres til målstyringsfragmenter eller “designmodellering”, og netop at lade eleverne se de mange muligheder er en vigtig del af almindendannelse.

I forbindelse med National Naturvidenskabsstrategi (Regeringen, 2018) og den efterfølgende implementering af strategien kunne det være interessant at inddrage Gilles Deleuzes “og” fremfor “enten/eller” (Parr, 2010, s. 33). Det vil sige at have fokus på både naturfagernes historiske udvikling og deres fremtidige virke. At forstå det historiske og det fremadrettede som folder i et langt historisk “tæppe” hvor tidsaktuelle tilgange har det med at blive gemt væk for en tid som bagsiden af nyere tilgange, skønt de netop har andel i de nye tilgange. Forståelse af dette “historiske tæppe” med diverse foldninger benævner Deleuze interdisciplinaritet, hvilket kan give en ny vinkel på den naturfagsdidaktiske tilgang til STEM’s interdisciplinaritet. “STEM-fagene” var således sammenlagt i renæssancen hvor videnskabsmændene selv var med til at udvikle deres måleinstrumenter, og hvor personer som René Descartes og Francis Bacon udviklede filosofiske tilgange på baggrund af tidens nye opdagelser. Siden blev fagene mere og mere specialiserede og adskilt med nye naturvidenskabelige landvindinger til følge. Begge dele fungerer som foldninger i Deleuzes interdisciplinaritet. Meget tyder på at vi står over for en (re)renæssance hvor fagene igen sammenflettes. Men for at referere til Deleuze bør det ikke ske ved at se bort fra de tidligere folder hvor fagene udviklede sig adskilt. Vigtigst er det dog at byde ind med et gedigent informeret alternativ til tidens neo-sputnik-bevægelse med tilhørende STEM-kriseretorik.

## Referencer

- Astra. (2018). Resultataftale 2018 mellem astra og undervisningsministeriet. Lokaliseret 10.03.2019 på [https://astra.dk/sites/default/files/astra\\_resultatkontrakt\\_2018.pdf](https://astra.dk/sites/default/files/astra_resultatkontrakt_2018.pdf).
- Auener, S., Daugbjerg, P.S., Nielsen, K. & Sillasen, M. (2018). Engineering i skolen. Hvad, hvordan, hvorfor. VIA University College.
- Badiou, A. & Feltham, O. Trans. and Ed. (2003). Infinite thought: Truth and the return of philosophy. New York: Continuum.
- Biesta, G. (2007). Why "what works" won't work: Evidence-based practice and democratic deficit in educational research. *Educational Theory*, 57 (1), 1-22.
- Boesen, B. (2018). Fonde i bevægelse fra diskrete velgørere til synlige samfundsaktører. Gråsten: DJØF Forlag.
- Boje, T. (2017). Citat i artiklen: Fondenes magt er stigende. Lokaliseret 10.03.2019 på <https://www.altinget.dk/artikel/fondenes-magt-er-stigende-og-ap-moeller-er-uroerlig>.
- Business Roundtable. (2014). Change the equation survey on U.S. workforce skills. Summary og findings. Lokaliseret 10.03.2019 på [https://www.ecs.org/wp-content/uploads/2014-BRT-CTEq-Skills-Survey-Slides\\_0.pdf](https://www.ecs.org/wp-content/uploads/2014-BRT-CTEq-Skills-Survey-Slides_0.pdf).
- Carter, L. (2016). Neoliberalism and STEM education. *Journal for Activist Science and Technology Education*, 7(1).
- Chesky, N.Z. & Wolfmeyer, M.R. (2015). Philosophy of STEM education: A critical investigation. New York: Palgrave Macmillan.
- Committee on STEM Education. (2018). Charting a course for success: America's strategy for STEM education. Lokaliseret 10.03.2019 på <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/12/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf>.
- Cunningham, C.M. (2009). Engineering is elementary. *The Bridge*, 30(3), 11-17.
- DEA. (2015). Tænketanken DEA. Lokaliseret 10. marts på: <Http://Dea.Nu//Taenketanken-Dea>.
- DSEB. (2019). Om DSEB. Lokaliseret 10.03.2019 på <https://dseb.dk/om-dseb>.
- Engineer the Future. (2015). Prognose for mangel på ingeniører og naturvidenskabelige kandidater i 2025. Lokaliseret 10.03.2019 på [https://engineerthefuture.dk/media/1519/prognose\\_for\\_mangel\\_paa\\_ingenioerer\\_og\\_naturvidenskabelige\\_kandidater\\_i\\_2025.pdf](https://engineerthefuture.dk/media/1519/prognose_for_mangel_paa_ingenioerer_og_naturvidenskabelige_kandidater_i_2025.pdf).
- Engineer the Future. (2017). #etfdk2017. Lokaliseret 10.03.2019 på <https://engineerthefuture.dk/media/1528/aarsberetning2017.pdf>.
- Engineer the future. (2019). Engineering i skolen. Lokaliseret 10.03.2019 på <https://engineerthefuture.dk/engineering-i-skolen>.
- Gardner, D.P., Larsen, Y.W., Baker, W., Campbell, A. & Crosby, E.A. (1983). A nation at risk: The imperative for educational reform United States Department of Education.
- Gruschka, A. (2016). At lære at forstå – et forsvar for god undervisning. Aarhus: Forlaget Klim.
- Habermas, J. (1970). Erkenntnis und interesse. Suhrkamp Frankfurt am Main.
- Habermas, J. (1990). Strukturwandel der öffentlichkeit. Germany: Suhrkamp taschenbuch wissenschaft.

