

MONA

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

September 2019 – 3

MONIA

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



AARHUS
UNIVERSITET



SYDDANSK UNIVERSITET



DET NATUR- OG BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET
KØBENHAVNS UNIVERSITET

2019-3

MONA

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

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

Redaktion

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

Redaktionskomité

Carl P. Knudsen, Danske Science Gymnasier
Jan Sølberg, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet
Lars Brian Krogh, Læreruddannelsen i Aarhus, VIA University College
Martin Niss, Institut for Natur, Systemer og Modeller, Roskilde Universitet
Morten Rask Petersen, 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.

Manuskripter

Manuskripter indsendes per mail, se 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. Her findes også forfattervejledning. Artikler i MONA publiceres efter peer-reviewing (dobbelblindt).

Abonnement

Abonnement kan tegnes via 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.

Produktionsplan

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

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.

MONA 2020-2 udkommer 5. juni 2020

Deadline for indsendelse af artikler hertil: 13. februar 2020

Deadline for kommentarer, litteraturanmeldelser og nyheder hertil: 6. april 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

- 4 Fra redaktionen
- 6 **Artikler**
- 7 Kompetencedækning i analoge matematiksystemer til mellemtrinnet
Stig Toke Gissel, Mette Hjelmberg, Bo Teglskov Kristensen og Dorte Moeskær Larsen
- 28 Udgange på undersøgende matematik
Mie Engelbert Jensen og Rune Hansen
- 47 SUN-projektet: Skolebaseret udvikling af naturfag og kapacitet i gymnasiet
Lars Brian Krogh, Nina Waadegaard og Keld Nielsen
- 68 **Aktuel analyse**
- 69 Teknologiforståelse – hvorfor og hvordan
Maria Damlund
- 80 Matematik B: Regningen skal betales
Niels Grønbæk, Carl Winsløw og Britta Jessen
- 86 **Kommentarer**
- 87 Potentialer og problemer ved undersøgende matematikundervisning
Charlotte Krog Skott og Jeppe Skott
- 92 Når engineering spirer nedefra
Anna Hermannsen Clausen
- 98 Engineering med vokseværk
Jan Boddum Larsen
- 102 En tiltrængt røst
Keld Nielsen og Martin Sillasen
- 109 **Nyheder**
- 110 NFSUN 2020: Science Education in the light of Global Sustainable Development – Trends and possibilities

Fra redaktionen

Så er det efterår, og forberedelserne til forårets Big Bang konference 2020 er i fuld gang. Tidsskriftet MONA er som altid medarrangør og står denne gang for et spor med dette tema:

Elevernes praktisk undersøgende arbejde

Hvorfor har vi laboratorieundervisning og feltarbejde? Hvad kan eleverne lære af praktisk arbejde, og hvad kan de ikke? Hvilke gode eksempler er der på de forskellige niveauer og i de forskellige fag? Hvordan beskrive de forskellige måder eleverne laver empirisk arbejde på? Hvad betyder avanceret teknologi til fx dataindsamling og analyse? På MONA-sporet sætter vi fokus på nye mål og veje for det empiriske/praktiske arbejde i matematik og naturfagene: Hvad ved vi fra de senere års forskning og udviklingsarbejde, og i hvilken retning bevæger det praktiske arbejde i det danske undervisningssystem?

Du kan læse mere om konferencen og indmelde forslag til oplæg og workshoper til temaet via www.ind.ku.dk/mona/bb/.

Her kommer lidt om dette nummers indhold, først om de tre artikler.

Kompetencedækning i analoge matematiksystemer til mellemtrinnet er af Stig Toke Gissel, Mette Hjelmberg, Bo Teglskov Kristensen og Dorte Moeskær Larsen. Artiklen fremlægger resultaterne af og metoden til evaluering af otte lærebogssystemer til matematikundervisning på folkeskolens mellemtrin. Den afdækker i hvilket omfang læremidlerne lægger op til at arbejde med de matematiske kompetencer i relation til færdigheds- og vidensområdet måling. Det påvises at lærervejledningerne oftest kun i generelle vendinger udpeger hvilke kompetencer der er i spil. Fx ses det at der kun er få eksempler på *aktivitetsniveau* på eksplicit kompetencedækning. En undersøgelse af *implicit* kompetencedækning (dvs. en udledning af hvor en kompetence kan komme i spil) baseret på en analyse af aktiviteterne og lærervejledningens instruktioner giver langt flere udslag. Artiklen konstaterer i øvrigt at der er store forskelle på læremidlerne.

Udgange på undersøgende matematik er af Mie Engelbert Jensen og Rune Hansen. Artiklen præsenterer og analyserer empiri knyttet til opsamling og fællesgørelse af elevers undersøgende arbejde i matematik på mellemtrinnet. Empirien er indsamlet i projektet "Kvalitet i Dansk og Matematik" (KiDM). Her gennemførte man i et pilot- og tre interventionsforløb særlige undervisningsforløb af et halvt års varighed med undersøgende og dialogisk matematikundervisning. I artiklen analyseres lærernes vanskeligheder med opsamling af elevernes undersøgende arbejde.

SUN-projektet: Skolebaseret udvikling af naturfag og kapacitet i gymnasiet er af Lars Brian Krogh, Nina Waadegaard og Keld Nielsen. Artiklen omhandler det treårige udviklingsprojekt Skolebaseret Udvikling i Naturfag (SUN) som beskæftigede sig med udvikling af konkret naturfagsundervisning samt med udvikling af de deltagende gymnasiers kapacitet til fremadrettet at tage hånd om egne naturfaglige udviklingsbehov. Teksten beskriver det forskningsbaserede forløbsdesign med målrettede indsatser rettet mod naturfaglige udviklingsgrupper, fagteams, faglige koordinatore og ledelse og den videregiver forskernes erfaringer på godt og ondt fra implementeringen. Endelig diskuterer den hvad der her kaldes "kritiske lærestykker" af relevans for fremtidige designere, afviklere eller brugere af professionelle udviklingsforløb i gymnasiet eller grundskolen.

Vi bringer også to aktuelle analyser. Den første handler om implementering af teknologiforståelse i folkeskolen sådan som den har udspillet sig på Hornbæk skole, og den kommer også ind på, hvordan teknologiforståelse kan støtte positivt op om den kompetenceorienterede naturfagsundervisning. Den er af Maria Damlund og har titlen *Teknologiforståelse – hvorfor og hvordan*. Den anden har titlen *Matematik B: Regningen skal betales*. Den er af Niels Grønbæk, Britta Jessen og Carl Winsløw og fokuserer på spørgsmålet om hvad der gik galt ved sommereksamen 2019 i matematik på det gymnasiale B-niveau.

Kommentarafsnittet starter med et indlæg om Moeskær Larsen og Lindhardts artikel fra MONA-2019-1: "Undersøgende aktiviteter og ræsonnementer i matematikundervisningen på mellemtrinnet". Den diskuterer, som titlen antyder, *Potentialer og problemer ved undersøgende matematikundervisning*, og er forfattet af Charlotte Krog Skott og Jeppe Skott.