- Jørgensen, M.F., Fløe, A., Falkencrone, S., Lindorf, M. & Jakobsen, K.T. & B., A.S.(Red). (2019). Hvordan får vi STEM på lystavlen hos børn og unge. Hentet d. 11. marts 2019 på: [https://dea.nu/sites/dea.nu/files/pixi\\_-\\_stem\\_paa\\_lystavlen\\_hos\\_boern\\_og\\_unge.pdf](https://dea.nu/sites/dea.nu/files/pixi_-_stem_paa_lystavlen_hos_boern_og_unge.pdf).
- Klafki, W. (2008). Neue studien zur bildungstheorie und didaktik: Zeitgemäße allgmeinbildung und kritisch-konstruktive didaktik Beltz.
- Kristiansen, T.G.C. (2018). Charlotte Rønhof stopper i DI. Lokaliseret 10.03.2019 på <https://www.altinget.dk/forskning/artikel/charlotte-roenhof-stopper-i-di-det-er-ikke-sjovt-uden-fjender>.
- Larsen, Anton Grau, Ellersgaard, Christoph & Bernsen, Markus. (2015). Magteliten. Hvordan 423 danskere styrer landet. Latvia: Politikens Forlag.
- Magtelite.dk. (2016). Kortlægning af magtens netværk i danmark. Lokaliseret 10.03.2019 på <https://magtelite.dk/2016/08/04/erhvervslivet-inderkreds-dansk-industri-som-bindeled-mellem-de-haederkronede-virksomheder/>.
- Mansfield, K.C., Welton, A.D. & Grogan, M. (2014). "Truth or consequences": A feminist critical policy analysis of the STEM crisis. *International Journal of Qualitative Studies in Education*, 27(9), 1155-1182.
- Naturvidenskabernes hus. (2013). Ansøgning om midler til naturvidenskabernes hus. Lokaliseret 10.03.2019 på <https://arkiv.viborg.dk/referater2005-2013/files/OK-120613-11-01.pdf>.
- Obama, B. (2009). Education to innovate. Lokaliseret 10.03.2019 på <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/remarks-president-education-innovate-campaign>.
- Parr, A. (2010). Deleuze dictionary revised edition. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Rebsdorf, G. (2014). Private fonde styrer mere og mere. Lokaliseret 10.03.2019 på <https://www.djoefbladet.dk/artikler/2014/8/private-fonde-styrer-mere-og-mere.aspx>.
- Regeringen. (2018). National naturvidenskabsstrategi. Undervisningsministeriet, Frederiksholms Kanal 21.
- Royal Academy of Engineering. (2016). Big ideas: The future of engineering in schools. Lokaliseret 10.03.2019 på <https://www.raeng.org.uk/publications/reports/imeche-big-ideas-report>.
- Schmidt, J.R. (2015). På sporet af magtspillet om dansk naturfagsundervisning. MONA – Matematik- og Naturfagsdidaktik, (1).
- Sharma, A. (2016). STEM-ification of education: The zombie reform strikes again. *Journal for Activist Science and Technology Education*, 7(1).
- Sillasen, M.K., Daugbjerg, P., Krogh, L.B. & Nielsen, K. (2018). Engineering i skolen: Videngrundlag. Aarhus: Via university college. Lokaliseret 10.03.2019 på [https://www.ucviden.dk/portal/da/publications/engineering-i-skolen\(2d8a5ff9-3ab5-4a10-965f-46ebe403919d\).html](https://www.ucviden.dk/portal/da/publications/engineering-i-skolen(2d8a5ff9-3ab5-4a10-965f-46ebe403919d).html).
- Sølberg, J. & Waadegaard, N. (2018). Engineering i skolen – syntese af en praksiskortlægning. Lokaliseret 10.03.2019 på [http://www.neuc.dk/wp-content/uploads/2018/02/EiS\\_Kortlaegning\\_januar\\_2018-ny.pdf](http://www.neuc.dk/wp-content/uploads/2018/02/EiS_Kortlaegning_januar_2018-ny.pdf).
- Teknologipagten. (2019). Om teknologipagten. Lokaliseret 10.03.2019 på <https://www.teknologipagten.dk/teknologipagten/om-teknologipagten>.

- Teknologisk Institut. (2015). Har vi naturvidenskabelige kandidater nok? Lokaliseret 10.03.2019 på <https://www.teknologisk.dk/har-vi-naturvidenskabelige-kandidater-nok/37112>.
- Tonso, K.L. (2006). Theorizing identity in engineering learning settings: A sociocultural take. Paper presented at the 4S conference, Vancouver, BC.
- TV2 Nyhederne. (2018). Dansk industri slår alarm over manglende studiepladser. Lokaliseret 10.03.2019 på <http://nyheder.tv2.dk/samfund/2018-09-16-dansk-industri-slaar-alarm-over-manglende-studiepladser>.
- Weinstein, M. (2016). Critiquing and transcending STEM. *Journal for Activist Science and Technology Education*, 7(1).
- White House. (2011). President's council on jobs and competitiveness. Lokaliseret 10.03.2019 på <https://obamawhitehouse.archives.gov/administration/advisory-boards/jobs-council>.
- Wolfmeyer, M. & Lupinacci, J. (2017). (Re)considering STEM education: Interrupting an omnipresent discourse. *Critical Education*, 8(15).
- Zeidler, D.L. (2016). STEM education: A deficit framework for the twenty first century? A socio-cultural socioscientific response. *Cultural Studies of Science Education*, 11(1), 11-26.



# 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.

# Som man spørger, får man svar



Arne Mogensen, VIA  
University College

*Kommentar til Larsen & Lindhardt: "Undersøgende aktiviteter og ræsonnementer i matematikundervisningen på mellemtrinnet", MONA, 2019-1.*

I artiklen beskrives undersøgende aktiviteter der er afprøvet og undersøgt i det toårige KiDM-projekt. Hele projektet beskrives som en undersøgelse af om – og i givet fald hvordan – man kan øge kvaliteten i matematik (det er dog ikke beskrevet hvordan dette så måles) ved at udvikle og lade elever udføre forskellige undersøgelser i en "dialogisk og anvendelsesorienteret undervisning". Det kan forekomme en lidt uklar beskrivelse. Men man forstår mening og udfordring når artiklen senere omtaler IBME, og at mange lærere oplever det vanskeligt og usikkert at lægge op til elevers undersøgende aktiviteter.

I det samlede KiDM-projekt indgik 45 skoler med 243 klasser på 4.-5. klassetrin. Det tematiske nedslag i artiklen er baseret på data fra arbejdet i fem "repræsentative" klasser der er fulgt i 3 x 90 minutter. Når der er arbejdet individuelt eller i grupper, har forskerne haft fokus på én bestemt særligt arbejdsom og robust elev pr. besøg.

## *Undersøgende matematikundervisning*

Det kan være vanskeligt at få hold på begrebet. Nosrati og Wæge (2019) beskriver det således:

En undersøgende matematiktime skiller seg i betydelig grad fra tradisjonell undervisning, og den følger ofte en tredelt struktur ... I begynnelsen av timen presenterer læreren en ny og kognitivt krevende oppgave eller aktivitet for elevene. Deretter får elevene god tid til å jobbe med denne aktiviteten. Læreren observerer arbeidet deres og kan oppmuntre dem til å finne nye løsninger eller til å beskrive hvordan de tenker. Timen avsluttes med at hele klassen diskuterer aktiviteten og de forskjellige løsningsmetodene som har blitt gjort. Læreren leder diskusjonen på en måte som gjør at elevene blir oppmerksomme på

hvordan de ulike løsningene henger sammen og hvordan løsningene deres er relatert til læringsmålene for timen ... Elevene må både utvikle en forståelse for prosedyrene og de må kunne bruke prosedyrene effektivt, nøyaktig og fleksibelt.

I Larsen og Lindhardtts artikkel har forfatterne kategorisert 5 forskjellige slags og i hvert forløb identificeret en sådan tredelt struktur med iscenesættelse, aktivitet og en opsamling med færdiggørelse. Det ligner altså et kendt mønster. Det fremgår indirekte at opsamling sker ved afslutning af de 90 minutter. Man kunne tænke sig at faserne kørte i sløjfer så der også var en klassedialog undervejs i forløbet. Det ville matche anbefalinger man bl.a. ser i Japan, hvor der endda er særlige betegnelser for den mulige samtale undervejs og den der også altid er til sidst.

I artiklen beskrives disse 5 typer undersøgende aktiviteter hvor jeg har tilføjet verberne:

- Opdagelse – dvs. at opdage
- Grubler – dvs. at gruble
- Produkt – dvs. at fremstille
- Måling – dvs. at måle
- Modellering – dvs. at modellere

For strengt taget er “opdagelse” jo ikke en aktivitet. Opdagelse er det der sker *når* en aktivitet udløser elevens forståelse af en sammenhæng eller en pointe der kan kommunikeres til andre. Og “grubler” bruges ofte om en særlig opgavetype der som alle problemer fordrer ny brug af en metode eller viden, men som løses i ét “heureka-øjeblik” hvis eleven får den helt rigtige idé til reorganisering af sin viden og kunnen.

Opsamlingsfasen er der hvor eleverne ræsonnerer. Det kan ske individuelt gennem udregninger med forklaring. I et gruppearbejde fordrer det at processen også inviterer til indbyrdes mundtlighed/forhandling. For man kan lære at ræsonnere *af* at ræsonnere som der rigtigt fremhæves i artiklen. Og her rummes både en passiv og en aktiv side af ræsonnements-kompetencen.

## Lærerrollen

Der skal to parter til en dialog, og læreren kan være den lokkende lytter der udfordrer argumenters styrke. Det er relevant at minde om de forskellige roller som IC-modellen (Alrø & Skovsmose) viser at elever og lærere kan færdes i når der kommunikeres i undervisningen:

Kontakte – Opdage – Identificere – Advokere – Tænke højt – Reformulere – Udfordre – Evaluere

Især de fremhævede sigter kan invitere elever i en “lokke-dialog”. Elicitation er også et af de karakteristika man har kodet elev-lærer-dialoger for i TIMSS-undersøgelser (TIMSS Videotape Classroom Study, s. 104).

To casestudier er udvalgt i artiklen. Og en dialog med nogle elever er medtaget som illustration af de udfordringer der møder lærere i sådanne opsamlinger. Det var lærerne der styrede dialogen her. Men det viste sig også at de to lærere ikke valgte eller ikke kunne forfølge alle elevargumenter. Man kan få indtryk af at det mest var lærerne der ræsonnerede – og i hvert fald måtte sikre flow mod en konklusion! Og det var interessant at læse hvordan én lærer fik elever til at bemærke (og måske begrunde) at summen af to ulige tal altid er et lige. Det *kunne* have været en mulig forøvelse for grubleren. Måske *var* det netop dét?

Det er afgørende at stimulere og fastholde elevers interesse for matematik mens de går i skole. De undervisningsforløb der kan initiere og stimulere elevers interesse, må så tilrettelægges under hensyn til elevers alder og den sammenhæng de indgår i. Måske kan disse ideer overvejes (Simoncini, 2018):

### *Gør elever opmærksomme på omgivelserne*

Observation og måling er grundlæggende videnskabelige processer. Elever kan opstille hypoteser på baggrund af indsamlede data om vejr (lys, varme, vind, nedbør), trafik (bremselængde, reaktionstid), planter (vanding, lys, vækst), byggeri (isolering, afkøling) og dimensioner (forstørrelse og skalaer i legetøj, tøjstørrelser, kopimaskiner).

*Lad elever beskrive hvad de ser og gør*

Hvordan beskriver man egenskaber og sammenhænge? Undersøg, og beskriv fx blyanter, legoklodser og papirark med farve, størrelse og vægt. Eller opdag sammenhæng mellem masse, volumen og flydeevne. Lærere har en særlig mulighed for at stimulere sprogligt og anvende faglige ord og vendinger som “hvad nu hvis”, eksperimentér, og beregn.

*Spørg elever om “hvad” – før “hvorfor”*

Når lærere indleder en klassesamtale, er det vigtigt at alle elever har mulighed for “at stige på”. Spørg fx først om *hvad* der sker med arealet af en figur når sidelængder fordobles, før man spørger om *hvorfor* det sker. Eller spørg først om *hvad* vinkelsummen er i en trekant, før man spørger om *hvorfor* den lige er 180 grader.

Der kan hentes inspiration mange steder til en ændret matematikundervisning. I det tyske SINUS-projekt var der fx fokus på at ændre opgavekulturen og at øge samarbejdet blandt faglærere. Og lærere kan selv udvælge eller konstruere undersøgelser som i de to cases. Der er mange gevinster når man lykkes med at invitere og involvere elever i en afsluttende mundtlig fremlæggelse.

- Nogle elever får mulighed for at sætte ord på deres tanker. At være i stand til at forklare sin tankegang fordrer at man har gjort sig sine tanker rimeligt klare, og det stimulerer tænkning og begrebsdannelse. Peter Plys sagde vist: "Jeg har så store tanker, men sådan en lille mund, at de ikke kan komme ud." Det må vi hjælpe eleverne med.
- Det kan give andre elever et indblik i, hvordan forskellige problemer kan løses, undersøgelser foretages, eller områder beskrives.

Fremlæggelse og diskussion kan fx støttes med print eller skærmoptagelse. Måske kan der forklares og begrundes ved udstilling af løsningsforslag eller produkter. Diskussionen kan foregå mundtligt i klassen eller i mindre grupper. For ældre elever kan den medtages skriftligt i en portefølje. Alt dette tager tid, og det kan være nødvendigt at øve og stramme fremlæggelser op. De skal helst opleves som en gevinst for alle – de skal bruges til noget. I japanske klasser har jeg hørt alle sige tak i kor når én af dem har givet en forklaring.