Hvad angår kommentarer til artikler i MONA 2019-2, så er der først to kommentarer til Sølberg og Waadegaards "Hvad ved vi om indsatser inden for engineering i den danske grundskole gennem de sidste 10 år": Den første, som hedder *Når engineering spirer nedefra*, er af Anna Hermannsen Clausen og beskriver grundskoleerfaringer på feltet. Den anden, *Engineering med vokseværk*, er af Jan Boddum Larsen, og den ser på den tilsvarende situation fra det tekniske gymnasiums perspektiv. Endelig er der også en kommentar, *En tiltrængt røst*, til Reuss Schmidts "Hvem definerer STEM i skolen og i skoleforskningen?" Den er skrevet af Keld Nielsen og Martin Sillasen.

En uge efter udgivelsen af dette nr. afholder MONA et reviewerseminar – det sker 13. september i København. Her skal vi drøfte hvordan vi får bedre artikler gennem det at lave bedre review. Alle artikler i MONA gennemgår en reviewproces hvor forfatterne får konstruktiv feedback på deres tekst fra udvalgte fagpersoner. På redaktionen er vi overbeviste om at dette altid fører til bedre tekster – det er simpelthen afgørende for kvaliteten. Men vi vil gerne understøtte det vigtige – og ulønnede! – arbejde som vores mange reviewere udfører. Nysgerrig? Så kast et blik på www.ind.ku.dk/mona/rs.

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

Kompetencedækning i analoge matematiksystemer til mellemtrinnet



Stig Toke Gissel,
UCL



Mette Hjelmberg,
UCL



Bo Teglskov Kristensen,
UCL



Dorte Moeskær Larsen,
UCL

Abstract: Artiklen fremlægger resultaterne af og metoden til evaluering af otte lærebogssystemer til matematikundervisning på folkeskolens mellemtrin. Evalueringen afdækker i hvilket omfang læremidlerne lægger op til at arbejde med de matematiske kompetencer i relation til færdigheds- og vidensområdet måling. Evalueringen viser at lærervejledningerne oftest kun i generelle vendinger udpeger hvilke kompetencer der er i spil. Således findes på aktivitetsniveau få eksempler på eksplicit kompetencedækning. En undersøgelse af implicit kompetencedækning, dvs. en udledning af hvor en kompetence kan komme i spil, baseret på en analyse af aktiviteterne og lærervejledningens instruktioner, giver langt flere udslag. Evalueringen viser store forskelle på læremidlerne.

Introduktion

Nationalt videncenter for læremidler, Læremiddel.dk, fik fra 2016 af Københavns Kommune til opgave at evaluere om de hyppigst anvendte lærebøger til matematik *faciliterer* en matematikundervisning der aktivt inddrager de matematiske kompetencer¹.

1 Artiklens forfattere udførte projektet i samarbejde med Keld Skovmand (Afdeling for Anvendt forskning i Pædagogik og Samfund, UCL Erhvervsakademi og Professionshøjskole), som bidrog til udvikling af analysemodellen som anvendes i undersøgelsen, samt til opdelingen i delkompetencer og operationalisering af dem. Mads Erichsen og John Valskov Weichardt, begge fagkonsulenter i matematik ved Københavns Kommune, ydede sparring gennem forløbet med at udvikle analyseredskab og gennemføre analyser.

Sigtet med denne artikel er at præsentere vores metode til at evaluere læremidlernes kompetencedækning samt resultaterne af undersøgelsen.

Undersøgelsens genstand, afgrænsning og begrænsning

Læremidler der faciliterer en kompetenceorienteret undervisning, må antages at være en vigtig brik i forhold til at støtte lærere i at gøre kompetencerne til en central ingrediens i undervisningen. KOM-rapporten anbefalede således at lærebogsforfattere og forlag skulle “*udvikle og udarbejde læremidler, som kan danne grundlag for en undervisning, der søger at bibringe eleverne hele spektret af matematiske kompetencer*” (Niss & Jensen, 2002, s. 176) som et vigtigt element i implementeringen af en kompetencetænkning i matematikfaget.

Vi har evalueret de hyppigst anvendte analoge matematiksystemer i forhold til i hvor høj grad de faciliterer kompetenceorienteret undervisning. Et lærebogssystem er et *didaktisk læremiddel*. Didaktiske læremidler er kendetegnede ved at være produceret med undervisning og læring for øje (Hansen, 2010; Hansen, 2010). Da didaktiske læremidler er produceret med henblik på undervisning, er det interessant at se på graden af overensstemmelse mellem læremidler og læreplaner.

Et didaktisk læremiddel bygger på en mere eller mindre eksplicit didaktisk intention og faciliterer læring og undervisning i forhold til alle eller udvalgte områder i et fag. Dette giver sig udslag i vejledninger til læreren i hvordan den didaktiske intention realiseres med bud på indholdsvalg, organisering, aktiviteter til eleverne, evaluerings-tiltag mv. (Hansen, 2010). At der er tale om *systemer*, vil sige at der er tale om ret stramt komponerede læremidler der kobler systematisk til gældende læreplaner og har en indbygget metodik og progression (Hansen & Bundsgaard, 2013). Tidligere rapporter og forskning indikerer at netop matematikfagets analoge lærebogssystemers kvalitet er relevant at undersøge.

Faget matematik forbindes traditionelt med læremidler og grundbøger, og en del international forskning peger på læremidlernes store betydning i faget, og at specielt matematiklærere følger deres læremidler tæt (Remillard, 2005). Mellin-Olsen (1990) omtaler opgavediskursen som karakteriserer en matematikundervisning hvor lærebogen spiller en central rolle som “rejseplan” for en traditionel lærebogs- og opgavebaseret matematikundervisning (se også Larsen, Hein & Wedege, 2006; Niss, 2007). I rapporten *Fremtidens matematik i folkeskolen* (Niss et al., 2006) vurderes det at lærebogssystemer spiller en central rolle i matematikundervisningen idet undervisningen for en stor del baseres på lærebogen som følges tæt. Mogensen (2012) fandt at undervisningen i langt de fleste af 50 observerede matematiklektioner reelt var “planlagt og styret af en bog” (s. 48). En norsk undersøgelse afdækkede gennem observation af undervisning og interviews med lærere en lignende lærebogsstyring (Alseth, Breiteig & Brekke, 2003).

Den norske undersøgelse *Med ARK&APP* (Gilje et al., 2016) har peget på at særligt matematik er et analogt fag i forhold til brugen af læremidler sammenlignet med andre fag. Således var den analoge matematiklærebog både i grundskolen og på de videregående uddannelser i brug i næsten 80 % af lektionerne, og eleverne brugte meget tid på individuelt arbejde i deres egne arbejds- og kladdehæfter. For grundskolelærernes vedkommende var det ifølge undersøgelsen under 10 % af lærerne der brugte digitale læremidler lige så meget som analoge, og næsten ingen brugte hovedsageligt digitale læremidler på 5.-10. klassestrin i Norge.

Identifikationen af de syv mest udbredte systemer som indgår i undersøgelsen, bygger på udlånsstatistik for 57 skoler i Københavns Kommune. De syv læremidler er oplistet efter popularitet på mellemtrinnet i Københavns Kommune i henhold til kommunens egen opgørelse:

- *KonteXt+*
- *Matematrix*
- *Kolorit*
- *Faktor*
- *Sigma*
- *Multi*
- *Matematik Tak*

I undersøgelsen er også medtaget læremidlet *Format* til mellemtrinnet som i modsætning til de øvrige læremidler er et engangsmateriale, hvorfor vi i dette tilfælde ikke har kunnet bestemme popularitet ud fra udlånsstatistik.