Flere og flere lærere deltager i en samarbejdskultur med deling af undervisningssideer og sparring på det den enkelte gør. Og det er nok netop her man også bedst udvikler og vedligeholder en spørgende tilgang som den undersøgte hvor man gerne vil have svar fra eleverne.

## Referencer

- Nosrati, M. & Wæge, K. (2015) Sentrale kjennetegn på god læring og undervisning i matematikk. Trondheim: Nasjonalt senter for matematikk i opplæringen. Lokaliseret 29. marts 2019 på <https://www.matematikkssenteret.no/nettbutikk>.
- Simoncini, K. (2018). Five things parents can do every day to help develop STEM skills from a young age. Lokaliseret 29. marts 2019 på <https://theconversation.com/five-things-parents-can-do-every-day-to-help-develop-stem-skills-from-a-young-age-92927>.
- TIMSS videotape classroom study. Methods and findings from an exploratory research project on eighth-grade mathematics instruction in Germany, Japan, and the United States (1999). Washington, DC: Department of Education. Lokaliseret 29. marts 2019 på <https://nces.ed.gov/pubs99/1999074.pdf>.

# Vov dialogen



Nana Quistgaard, Astra

*Kommentar til Therese Malene Nielsen: "Sokratiske samtaler i naturfagsundervisningen", MONA 2019-1.*

Therese Malene Nielsen (TMN) beskriver i artiklen en interessant undersøgelse om sokratiske samtaler. Undersøgelsen handler om at skabe en anden klasserumsdiskurs ud fra Martin Wagenscheins genetische undervisningsprincip. Wagenscheins teori er interessant og indeholder mange vigtige elementer, fx at læreren skal tage udgangspunkt i fænomener der "gennembryder den vante faste orden", og via sokratiske samtaler "vække elevernes forundring i forhold til dette fænomen". Den sokratiske samtale beskrives i artiklen som en dialogisk undervisningsform hvor læreren faciliterer elevernes undren og arbejde frem mod den videnskabelige forklaring på et fænomen, og hvor de samtidig har mulighed for at udfolde deres egne idéer og forklaringer. Faciliteringen handler også om at få elevernes eventuelle misforståelser – eller hverdagsforståelser som det nogle gange kaldes – frem i lyset, samt at få eleverne til at gå i dialog med hinanden.

Jeg er helt enig med TMN, både i at den måde at undervise på som beskrives af Wagenschein, er meget gunstig for læreprocessen, og også i at den *ikke* er normen i det naturfaglige klasserum. Og dette sidste til trods for at den naturfagsdidaktiske forskning har anbefalet de samme elementer i årtier. Min egen erfaring fra at observere naturvidenskabelig undervisning på gymnasialt og tertiært niveau viser netop at selvom undervisere er meget engagerede i deres elevers/studerendes læring og dermed i deres egen undervisning, er det ofte I-R-E triaderne der kendetegner deres spørgeteknik. Og ofte er de ikke selv bevidste om at denne måde at interagere med eleverne på ikke er gunstig for læring.

Rammeværket som TMN beskriver, er som sagt interessant og indeholder vigtige elementer for god naturfagsundervisning. TMN's resultater er derfor også inspirerende i forhold til at den sokratiske samtale kan skabe en undervisning hvor flere end de elevtyper der normalt deltager, aktivt byder ind, og hvor karakteren af elevudsagnene

er mere vovede. Fx beskriver TMN at flere elever tør udstille deres egen uvidenhed og undren, og at flere elever går i dialog med hinanden. Der melder sig imidlertid også nogle opmærksomhedspunkter:

TNM rapporterer at selvom flere deltager end normalt, er der fortsat en gruppe der enten deltager meget lidt eller slet ikke deltager. Dette giver stof til spørgsmålet om hvordan den tavse gruppe vil kunne inddrages bedre. Og om den sokratiske samtale kan suppleres med flere redskaber sådan at alle eller endnu flere elever inddrages.

Der melder sig også den tanke at den form for dialog som TMN beskriver, måske er for vanskelig en undervisningsform for lærere at udføre, uanset hvilket uddannelsesniveau de underviser på. Den ofte forekommende praksis med at lave redegørende undervisning i den forstand som beskrives i artiklen (kronologisk præsentation af emnets teori), er formentlig et udtryk for flere ting. I det følgende vil jeg diskutere disse to opmærksomhedspunkter startende med det første.

### *To tilgange der kan supplere sokratiske samtale: Dysthes dialog og science-kapital*

Den sokratiske samtale har mange lighedspunkter med diverse teorier om dialogiske principper. Et eksempel er Olga Dysthes (1995) tanker der ligesom Scott et al.s (2006) rammeverk, som TMN flere gange refererer til, er inspireret af Bakhtin (1981). Dysthes ideer handler om at skabe et flerstemmigt og dialogisk klasserum, og i hendes tilgang synes læreren at adressere flere elever mere direkte end i den sokratiske samtale hvor dialogen – i TMN's udlægning – flyder mere autonomt. Grundlæggende er mange aspekter dog de samme, herunder opfølgning på elevudsagn via *optag* og *høj værdsætning*. Dysthe definerer optag som at læreren indbygger elevens udsagn i sit næste spørgsmål ved fx at stille modspørgsmål eller bede eleven om at uddybe. Høj værdsætning er at vise eleven at deres udsagn har værdi, ved at bygge videre på det. Det flerstemmige handler om at have en opmærksomhed på at lave optag der involverer ikke bare eleven selv, men også de andre elever. Et eksempel kunne være at spørge ud i klassen om de andre er enige eller uenige, og hvorfor, og herunder spørge elever der ikke selv byder ind.

Indgangen til dialogen har i Dysthes tilgang også fokus på at få mange elever til at turde deltage. Hun angiver meget specifikt autentiske spørgsmål som indgang til dialogsekvenser. Autentiske spørgsmål er karakteriseret ved at læreren ikke har svaret. Det kunne fx være at indlede med "*hvad tror I er årsagen til...?*" eller "*tror I det er sandsynligt at ...?*". Der er fokus på elevernes fortolkninger og refleksioner i forhold til spørgsmålet frem for et bestemt svar. Derved er der en intention om at det vil opleves trygt for mange elever at kaste sig ud i at deltage.