I bilag 1 som kan ses på [http://laeremiddel.dk/wp-content/uploads/2019/03/Bilag-1-Læremidler-der-indgår-i-undersøgelsen.pdf](http://laeremiddel.dk/wp-content/uploads/2019/03/Bilag-1-Laeremidler-der-indgaar-i-undersogelsen.pdf), findes referencer samt angivelse af de passager i læremidlerne til både 4., 5. og 6. klasse der er analyseret.

En udtømmende analyse af de otte analoge læremidler i forhold til alle matematiske kompetencer og færdigheds- og vidensmål vil være en nærmest uoverkommelig opgave. Derfor er evalueringen foretaget med fokus på færdigheds- og vidensområdet måling, som indgår i kompetenceområdet geometri og måling, samt de matematiske kompetencer. Således er det på tværs af materialerne til 4., 5. og 6. klassestrin muligt at sammenligne hvordan læremidlerne rammesætter undervisningen i dette stofområde og kobler til de matematiske kompetencer.

Analysen afdækker læremidlernes *potentiale* i forhold til dækning af de matematiske kompetencer. Et læremiddels *potentiale* kommer først til udfoldelse når en lærer og en gruppe elever aktualiserer potentialet ved at tage læremidlet i brug. Undersøgelsen afdækker dermed ikke hvorvidt elever rent faktisk opnår diverse kompetencer ved at bruge læremidlerne.

Et lærebogsystems elementer er ofte bundet sammen af et didaktisk koncept, og

opbygningen af og elementerne i kapitlerne i de analyserede systemer er typisk ensartet på tværs af kapitlerne. Det sandsynliggør at analysen af det tematiske nedslag i læremidlerne vil have en vis grad af repræsentativitet i forhold til de øvrige dele af de analyserede læremidler.

Kompetencer i matematikfaget

Matematik har en særlig status i forhold til kompetencebegrebet. Således har Fælles Mål 2015 for matematik som den eneste af skolens læreplaner et kompetenceområde der består af en række fagspecifikke kompetencer. Det skyldes en tradition for at arbejde med og tænke i matematiske kompetencer som kan føres tilbage til KOM-rapporten, *Kompetencer og matematiklæring. Ideer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark* (Niss & Jensen, 2002).

Fagformålet for matematik i folkeskolen har således kompetencebegrebet i forgrunden:

“Eleverne skal i faget matematik udvikle matematiske kompetencer og opnå færdigheder og viden, således at de kan begå sig hensigtsmæssigt i matematikrelaterede situationer i deres aktuelle og fremtidige daglig-, fritids-, uddannelses-, arbejds- og samfundsliv.” (Undervisningsministeriet, 2016, s. 1)

	Problembehandling	Modellering	Ræsonnerment og	Repræsentation og	Kommunikation	Hjælpermidler
Tal og algebra						
Geometri og måling						
Statistik og sandsynlighed						

Figur 1. Model for planlægning af undervisningsforløb i matematik (Undervisningsministeriet, 2014, s. 3).

Fælles Mål 2015 i matematik består af fire kompetenceområder (Figur 1) med tilhørende kompetencemål som nedbrydes i faseinddelte vejledende målpar (færdigheds- og vidensmål). Det første kompetenceområde i matematik hedder slet og ret matematiske kompetencer, mens de tre øvrige kompetenceområder snarere må opfattes som stofområder: tal og algebra, geometri og måling samt statistik og sandsynlighed.

“Kombinationen af mål fra et stofområde og fra matematiske kompetencer kan være et redskab til at hjælpe både lærere og elever til i højere grad at være opmærksomme og holde fokus på det væsentlige i undervisningen” (Undervisningsministeriet, 2014, s. 3). Vejledningen giver imidlertid ingen eksempler på et sådant samspil (Undervisningsministeriet, 2014).

Som nævnt er evalueringen af læremidlerne sket med fokus på færdigheds- og vidensområdet måling som indgår i kompetenceområdet geometri og måling. Det er dermed målparrene i tabel 1 som vi har fokus på i undersøgelsen:

Fase 1	Fase 2	Fase 3
Færdighedsmål Eleven kan anslå og bestemme omkreds og areal.	Færdighedsmål Eleven kan anslå og bestemme rumfang.	Færdighedsmål Eleven kan bestemme omkreds og areal af cirkler.
Vidensmål Eleven har viden om forskellige metoder til at anslå og bestemme omkreds og areal, herunder metoder med digitale værktøjer.	Vidensmål Eleven har viden om metoder til at anslå og bestemme rumfang.	Vidensmål Eleven har viden om metoder til at bestemme omkreds og areal af cirkler.

Tabel 1. De færdigheds- og vidensmål fra stofområdet måling som analysen fokuserer på. Kilde: Undervisningsministeriet (2016, s. 4).

Metode

Operationalisering af de matematiske kompetencer

For at kunne analysere kompetencedækning i læremidlerne er det nødvendigt at operationalisere de matematiske kompetencer ved at definere hvad vi forstår ved dem, og hvad vi præcist kigger efter for at identificere dem. I det følgende definerer vi derfor hver af kompetencerne. Vi har taget afsæt i Fælles Måls (2016) definition af kompetencerne for mellemtrinnet, deres fremtræden i målparrene og deres beskrivelse i Læseplanen for 2. trinforløb, 4.-6. klasse. Desuden inddrager vi beskrivelsen af kompetencerne fra KOM-rapporten (Niss & Jensen, 2002). Vi har i operationaliserin-

gen af hvert kompetenceområde således formuleret det med egne ord, underinddelt det i delkompetencer og formuleret kontrolspørgsmål der specificerer de konkrete manifestationer af de matematiske delkompetencer som vi leder efter i analysen. Et eksempel på en fuldt udfoldet operationalisering af kompetencen problemløsning ses i tabel 2.

Kompetence	PROBLEMBEHANDLING (P)
Definition	Problemløsning vedrører opstilling og løsning af matematiske problemer der ikke kan behandles udelukkende ved hjælp af rutinemetoder. Det er afgørende for udviklingen af elevernes problemløsningskompetence at de tilskyndes til at eksperimentere med forskellige problemløsningsstrategier.
Taksonomiske termer fra KOM-rapporten	Opstille, dvs. detektere, formulere, afgrænse og præcisere matematiske problemer samt løse dem.
Underinddeling i delkompetencer og kontrolspørgsmål:	
Problemløsning 1 (P1)	Lægger læremidlet op til at eleverne skal anvende forskellige strategier til matematisk problemløsning i forhold til (forskellige) matematiske problemer (dvs. lukkede, åbne, rene og omverdensrelaterede)?
Problemløsning 2 (P2)	Lægger læremidlet op til at eleverne selv skal opstille matematiske problemer?

Tabel 2. Operationalisering af problemløsningskompetencen.

De øvrige underinddelinger i delkompetencer og tilhørende kontrolspørgsmål er op-listet i tabel 3.

Kompetence	Modellering (M)
Modellering 1 (M1)	Lægger læremidlet op til at eleverne kan anvende forskellige matematiske modeller?
Modellering 2 (M2)	Lægger læremidlet op til at eleverne selv skal opstille matematiske modeller?
Modellering 3 (M3)	Lægger læremidlet op til at eleverne skal vurdere forskellige matematiske modeller?