En anden tilgang der er interessant at bringe i spil i forhold til hvordan alle eller flere elever kan inddrages, er baseret på begrebet science-kapital. Science-kapital er udviklet af en engelsk forskningsgruppe og foreslået som ramme til at forstå hvad der påvirker børn og unges aspirationer og engagement i forhold til science (Archer et al., 2015; Godec et al., 2018). Science-kapital er defineret som de science-relaterede ressourcer og dispositioner den enkelte til enhver tid har med sig i sin bagage i form af: *hvad man ved, hvad man tænker, hvad man gør, og hvem man kender*. Begrebet er fortsat under udvikling og samtidig ikke afprøvet eller undersøgt i dansk sammenhæng – ikke endnu i hvert fald. Jeg vil derfor ikke kaste mig ud i en længere redegørelse for brugbarheden af begrebet. Blot vil jeg påpege at elementer af de foreslåede perspektiver kan give inspiration til endnu en tilgang der kan supplere sokratiske samtale i forhold til at skabe en undervisning der inddrager alle i klasserummet.

En science-kapital-tilgang til undervisning indebærer bl.a. at bringe alle stemmer i spil (Godec et al., 2017). Det gøres fx ved at undervise dialogisk, invitere eleverne til at dele deres viden og erfaringer og ved at få stille elever til at tale ved først at lade eleverne diskutere spørgsmål i små grupper inden der skal svares. Det første og det sidste er langt hen ad vejen indeholdt i den sokratiske samtale, men det med at invitere eleverne til at dele deres viden fx fra forældres erhverv eller fritidsinteresser eller fra egne fritidsinteresser kunne rumme nye muligheder. Et eksempel er en elev der ofte roder med biler sammen med sin far der er mekaniker, eller en elev der sammen med forældre eller andre eksperimenterer med avancerede processer i forbindelse med madlavning. Ved at invitere disse elever til at dele deres viden og bringe det frem som noget værdifuldt i klassen kan det påvirke deres engagement i og identifikation med science. De har muligvis ikke anset sig selv som en science-person, men ved at blive anerkendt for deres viden og erfaringer kan dette ændres.

### *Hvorfor forekommer redegørende undervisning så ofte?*

I forhold til det andet opmærksomhedspunkt om at redegørende undervisning er en ofte forekommende praksis, er dette som nævnt formentlig et udtryk for flere ting. En mulighed kunne være tradition – man gør hvad man selv har oplevet og oplever kollegaer gøre. På den måde opbygges ikke erfaring med at undervise på andre måder. En anden kunne være at man tror at den sokratiske undervisningstilgang ikke vil kunne lade sig gøre inden for den tidsramme man har. Og en tredje kunne handle om at man er utryg ved den dialogiske undervisningsform. Det kunne handle om at miste kontrol og ikke vide om man vil være i stand til at følge op på elevernes udsagn, og om man vil kunne styre at samtalen bliver gunstig i forhold til læring.

## *Mere dialog i klassen!*

I forhold til dette sidste er der kun en ting at gøre: at slå et slag for den dialogiske undervisning uanset om det er den sokratiske samtale, Dysthes dialog, noget tredje eller en kombination. Dialogen er et fantastisk redskab til at skabe et klasserum hvor eleverne undres og bliver nysgerrige. Et klasserum hvor lærer og elever sammen undersøger fænomener og arbejder sig frem mod de videnskabelige begreber og teorier. Dialogen er dog ikke en let undervisningsform at praktisere, men øvelse gør som bekendt mester.

## *Referencer*

- Archer, L., Dawson, E., DeWitt, J., Seakins, A. & Wong, B. (2015). "Science capital": a conceptual, methodological, and empirical argument for extending Bourdieusian notions of capital beyond the arts. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(7), 922-948.
- Bakhtin, M. (1981). *The dialogic imagination* (Michael Holquist, Ed. and Caryl Emerson and Michael Holquist, Trans.). Austin: University of Texas Press.
- Dysthe, O. (1995). *Det flerstemmige klasserommet. Skrivning og samtale for å lære*. Oslo: Ad Notam Gyldendal.
- Godec, S., King, H. & Archer, L. (2017). *The science capital teaching approach: engaging students with science, promoting social justice*. London: University College London.
- Godec, S., King, H., Archer, L., Dawson, E. & Seakins, A. (2018). Examining student engagement with science through a Bourdieusian notion of field. *Science & Education*, 27, 501-521.

# Hvordan skabes et godt naturfagdidaktisk laboratorium?



Peer Daugbjerg, VIA  
University College/  
Forskningscenter  
for Pædagogik og  
Medborgerskab



Martin K. Sillasen, VIA  
University College/  
Forskningscenter  
for Pædagogik og  
Medborgerskab

*Kommentar til Guldager, Auning og Steiner: "Hvordan påvirker naturfagslæreres undervisningstilgang elevers udvikling af undersøgelseskompetence frem mod den fælles naturfagsprøve?", MONA 2019-1.*

Styrkelse af elevers undersøgelseskompetence er gennem en længere årrække kommet højt på den didaktiske dagsorden. Den Europæiske Kommission udgav i 2007 rapporten *Science Education Now: A renewed pedagogy for the Future of Europe* (Rocard, 2007) hvori det anbefales at styrke børns og unges evner til at arbejde i undersøgelsesbaseret tilgang til læring, den tilgang som med akronymet IBSE på engelsk betegnes "inquiry based science education". Det er i øvrigt en tendens som også finder forankring i andre fagområder, fx under betegnelsen Inquiry based learning.

## *Naturfagsdidaktisk laboratorium*

En væsentlig forudsætning for at eleverne kan lære at arbejde IBSE-orienteret i skolen, er at lærerne har pædagogiske og didaktiske strategier i deres værktøjskasse til at træne elevernes undersøgelseskompetence. Men hvis nu lærere ikke har disse værktøjer i deres værktøjskasse, skal de have mulighed for at lære dem. Her kan man introducere begrebet "naturfagsdidaktisk laboratorium" som en metafor for det læringsrum hvor lærere kan eksperimentere med IBSE og udvikle didaktiske værktøjer til egen undervisningspraksis. I det didaktiske laboratorium arbejder læreren på to niveauer for at styrke sin egen undervisningskompetence med hensyn til IBSE: elevniveauet og deres egen undervisningsstrategi. Elevniveauet fokuserer på de måder eleverne arbejder med undersøgelser og den faglige læring der foregår. Læreren egen faglighed fokuserer på både planlægningen, gennemførelsen og evalueringen af forløbet, samt hvordan man som lærer bedst muligt stilladserer og strukturerer undersøgelsesaktiviteter og efterfølgende vurderer om man så nåede sine mål med

undervisningen. Læreres udbytte af at arbejde i et naturfagsdidaktisk laboratorium kan optimeres ved tydelighed om en række forhold: 1) at indsatsen har et vist tilmæssigt omfang og er udstrakt i tid, 2) det foregår i skolekontekst, 3) ledelsen er involveret for at skabe et udviklingsmæssigt rum, 4) fokus er på faglig viden og fagdidaktiske kompetencer, 5) struktureret lærersamarbejde i et læringsfællesskab, 6) lærerne laver aktive bearbejdnings af teori ift. egen praksis, gerne i en form for vekseluddannelse der alternerer mellem workshops og afprøvning i egen praksis, 7) lærerne laver aktionslæring på egen praksis, 8) indsatsen er koblet til læreplaner, reformtiltag m.m., og 9) der er adgang til eksterne inputs/ekspertise (Krogh, 2016).

### *Undersøgelse af naturfagslæreres tilgang til undersøgelseskompetence*

Undersøgelse af disse mange forhold vedrørende læreres kompetenceudvikling er omfattende, og de fleste studier vælger da også at fokusere på nogle få. Guldager, Auning og Steiner (2019) vælger i *Hvordan påvirker naturfagslæreres undervisningstilgang elevernes udvikling af undersøgelseskompetencer frem mod den fælles naturfagsprøve?* at fokusere på udvikling af naturfagslæreres didaktiske tænkning, dvs. forhold 4) om fagdidaktiske kompetencer ovenfor. De har fulgt og støttet lærere som laver en aktionslæringslignende intervention i deres egen praksis vedrørende undersøgelsesbaseret undervisning, dvs. forhold 7) i ovenstående. De har som deres titel afslører, fokus på lærerne. Elevernes stemmer er også til stede i de præsenterede resultater, men medvirker primært til at vise lærernes roller i det undersøgende arbejde. Dette fokus gør også at der ikke er meget i artiklen som viser noget om elevernes udvikling; det er mere de muligheder for selvaktivitet lærerne tilbyder eleverne, som belyses af de præsenterede resultater. Dette analytiske fokus understreges af forfatterens fremhævelse af Harlens pointering af undersøgelsesbaseret undervisning som værende lærings- og elevcentreret (Harlen, 2013). Forfatterne er tydelige i at vise elevernes involvering i den undervisning de har observeret. De fremhæver den væsentlige forskel mellem de observerede lærere. Det er således tydeligt hvilke muligheder de deltagende lærere tilbyder deres elever gennem deres undervisningstilgang. Det er dog vanskeligt ud af de præsenterede resultater og diskussionen af disse at se noget om elevernes udvikling af undersøgelseskompetence idet vi kun ser lærernes udtalelser om deres elevernes udvikling.

Ser man på den præsenterede case som et naturfagsdidaktisk laboratorium, er der rigeligt at forholde sig til i forhold til de resultater der præsenteres om læreres undervisningstilgang, og den udvikling lærercitaterne viser. Her kunne en uddybning af andre af Kroghs forhold vedrørende lærerkompetenceudvikling have kvalificeret belysningen af den udvikling lærerne gennemløber. Der kunne have været lidt mere information om struktureringen af lærersamarbejdet og en analyse af dets betydning samt omfanget af ekstern ekspertise og dets betydning. Dette er dog ikke uden fald-

gruber da sådanne udvidelser af en diskussion kun skal medtages hvis de kan hjælpe med at fokusere teksten mere på det centrale i artiklen – i dette tilfælde læreres arbejde med en undersøgelsesbaseret tilgang i deres undervisning.

Allerede i titlen medtager forfatterne et perspektiv i forhold til den fælles naturfagsprøve. Prøven belyses ikke af de resultater der præsenteres i artiklen, hvorfor det bliver en lidt overflødig besværliggørelse af diskussionen som egentlig ikke er nødvendig for at diskutere et centralt naturfagsdidaktisk forhold, nemlig naturfagslæreres støtte af elevers undersøgende arbejde i den daglige fællesfaglige undervisning. Forfatterne kunne have fået mere plads til at underbygge og udbygge deres analyser af de roller lærerne indtager i de forskellige faser og overfor forskellige elever i netop den daglige undervisning. Et forhold som er interessant i såvel monofagligt som fællesfagligt undersøgende arbejde.

### *Potentiale i AFGRÆNSNING?*

En afgrænsning af genstandsfeltet for et aktuelt naturfagsdidaktisk laboratorium vil kunne skærpe udbyttet gennem *en fokuseret dataindsamling, lettere analyse* af resultaterne og *en klarere kommunikation af de afdækkede forhold/sammenhænge*. Vi antyder ikke her at forfatterne har forbrudt sig mod alle disse tre grundregler; deres artikel er mere blevet anledning til en selvransagelse om ikke vi – et kollektivt alle-favnende vi – i vores iver for at ville løse alle problemer indenfor naturfagsundervisning i hvert eneste projekt vi etablerer, nogle gange – nogle gange – snubler over egne ambitioner ved at ville for meget på en gang. Vi bør måske fokusere vores ambitioner og lave mere afgrænsede projekter som kan lede til tydeligere resultater og dermed bedre kan give råd til naturfagslærere. Det vil betyde at et projekts kvalitet ikke afgøres af hvor mange af Kroghs forhold vedrørende god lærerkompetenceudvikling vi kan kombinere og variere i et projekt, men snarere afgøres af hvor mange forhold vi er i stand til at holde konstante – eller i det mindste velbeskrevne – og så kun undersøger et fåtal nærmere.

Forfatterne tilstræber faktisk dette ved som tidligere noteret primært at have fokus på to af Kroghs forhold. Det er mere den – ifølge vores vurdering – unødvendige reference til den fællesfaglige prøve i titlen og den noget utydelige afdækning af elevernes udvikling af undersøgelseskompetence der har fået os til at tænke over ulempen ved at ville for meget på én gang. Fordi deres resultater så tydeligt viser værdien af det naturfagsdidaktiske laboratorium de faktisk har etableret i samarbejdet mellem grundskolelærere og naturfagsdidaktiske følgeforskere.