Kompetence	Ræsonnement og tankegang (RT)
Ræsonnement og tankegang 1 (RT1)	Lægger læremidlet op til at eleverne skal forstå læremidlets ræsonnementer?
Ræsonnement og tankegang 2 (RT2)	Lægger læremidlet op til at eleverne selv skal ræsonnere?
Ræsonnement og tankegang 3 (RT3)	Lægger læremidlet op til at eleverne skal opstille og efterprøve hypoteser?
Kompetence	Repræsentation og symbolbehandling (RS)
Repræsentation og symbolbehandling 1 (RS1)	Lægger læremidlet op til at eleverne skal kunne oversætte mellem hverdagsprog og fagsprog (herunder symbolsprog) og andre repræsentationer?
Repræsentation og symbolbehandling 2 (RS2)	Lægger læremidlet op til at eleven vælger hensigtsmæssige repræsentationer i forhold til konteksten?
Repræsentation og symbolbehandling 3 (RS3)	Lægger læremidlet op til at eleverne behandler og betjener sig af symbolholdige udsagn?

Tabel 3. Operationalisering af de øvrige kompetencer.

Kvantificering og visualisering af kompetencedækning

I analyserne af de enkelte materialer identificerer vi forekomster af delkompetencerne og kommer på den baggrund med et bud på om læremidlet dækker delkompetencen i hhv. lav, middel eller høj grad.

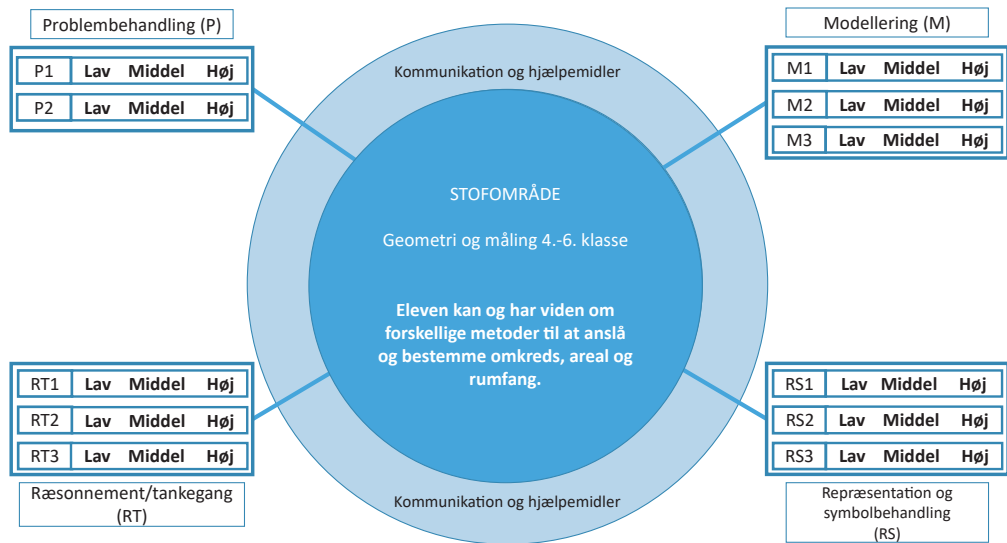
Dog er det ikke muligt for os at vurdere kompetencedækningsgrad absolut. Fx kan vi hverken bruge Fælles Mål eller KOM-rapporten som målestok for dækningsgrad i et givet læremiddel. Begge dokumenter ligger ganske vist til grund for delkompetencerne og de udformede kontrolspørgsmål som vi vurderer læremidlerne ud fra, men når vi konstaterer at et bestemt læremiddel har en høj dækningsgrad af en delkompetence, så indebærer det hverken at den er høj i forhold til Fælles Mål eller KOM-rapporten, men blot at den er høj i forhold til hvad vi i øvrigt har fundet i det analyserede materiale. Med andre ord vurderer vi dækningsgrad *relativt* inden for det tekstkorpus vi analyserer: de otte systemer til mellemtrinnet. Det betyder også at når vi markerer at et læremiddel har høj dækningsgrad i forhold til en delkompetence, så betyder det ikke at der ikke kunne være en bredere og dybere dækning – men blot at dækningen ligger højt i forhold til de materialer vi har set på.

Konkret har vi optalt det samlede antal forekomster knyttet til færdigheds- og vidensområdet måling i hvert læremiddel. En forekomst er fx en øvelse, en opgave, en

introducerende aktivitet, en infoboks, en aktivitet eller et teori-afsnit. Derefter har vi for hvert læremiddel optalt antal forekomster i alt og antal forekomster der involverer de respektive delkompetencer på de respektive klassetrin. Hvis et læremiddel i alt har 154 forekomster vedr. måling, og 25 af disse involverer den første delkompetence under problembehandling, så bliver andelen $25/154 = 0,16$ eller 16 %. Vi har også angivet den samlede andel, S, for hver delkompetence for hele mellemtrinnet.

Eftersom læremidlerne er meget forskellige, er en forekomst ikke ensartet i alle læremidlerne. Tilgangen er et forsøg på at kvantificere det enkelte læremiddels grad af kompetencedækning set i relation til den samlede dækning af måling i læremidlet.

For at præsentere et overblik over kompetencedækningen i det enkelte læremiddel og samtidig udpege hvor et givet læremiddel er mere eller mindre dækkende i forhold til delkompetencerne, har vi udviklet modellen som ses i figur 2.



Figur 2. Indholds kompetencemodel med måling fra geometri og måling som eksempel.

Modellen skal vise hvorledes vi tænker sammenhængen mellem stofområderne og de matematiske kompetencer. I midten af modellen er stofområdet angivet suppleret med en kondenseret beskrivelse af færdigheds- og vidensmålene for de tre faser (se tabel 1). I de fire kasser i hjørnerne er de matematiske kompetencer samlet i fire: problembehandling (P), modellering (M), ræsonnement og tankegang (RT) samt repræsentation og symbolbehandling (RS). Vi har her dels foretaget en reduktion af kompetencerne i Fælles Mål hvor der jo forekommer seks, dels prioriteret dem idet kommunikations- og hjælpemiddelkompetencen ligger rundt om stofområdet som en ydre ring idet vi vil forvente at de matematiske kompetencer kommunikation

og hjælpemidler kommer i spil i relation til de øvrige matematiske kompetencer og kompetenceområder.

Dvs. at vi som udgangspunkt kigger på et givet stofområde med henblik på at undersøge om de matematiske kompetencer kommer i spil i læremidlet. Alle de matematiske kompetencer behøver jo ikke komme i spil inden for hvert stofområde. Et læremiddel kan sagtens dække fx problemløsningskompetencen et andet sted end ved geometri og måling. Så andre tilsvarende analyser af de øvrige stofområder må vise om en given kompetence rent faktisk dækkes i læremidlet, og hvor godt den dækkes.

Det er en yderligere udfordring for en sådan analyse at læremidlerne bruger deres egen udlægning af de matematiske kompetencer. Fx har *Matematrix* ti matematiske delkompetencer hvorved der er tre kompetencer i dette læremiddel som vi ikke indfanger: anvendelseskritisk kompetence, strukturel kompetence og kulturhistorisk kompetence. *Multi* har otte fordi de matematiske kompetencer ræsonnement og tankegang samt repræsentation og symbolbehandling optræder som fire selvstændige kompetenceområder. Således repræsenterer læremidlerne forskellige operationaliseringer af de matematiske kompetencer i Fælles Mål – ligesom nærværende analyse gør det. For at skabe sammenhæng mellem analyserne af de enkelte læremidler er vi nødt til at analysere dem ud fra ét begrebsapparat, ét sæt af kompetencer.

Eksplicit og implicit kompetencedækning

En udfordring ved at analysere kompetencedækning i læremidlerne, som samtidig er et centralt fund i vores undersøgelse, er at lærervejledningerne oftest kun i generelle vendinger peger på hvilke kompetencer der er i spil, og hvilke der kan udvikles gennem de enkelte kapitler. Når vi ser på de enkelte aktiviteter, skal læreren selv udlede hvilke kompetencer der (potentielt) udvikles.

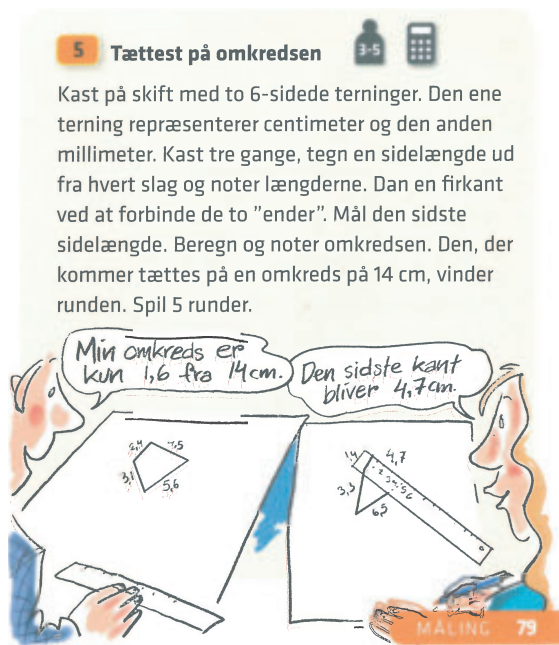
I nogle lærervejledninger findes overordnede oplysninger om hvilke kompetencer der søges dækket i kapitlet, men i forhold til et system som fx *Format* er vi reelt nødt til at udlede *hvor* en kompetence konkret er i spil, ud fra en analyse af aktiviteterne og lærervejledningens instruktioner fordi lærervejledningerne ikke oplyser specifikt herom. Dermed må vi i undersøgelsen for hver aktivitet på basis af aktivitetens elementer og lærervejledningens generelle afsnit *vurdere* om en eller flere kompetencer er i spil. Med andre ord kan potentialet for kompetenceorienteret undervisning være *eksplicit* eller *implicit* til stede i forhold til en given aktivitet.

Således kan vi for hver aktivitet vurdere hvilke kompetencer der er i spil *hvis* læreren følger lærervejledningen. Det er en vurdering der i så høj grad som muligt bygger på de informationer lærervejledningen giver, suppleret med en vurdering af hvilket *potentiale* for kompetence den enkelte aktivitet indeholder.

Når et læremiddel i lærervejledningen (eller i elevmaterialet) bruger fx begrebet ræsonnement eller ræsonnementskompetence, så boner det *eksplicit* ud på potentiale

i forhold til ræsonnementskompetence. I *Matematrix* er lærervejledningen tydelig omkring hvilke kompetencer der kan styrkes i de enkelte aktiviteter, mens man fx i *Format* ikke er eksplicit omkring dette i lærervejledningen.

Når lærervejledningen *ikke* ekspliciterer at en given kompetence er i spil, så går vi i analysen ind og påpeger når der er et *implicit potentiale* for udfoldelse af en bestemt kompetence i de enkelte aktiviteter. Analysen tager således højde for at lærervejledningen kan være tavs omkring hvilke kompetencer et kapitel skal styrke, men at der kan udledes et potentiale ud fra analysen af aktiviteterne. Et eksempel på en aktivitet hvor vi vurderer at der er implicit potentiale for at styrke den delkompetence som vi oven for kaldte problembehandling 1, ses i figur 3.



Figur 3. Aktivitet med implicit potentiale til at styrke elevernes problembehandlingskompetence. Kilde: *Format 4*, s. 79 i elevbogen.

I lærervejledningen lægges op til at eleverne skal vurdere hvilken af de to terninger der skal repræsentere hhv. centimeter og millimeter, men dette centrale element i forhold til problembehandling nævnes ikke i elevens tekst. Aktiviteten kan udføres ureflekteret ved at eleverne gennemfører fem runder á tre gange terningekast, tegner stregerne for hvert slag og måler hvor langt de var fra at ramme omkredsen 14. Men der er mulighed for at eleverne inviteres til at benytte sig af forskellige strategier for at komme så tæt på som muligt, og opgaven har potentiale til at eleverne udvikler og forfiner deres strategi undervejs i forsøget på at ramme omkredsen på 14 cm. Fx ville

eleverne have flere strenge at spille på hvis de ikke skulle tegne en streg for hvert kast (som lærervejledningen foreslår), men kunne vente med at vurdere cifrenes optimale placering og bevidst arbejde med vinkler.

Denne registrering af implicit potentiale indebærer didaktisk analyse og tæft – og indebærer nødvendigvis en vis grad af skøn. Alle de analyserede aktiviteter er derfor dobbeltscorede af to erfarne matematikdidaktikere, Mette Hjelmberg og Bo Teglskov Kristensen, både i forhold til eksplicit og implicit kompetencedækningspotentiale. Ved uoverensstemmelser mellem scoringerne begrundede didaktikerne deres score over for hinanden med henblik på sammen at kunne vurdere hvorvidt en given delkompetence potentielt var i spil. I langt de fleste tilfælde førte denne udveksling til enighed om at registrere forekomsten. Dette peger på en vigtig pointe: Selv erfarne didaktikere kan have svært ved at identificere kompetencepotentialet når det ikke er ekspliciteret. Vi vil derfor heller ikke hævde at vores registreringer af dette implicite potentiale er udtømmende, men snarere at det giver en god indikation af potentialet i systemerne.

Ved at se på både eksplicit potentiale for kompetencedækning og implicit potentiale for kompetencedækning i læremidlerne forsøger vi at ligestille læremidlerne i forhold til deres kompetencedækning således at læremiddelforfatternes strategi mht. at udpege kompetencedækning på aktivitetsniveau ikke bliver det eneste kriterie for vurderingen af kompetencedækning. I præsentationen af resultater (se tabel 5) vil vi vise i hvor høj grad et givent læremiddel aktualiserer en bestemt delkompetence, på skalaen lav-middel-høj.

Resultater

Kompetencedækning i de analyserede læremidler

Kvantificeringen af kompetencedækningen muliggør således en vurdering af hvert af de analyserede læremidlers *relative* grad af kompetencedækning (eksplicit og implicit) i forhold til den samlede dækning af færdigheds- og vidensområdet *måling* i de analyserede læremidler. Vi bruger følgende skala (tabel 4) til vurdering af om kompetencedækningen i forhold til hver delkompetence i et system er hhv. lav, middel eller høj. Skalaen er genereret på baggrund af hvad vi har registreret i analyserne på tværs af alle læremidlerne. Højeste forekomst af eksplicit kompetencedækning på en delkompetence er 23 % (registreret på delkompetence repræsentation og symbolbehandling 3 i *Matematrix 4*). Vi definerer derfor middel kompetencedækning til at omfatte dækningsgrader fra 10 til 20 %. Højeste forekomst af implicit kompetencedækning på tværs af alle analyserne er 40 % (identificeret på delkompetencen problembehandling 1 i *Kolorit 6*), hvorved en middel, implicit kompetencedækning defineres til at ligge lidt højere, nemlig mellem 15 og 30 %.