## Referencer

- Guldager, I., Auning, C. & Steiner, M. (2019). Hvordan påvirker naturfagslæreres undervisningstilgang elevens udvikling af undersøgelseskompetence frem mod den fælles naturfagsprøve? MONA 2019-1, s. 44-58.
- Harlen, W. (2013). *Assessment and Inquiry-Based Science Education: Issues in Policy and Practice*. Trieste: Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP). Lokaliseret den 5. april 2019 på: [www.interacademies.net/activities/projects/12250.aspx](http://www.interacademies.net/activities/projects/12250.aspx).
- Krogh, L.B. (2016). Professionel udvikling af naturfagslærere – brikker til et fælles afsæt. MONA 2016-4, s. 57-70.
- Rocard, M. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Office for Official Publications of the European Communities.

# Kært barn har (stadig) mange navne ...



Katrine Lindvig, Institut for  
Naturfagenes Didaktik, KU

*Kommentar til C.F. Binau og D. Salomonsen: "Redskab til analyse af integreret naturfag", MONA 2019-1*

Jeg har med stor interesse læst Binau og Salomonsens artikel. Forfatterne har gjort et ekstremt grundigt forarbejde og trækker på en imponerende mængde materiale og kilder inden for tværfaglighed, didaktik og curriculumforskning i dansk såvel som international kontekst. Det er ikke en lille opgave at skabe overblik over de mange definitioner og forståelser af faglig integration (som jo igen blot er et af mange navne for det kære barn), og det er tydeligt at forfatterne er på en mission for at skabe klarhed i et felt som i bedste fald er sløret og tæt på uoverskueligt. Det er samtidig også tydeligt at artiklen er et forsøg på at koge en meget omfattende masterafhandling ned til et kortere artikelformat. Resultatet er en meget videnstung artikel hvor man som læser virkelig skal holde tungen lige i munden for at holde styr på alle forskellige elementer, dimensioner og begreber som bliver introduceret.

Efter læsningen af artiklen rejser der sig imidlertid følgende spørgsmål som jeg tænker at det er værd at reflektere nærmere over og i sidste ende diskutere, nemlig: **Hvordan kan specifikke definitioner og redskaber som dette bidrage til tværfaglig uddannelsesplanlægning generelt?**

I besvarelsen af dette spørgsmål vil jeg med det samme understrege at jeg ikke er naturfagsdidaktiker. Jeg har ikke et entydigt blik mod naturfagene, men har i stedet beskæftiget mig med tværfaglighed i forskning og uddannelse på tværs af de store fagområder. Denne kommentar er derfor primært rettet mod brugen af definitioner og modeller for faglig integration i et bredere perspektiv.

Med analyseredskabet *redskab til analyse af integrerede naturfagslæreplaner* (RAIN) formulerer forfatterne et mål om at *bidrage med at tydeliggøre og skelne mellem en række vigtige aspekter omkring det faglige samspil i naturfag – og dermed samtidig bidrage til at opbygge en fælles sprogbrug herom*. Det er et meget nobelt formål, og



de har helt ret når de citerer Czerniak (2007) for en manglende enighed og konsensus omkring begreberne for fagligt samspil. Spørgsmålet er så om målet nås.

I forfatterens gennemgang af typer for fagligt samspil skelnes der ikke tydeligt mellem definitioner anvendt på tværfaglig forskning og på uddannelse, ligesom der også er stor forskel på hvordan de citerede forskere forstår begreber som fag og discipliner. Gennemgangen af eksisterende definitioner og tydeliggørelsen af forfatterens nye definitioner på typer af fagligt samspil fylder to sider og er blot én dimension af i alt otte dimensioner af analyseredskabet som derudover også rummer tre kontekstuelle faktorer samt relevante situationelle faktorer. Forfatterne vil med andre ord virkelig mange forskellige ting med dette redskab.

Spørgsmålet er om vi kan se udviklingen af dette redskab som en progression hen imod en tydeligere forståelse af faglig integration eller naturfagsplanlægning, eller om det i virkeligheden blot er udtryk for at der altid vil være et behov for at moderere og tilpasse vidensforståelser til konkrete kontekster, situationer og reformer.

Lars Ulriksen og jeg forsøgte tilbage i 2016 at skabe et overblik og en konkretisering af definitionerne på faglig integration (tværfaglighed i vores terminologi) (Lindvig & Ulriksen, 2016). Det var i forbindelse med et forskningsprojekt som undersøgte hvordan tværfaglig uddannelse og undervisning skabes på baggrund af tværfaglig forskning (Lindvig, 2017). Vores tanke var at hvis vi kunne skabe et overblik over de mange definitioner og typer af tværfaglighed, så ville vi bedre kunne analysere det vi så i feltarbejdet, og dermed komme frem til konkrete løsningsmodeller. Vi måtte imidlertid efterfølgende erkende at vores definitioner hverken gjorde fra eller til ift. overskuelighed. At vi havde givet et bud på hvordan man (dvs. forskere og praktikere) kunne opdele integration af fag og discipliner i forskellige kategorier, gjorde ikke praksis nemmere, og det fjernede ikke behovet for at lade formålet med undervisningen og aktiviteten være styrende. Om noget, så skabte de mange forskellige begreber forvirring og frustration hos de undervisere som på modig vis forsøgte sig med at planlægge og gennemføre tværfaglige aktiviteter i et felt der (endnu) ikke var gearret til det. Det der efterfølgende viste sig at være brugbart i diskussioner og planlægning af tværfaglig undervisning, var i stedet konkrete eksempler fra praksis samt et konstant fokus på formål: Hvad er formålet med undervisningsaktiviteten, hvad er de intendede læringsformål for de studerende, og hvad skal vi gøre for at opnå disse?

Disse spørgsmål er relevante uanset hvilken form for undervisning man planlægger, og derfor er jeg også mere og mere tilbøjelig til at hævde at de faktorer som kendetegner god tværfaglig undervisning, er identiske med faktorer som kendetegner god undervisning generelt. Forskellen ligger i stedet i intensiteten af udfordringerne i at få disse faktorer til at spille sammen og få forventningsafstemt formål og aktiviteter med de involverede parter, det være sig lærere, elever, censorer, administration etc. Dette er måske en provokerende udtalelse som risikerer at underminere et felt jeg

selv aktivt forsker i. Omvendt er der betydelig større risici forbundet med de efterhånden mange forsøg på at tvinge tværfaglighed ned i faste kategorier, definitioner og formater som vi kender fra litteraturen (fx Jantsch, 1972; Klausen, 2011; Klein, 1990; Repko, 2017; senest har forskere i den amerikanske Association for Interdisciplinary Studies udarbejdet et Manifesto for interdisciplinarity (Szostak, 2019) der har til formål at skabe tydelighed omkring definitioner og anvendelse):

For det første indikerer man nemlig at det *er* muligt at etablere et begrebsapparat som rummer en universalitet, og som kan anvendes på tværs af fag, discipliner, uddannelsesstrukturer og traditioner. Det er en meget ambitiøs og efter min mening dybt urealistisk ambition, og jeg har endnu til gode at se eksempler på begrebsapparater med lignende spændvidde.