	INGEN	LAV	MIDDEL	HØJ
EksPLICIT	0 %	< 9 %	10-20 %	> 20 %
Implicit	0 %	< 14 %	15-30 %	> 30 %

Table 4. Skala der ligger til grund for vurdering af om kompetencedækningen i et læremiddel er lav, middel eller høj.

Ud fra denne skala er der næsten ingen udslag på den eksplicite kompetencedækning, som det ses i tabel 5. Antal forekomster i alt fremgår i kolonnen FOR. For problembehandling delkompetence 1 (P1) fremgår både de absolutte forekomster for delkompetencen såvel som andelen for hver delkompetence for de respektive klassetrin og samlet. For alle øvrige delkompetencer oplister vi kun andelen. Kompetencedækningen angives med farvemarkeringer: grøn for lav, gul for middel og rød for høj. For overblikkets skyld er *ingen* kompetencedækning (værdien 0,00) angivet ved tomme felter.

	FOR	P1	P1	P2	M1	M2	M3	RT1	RT2	RT3	RS1	RS2	RS3
Sigma 4	28	0											
Sigma 5	43	0											
Sigma 6	56	0											
Samlet	127	0											
KonteXt+ 4	62	0				0,02							
KonteXt+ 5	80	2	0,03			0,09			0,03		0,01	0,01	
KonteXt+ 6	158	4	0,03		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01	0,01
Samlet	300	6	0,02			0,03			0,01			0,01	0,01
Faktor 4	20	0											
Faktor 5	70	0											
Faktor 6	28	0											
Samlet	118	0											
Matematiktak 4	49	0											
Matematiktak 5	72	0											
Matematiktak 6	89	0								0,01			
Samlet	210	0											

Format 4	38	1	0,03									
Format 5	36	0										
Format 6	41	0										
Samlet	115	1	0,01									
Matematrix 4	53	1	0,02		0,04		0,06		0,06	0,19	0,02	0,28
Matematrix 5	101	3	0,03	0,01	0,01	0,06		0,03	0,01		0,03	0,06
Matematrix 6	59	0			0,08	0,12	0,02		0,03		0,02	0,12
Samlet	213	4	0,02		0,03	0,07		0,03	0,01	0,01	0,07	0,04
Kolorit 4	52	0										
Kolorit 5	71	0										
Kolorit 6	53	0										
Samlet	176	0										
Multi 4	57	7	0,12					0,05	0,07			
Multi 5	114	15	0,13						0,11	0,01		
Multi 6	101	6	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	0,07	0,01	0,04	
Samlet	272	28	0,10					0,04	0,08	0,01	0,01	

Tabel 5. Oversigt over antal udslag på eksplicit kompetencedækning på hver delkompetence.

I analysen fokuserer vi udelukkende på middel og høj kompetencedækning, men lav og ingen kompetencedækning fremgår af tabel 5. Det er således kun *Multi* og *Matematrix* der boner ud. *Multi* gør det på problembehandling 1 i materialerne til 4. og 5. klasse (og samlet) samt på ræsonnement og tankegang 2 i bogen til 5. klasse. *Matematrix* boner ud på modellering 2 i materialet til 6. klasse, repræsentation og symbolbehandling 1 til 4. klasse og repræsentation og symbolbehandling 2 til 6. klasse og samlet for repræsentation og symbolbehandling 3. Dette giver i alt 6 udslag på middel niveau på klassetrinsniveau og 2 udslag samlet. Der er kun to udslag på højt niveau: repræsentation og symbolbehandling 3 i *Matematrix* til 4. og 6. klasse.

Den implicitte kompetencedækning er der langt flere udslag på, som det ses i tabel 6. Tabellen er konstrueret på samme vis som tabel 5. En forekomst der er registreret som eksplicit, registreres ikke under implicitte, hvorfor tabel 5 og tabel 6 skal ses i sammenhæng.

	FOR	P1	P1	P2	M1	M2	M3	RT1	RT2	RT3	RS1	RS2	RS3
Sigma 4	28	0						0,07	0,14				0,11
Sigma 5	43	13	0,30			0,02		0,09	0,02		0,42		0,14
Sigma 6	56	18	0,32		0,07	0,02	0,04	0,18	0,11	0,04	0,04		0,48
Samlet	127	31	0,24		0,03	0,02	0,02	0,13	0,09	0,02	0,16		0,28
KonteXt+ 4	62	21	0,34			0,08	0,02	0,05	0,21	0,05	0,21	0,15	
KonteXt+ 5	80	24	0,30			0,01	0,01	0,04	0,16	0,04	0,16	0,11	
KonteXt+ 6	158	39	0,25		0,03	0,03	0,01	0,06	0,18	0,02	0,07	0,06	0,12
Samlet	300	84	0,28		0,01	0,03	0,01	0,05	0,18	0,03	0,12	0,09	0,06
Faktor 4	20	9	0,45		0,10	0,10	0,05		0,15	0,05	0,05	0,05	
Faktor 5	70	15	0,21		0,16	0,10	0,01	0,03	0,06	0,01	0,03	0,01	0,13
Faktor 6	28	5	0,18		0,07				0,07		0,07		0,39
Samlet	118	29	0,25		0,13	0,08	0,02	0,02	0,08	0,02	0,04	0,02	0,17
Matematiktak 4	49	0				0,08		0,04		0,04	0,02	0,02	0,18
Matematiktak 5	72	16	0,22			0,04					0,07	0,08	0,06
Matematiktak 6	89	17	0,19		0,01			0,03	0,04		0,03	0,08	0,22
Samlet	210	33	0,16			0,03		0,02	0,02	0,01	0,04	0,07	0,16
Format 4	38	10	0,26					0,11	0,24		0,11	0,03	0,26
Format 5	36	8	0,22					0,06	0,11		0,17		0,28
Format 6	41	7	0,17					0,10	0,12		0,02	0,10	0,29
Samlet	115	25	0,22					0,09	0,16		0,10	0,04	0,28
Matematrix 4	53	1	0,02						0,06	0,02			
Matematrix 5	101	20	0,20			0,02		0,04	0,08		0,08	0,01	0,21
Matematrix 6	59	8	0,14			0,05			0,24		0,12		0,14
Samlet	213	29	0,14			0,02		0,02	0,12		0,07		0,14
Kolorit 4	52	16	0,31		0,12	0,17	0,04		0,10	0,06	0,02	0,25	
Kolorit 5	71	20	0,28		0,04	0,06	0,03	0,17	0,21	0,03	0,18	0,06	0,04
Kolorit 6	53	21	0,40		0,02	0,02	0,04	0,25	0,11	0,04	0,08		0,09
Samlet	176	57	0,32		0,06	0,08	0,03	0,14	0,15	0,04	0,10	0,10	0,05
Multi 4	57	6	0,11			0,09			0,21	0,07	0,09	0,09	0,25

Multi 5	114	15	0,13	0,03	0,01	0,04	0,14	0,04	0,18	0,09	0,19	
Multi 6	101	24	0,24	0,01	0,05	0,02	0,03	0,15	0,01	0,17	0,07	0,18
Samlet	272	45	0,17	0,01	0,04	0,01	0,03	0,16	0,03	0,16	0,08	0,20

Tabel 6. Oversigt over antal udslag på implicit kompetencedækning på hver delkompetence.

Igen fokuserer vi kun på middel og høj kompetencedækning. Der er 18 udslag på en implicit delkompetence på samlet læremiddelniveau (S). Heraf er kun et enkelt på højt niveau (problembehandling 1, *Kolorit*). Der er 52 udslag på implicitte delkompetencer i de 24 læremidler hvoraf de 8 er på højt niveau. Det fremgår tydeligt af skemaet at der er delkompetencer der dækkes godt og bredt (problembehandling 1 og repræsentation og symbolbehandling 3), men også at der er delkompetencer der enten slet ikke dækkes (problembehandling 2, modellering 3 og ræsonnement og tankegang 3) eller næsten ikke dækkes (modellering 1 og 2 samt repræsentation og symbolbehandling 2).

Analysen af de otte læremidler

I det følgende udfolder vi analyserne af de otte læremidlers kompetencedækning ved at gøre rede for hvert systems særtræk. Vi har valgt at lade omtalen af *KonteXt+* og *Matematrix* være mere udfoldet for at vise hvordan vi har forsøgt at tage højde for materialernes opbygning og tilgang til matematikfaget, mens de resterende seks grupperes og omtales mere kortfattet og ikke udgør egentlige analyser.

EksPLICIT og implicit kompetencepotentiale i KonteXt+

Evalueringen viser at *KonteXt+* samlet set har en implicit middel dækning på problembehandling 1 hvor eleverne skal anvende forskellige strategier til matematisk problemløsning i forhold til (forskellige) matematiske problemer. Og at *KonteXt+* har middel implicit dækning i forhold til ræsonnement og tankegang 2 idet læremidlet implicit lægger op til at eleverne selv skal ræsonnere i flere aktiviteter (se tabel 6). Hertil kommer implicit dækning på enkelte klassetrin i forbindelse med repræsentation og symbolbehandlingskompetencen.

KonteXt+ 4-6 scorer lavt på eksplicit kompetencedækning på alle delkompetencer. Dette skyldes at det i lærervejledningen næsten ikke ekspliciteres hvor kompetencerne er i spil på aktivitetsniveau. I den indledende del af lærervejledningen, som for størstedelens vedkommende er identisk for bøgerne på mellemtrinnet, eksemplificeres det meget overordnet hvordan de seks matematiske kompetencer er indtænkt (fx s. 11-13, *KonteXt+* 5, lærervejledning). Her beskrives det også hvorledes bestemte kompetencemråder i Fælles Mål knytter an til flere af de 6 faser i det såkaldte "Læringshjul" som alle kapitler er bygget op over.

Ligeledes er der et skema i lærervejledningen hvor der via få eksempler eksemplificeres kompetencefokus i de respektive afsnit. Figur 4 viser et eksempel fra lærervejledningen til *KonteXt+ 5*.

<p>Modellering Se Aktivitet</p>	<p>Vingummiæsker </p> <p>MATERIALER: Centicubes, isometripapir, karton, saks, tape.</p>
--	--

Figur 4. Angivelse af hvordan modelleringskompetencen er indtænkt. Kilde: *KonteXt+ 5*, s. 106 i lærervejledningen.

Det er således op til læreren at identificere det implicite kompetencedækningspotentiale på aktivitetsniveau. Men faserne i “Læringshjulet” og lærervejledningens overordnede eksemplificering af hvordan kompetencerne er indtænkt i nogle faser i “Læringshjulet”, giver en rettesnor for hvor vi skal lede efter hvilke kompetencer.

Især “Læringshjulets” anden fase, “Kontekst”, er interessant i forhold til problembehandlingskompetencen fordi denne fase indebærer at tilegnede kundskaber og færdigheder anvendes i forskellige kontekster idet eleven præsenteres for mulige kontekster for anvendelsen af matematiske begreber via et mindre antal scenarier. I lærervejledningen står der om problembehandling at der vil være ikke-rutineprægede opgaver i scenarierne som altid sluttet med en udfordrende opgave, og at de sidste af breddeopgaverne er af mere grublende karakter.

I den sidste fase, “Eftertanken”, skal eleverne og læreren diskutere og reflektere over nogle eksemplariske opgaver, og der henvises eksplicit til tre matematiske kompetencer: problembehandling, ræsonnement og tankegang samt kommunikation. I lærervejledningen specificeres det i forhold til ræsonnement og tankegang at der i “Eftertanken” er indlagt “udsagn – formodninger – hypoteser, som eleverne skal vurdere rigtigheden af” (s. 12 i lærervejledningen til *KonteXt+ 6*).

I lærervejledningen adresseres modelleringskompetencen overordnet, og repræsentation og symbolbehandling omtales også. Det er imidlertid ikke specificeret hvordan matematisk modellering indgår i kapitlerne, og kompetencerne kobles heller ikke specifikt til en fase i “Læringshjulet”.

Læremidlet udmærker sig ved at have den mest omfattende behandling af måling når man ser på antal forekomster.

Eksplicit og implicit kompetencepotentiale i Matematrix

I forhold til den eksplicite kompetencedækning har *Matematrix* som det eneste læremiddel i undersøgelsen udslag på højt niveau. Der er to sådanne på repræsentation

og symbolbehandling delkompetence 3 i *Matematrix* til 4. og 6. klasse hvilket giver et samlet middel resultat for denne kompetence. *Matematrix* når middel niveau på modellering 2 i materialet til 6. klasse, repræsentation og symbolbehandling 1 i materialet til 4. klasse og repræsentation og symbolbehandling 2 i bogen til 6. klasse. Dette giver i alt 6 udslag på den eksplicite kompetencedækning hvilket er mere end noget andet læremiddel i undersøgelsen.

I forhold til den implicite kompetencedækning har *Matematrix* til gengæld kun tre udslag (alle på middel niveau) hvilket placerer læremidlet lavest blandt de otte lærebogssystemer. Dette er en naturlig konsekvens af de mange eksplicite udslag for kompetencedækning i systemet.

Matematrix opererer med ti matematiske kompetencer i lærervejledningen. Forrest i lærervejledningen er der en skematisk oversigt over hvilke kompetencer der dækkes i de respektive kapitler. Det gælder for alle tre læremidler til mellemtrinnet at 8 ud af 10 af disse kompetencer (ifølge lærervejledningen) dækkes i kapitlet. Analysen kan således antages at være repræsentativ for hvordan og i hvilket omfang læremidlet i det hele taget dækker de matematiske kompetencer.

Matematrix er ligeledes organiseret ud fra en timeglasmodel. Det giver en stram lineær progression der stræber mod abstraktion og forståelse på et højt taksonomisk niveau. Timeglassets form illustrerer en forestilling om at eleverne skal bevæge sig fra en bred introduktion hvor deres forforståelse tages alvorligt, opleve en fagligt fokuseret gennemgang, hvorefter de mødes af øvelser og komplekse problemstillinger der blandt andet relaterer sig til ren matematik, semi-virkeligheder og referencer til virkeligheden (Hansen, Hjelmberg & Brodersen, 2015).