For det andet signalerer taksonomier og opdelingen i forskellige typer integration et hierarki mellem fagene og mellem de forskellige måder at integrere fagene. Man kommer på den måde hurtigt til at indikere at den ene form er bedre end den anden. Men er den det? Jeg er med på at der er mere eller mindre hensigtsmæssige måder at planlægge og gennemføre undervisning, men er en højere grad af integration mellem fagene bedre eller finere end undervisning som trækker på en række faglige retninger uden nødvendigvis at integrere dem? Hvorfor er det vigtigt hvilket fag der ligger øverst i hierarkiet, og i fald man gør det forkert, hvad sker der så? Alting starter med et udkast, og kun ved at øve os kan vi blive bedre. Et analyseredskab som fx RAIN kan fungere som inspiration og kan gøre opmærksom på elementer der er vigtige at medtænke i planlægningen, men den vil altid skulle tilpasses den lokale kontekst og de lokale behov. Det er således i højere grad de eksempler der er grundlaget for det foreslåede redskab, som andre kan spejle sig i og diskutere ud fra, og ikke så meget redskabet i sig selv.

For det tredje kan et vedvarende fokus på taksonomier, definitioner, retningslinjer, redskaber og modeller for tværfaglighed få planlægningen af uddannelsesaktiviteter der involverer flere forskellige fagområder, til at fremstå meget mere komplekst og anderledes end undervisningsplanlægning i al almindelighed. Det kan med andre ord være med til at andetgøre tværfaglighed som en modsætning til velkendte planlægnings- og undervisningsformater (Lindvig & Ulriksen, accepteret). Denne andetgørelse kan dermed resultere i en øget marginalisering af tværfaglige initiativer og en berøringsangst fra undervisere og lærere til at kaste sig ud i tværgående samarbejder. I værste fald kan det betyde at tværgående initiativer bliver fravalgt pga. mangel på tid og overskud. Det er ærgerligt i en tid hvor der er så meget fokus på at skabe omverdensrelateret og -relevant undervisning, og hvor reformer og strategier skrider på tværgående samarbejde.

Der er noget forjættende ved tanken om at have et redskab som kan indregne alle aspekter og tage højde for alle variabler. Men undervisning og uddannelse, hvad enten

det er i grundskolen, på gymnasieniveau, i naturfag eller samfundsfag, vil altid være kontekstuel afhængigt. Planlægningen vil derfor altid skulle foregå med de lærende for øje, i samråd med underviserne og med en skelen til lokale handleplaner. Modeller, redskaber, eksempler, retningslinjer og huskelister kan fungere som inspiration, men de kan aldrig erstatte det helt grundlæggende arbejde i at koble intention med realitet.

Der er med andre ord en årsag til at dette felt kun bliver mere og mere komplekst – det er i konstant forandring, og det er ekstremt kontekstuel bundet. Det taler for at fokusere på specifikke fagområder og at gå væk fra universelle modeller for faglig integration, og det taler absolut for, som forfatterne også rigtigt ser, at inddrage situationelle og kontekstuelle perspektiver i naturfagsplanlægningen.

Binau og Salomonsens analyseredskab er i mine øjne resultatet af et imponerende stykke arbejde, og kompleksiteten i redskabet vidner om de mange forskellige faktorer der påvirker planlægning og gennemførelse af (integreret) naturfagsundervisning. Det vil med stor sandsynlighed være et nyttigt redskab for de praktikere der formår at "oversætte" det til egne specifikke kontekster, også selvom målet med at tydeliggøre og ensrette sprogbrugen inden for faglig integration ikke nås. Integreret naturfag er stadig ét ud af mange navne for det kære (tværgående) barn.

## Referencer

- Czerniak, C.M. (2007). Interdisciplinary Science Teaching. I: S.K. Abell & N.G. Lederman (red.), *Handbook of research on science education*, 2007, s. 537-559.
- Jantsch, E. (1972). Inter- and transdisciplinary university: A systems approach to education and innovation. *Higher Education*, 1(1), 7-37. <https://doi.org/10.1007/BF01956879>.
- Klausen, S.H. (2011). Det faglige samspils former. I: Klausen, S.H. (red.), *På tværs af fag*. Akademisk Forlag, s. 69-100.
- Klein, J.T. (1990). *Interdisciplinarity: history, theory, and practice*. Detroit: Wayne State University Press (3400020).
- Lindvig, K. (2017). *Creating Interdisciplinarity within Monodisciplinary Structures* (PhD Thesis). Department of Science Education, Faculty of Science, University of Copenhagen.
- Lindvig, K. & Ulriksen, L. (2016). Tilstræbt og realiseret tværfaglighed i universitetsundervisning. *Dansk Universitetspædagogisk Tidsskrift*, 11(20), 5-13.
- Lindvig, K. & Ulriksen, L. (accepteret). Different, Difficult and Local: A Review of Interdisciplinary Teaching Activities. *The Review of Higher Education*.
- Repko, A. (2017). *Interdisciplinary research process and theory*. Los Angeles: SAGE.
- Szostak, R. (2019). Manifesto of Interdisciplinarity. Hentet 2. april 2019 fra <https://sites.google.com/a/ualberta.ca/manifesto-of-interdisciplinarity/>.



## INDHOLD

- 4 Fra redaktionen
- 7 **Udvikling af elevernes kemiske observationskompetencer**  
*Helle Kruse Krossá og Morten Rask Petersen*
- 31 **Hvad ved vi om indsatser inden for engineering i den danske grundskole gennem de sidste 10 år?**  
*Jan Sølberg og Nina Waaddegaard*
- 48 **Didaktisk modellering som undersøgelseslogik**  
*Tomas Højgaard og Rune Hansen*
- 70 **Hvem definerer STEM i skolen og i skoleforskning?**  
*Jette Reuss Schmidt*
- 90 **Som man spørger, får man svar**  
*Arne Mogensen*
- 94 **Vov dialogen**  
*Nana Quistgaard*
- 98 **Hvordan skabes et godt naturfagdidaktisk laboratorium?**  
*Peer Daugbjerg og Martin K. Sillasen*
- 102 **Kært barn har (stadig) mange navne ...**  
*Katrine Lindvig*