Lærervejledningens eksplicitering af de matematiske kompetencer knyttes til timeglassets form. Fx er der i relation til måling informerende sider knyttet til den fagligt fokuserede gennemgang hvor eleven får præsenteret ræsonnementer knyttet til måling. Denne informationsside tæller dog kun som én forekomst hos os og giver derfor ikke anledning til middel eller høj dækning i forhold til ræsonnement og tankegang delkompetence 1.

Eksplicit og implicit kompetencepotentiale i Multi

Multi minder i mange henseender om *Matematrix* i forhold til den eksplicite og implicite kompetencedækning. Læremidlet har i øvrigt en meget omfattende og systematisk behandling af måling, især for 6. klasse.

Eksplicit og implicit kompetencepotentiale i Kolorit og Format

Kompetencepotentialet er ikke ekspliciteret i de to systemers lærervejledninger, og der er dermed slet ingen udslag på eksplicit kompetencedækning. *Formats* lærervejledning har dog et afsnit om kompetencer hvor man opererer med de samme kompetencer

som i KOM-rapporten, og lærervejledningerne rummer ligeledes en oversigt over hvordan kompetencerne kommer i spil i kapitlerne, uden at det er tydeligt hvordan og hvor det sker.

Begge læremidler har forholdsvis få forekomster af måling, men forholdsvis mange udslag på implicit kompetencedækning. En tydelig forskel er dog at *Format* ingen udslag har på modellering; til gengæld er *Formats* dækning af delkompetencen repræsentation og symbolbehandling 3 på middel niveau. Begge læremidler scorer middel eller højt (*Kolorit*) på problembehandling 1.

Eksplicit og implicit kompetencepotentiale i Sigma, Faktor og Matematik-Tak

Der forekommer stort set ingen omtale af de matematiske kompetencer i lærervejledningerne i nogen af de tre læremidler, hvorved de slet ikke slår ud på eksplicit kompetencedækning. Dette er ikke overraskende da alle de tre systemer er udgivet før 2002. I *Sigmas* lærervejledninger (revideret efter 2002) er der dog et afsnit om kompetencer (s. 12-14). Her opereres der med de otte kompetencer fra KOM-rapporten, og alle eksemplerne er hentet direkte fra denne rapport.

Behandlingen af måling er i øvrigt meget kortfattet i *Sigma* og *Faktor* hvilket medvirker til høje implicite forekomster.

Konklusion og diskussion

Artiklen har præsenteret et bud på en operationalisering af matematiske kompetencer i delkompetencer og kontrolspørgsmål som kan overføres på andre stofområder, samt en metode til at kvantificere såvel ekspliciteret og implicit potentiale til kompetenceundervisning. Artiklen bidrager dermed med en ny metode til analyse af kompetencedækning i læremidler til matematik. Læremidlernes dækningsgrad vurderes *relativt* inden for det tekstkorpus vi analyserer, og resultaterne tegner dermed et øjebliksbillede som vil forrykke sig ved fremtidige revisioner af matematiksystemerne. Revideringer er i gang i forhold til læremidlerne *Matematrix* og *Format*.

Resultaterne skal ses i lyset af at vi udelukkende forholder os til et enkelt område, måling. Dette giver anledning til overvejelser om hvorvidt måling i særlig grad lægger op til inddragelse af specifikke kompetencer, og hvorvidt der i de analyserede læremidler bevidst er valgt eller fravalgt fokus på særlige kompetencer i relation til netop måling. Vi ser eksempelvis ingen dækning af problembehandling delkompetence 2 i nogle af de analyserede læremidler under måling. Ligeledes har *Format* slet ikke fokus på modelleringskompetencen under måling. Men disse fund kan ikke på basis af nærværende undersøgelse generaliseres til andre områder.

Endelig er det også vigtigt at se kritisk på vores operationalisering af delkompe-

tencerne (Tabel 2) hvor vores inddragelse af perspektiver fra KOM-rapporten (Niss & Jensen, 2002) måske giver anledning til formulering af kontrolspørgsmål der ikke nødvendigvis svarer til mellemtrinnets niveau. Vores måde at tælle forekomster på (kvantificeringen) kan desuden medføre en skævvridning da de otte matematiksystemers opbygning adskiller sig væsentligt fra hinanden.

Evalueringen viser at lærervejledningerne til de analyserede materialer oftest kun i generelle vendinger peger på hvilke kompetenceområder der er i spil, og hvilke der kan udfordres gennem de enkelte kapitler. Lærervejledningerne har således i meget lille omfang et ekspliciteret kompetencedækningspotentiale på aktivitetsniveau. Vi har i analysen vurderet om der forekom implicit kompetencepotentiale i hver enkelt aktivitet. I nogle tilfælde kan eleverne siges at få mulighed for at arbejde kompetenceorienteret hvis deres lærer følger lærervejledningen – uden at læreren nødvendigvis behøver være klar over at en bestemt kompetence er i spil. Andre gange har en aktivitet potentiale til at være kompetenceorienteret hvis bestemte dele af aktiviteten optones eller skærpes.

Her skal læreren således aktivt redidaktisere aktiviteten for at realisere kompetencepotentialet. *Redidaktisering* er når læreren laver om på og tilpasser et læremiddel og dets iboende didaktik i forhold til egen brugssituation (Hansen, 2006). Under alle omstændigheder vurderer vi at det ville være formålstjenligt at lærerne på aktivitetsniveau i lærervejledningen blev oplyst om hvilke/hvilken kompetence en aktivitet har til formål at styrke, og hvordan dette tænkes at ske. Dermed ville læremidlerne, med begreber lånt fra Remillard (2000), tale *til* læreren, hvorved læremiddelforfatteren ekspliciterer sin forståelse af matematikfaget, og hvordan det læres, snarere end at læremidlet med blotte handlingsinstruktioner til læreren taler *gennem* læreren.

I Undervisningsvejledningen fra 2009 var der forslag til indledende vurderinger af lærebøger eller læremidler ved at introducere fire kriterier med tilhørende spørgsmål. Det foreslås heri bl.a. at vurdere læremidler ud fra et kompetenceperspektiv (Undervisningsministeriet, 2009, s. 45-46; Hjelmberg, 2013). I den nuværende vejledning er kompetenceperspektivet ikke længere til stede. I stedet vurderes ud fra fire andre perspektiver: mål, læring, sprog og planlægning (Undervisningsministeriet, 2014b, afsnit 3.3). Lærere og matematikvejledere støttes således ikke længere i at vurdere læremidlers kompetencedækning.

Vores intention var, udover selve evalueringen, at udvikle et redskab som kunne anvendes af matematiklærere og -vejledere til selv at analysere, vurdere og diskutere kompetencedækning og dermed berige den kompetenceorienterede matematikundervisning. Men vi har måttet konstatere at det er vanskeligt at identificere kompetencepotentiale. Omvendt bidrager vores undersøgelse til forskningsfeltet om læremidler ved at vise værdien af fagdidaktiske undersøgelser af læremidler der vurderer læremidlers potentiale for at realisere specifikke mål knyttet til et fag.

Forlag og læremiddelforfattere bør være opmærksomme på i højere grad at få læremidlerne til at facilitere kompetenceorienteret undervisning i matematikfaget. Dette kan ske ved på aktivitetsniveau at ekspliciterer hvor potentialet til kompetenceorienteret undervisning er, og ikke mindst udfolde kompetencedimensionen i de enkelte aktiviteter. På den korte bane, givet de analyserede læremidlers aktuelle forfatning, påhviler denne opgave læreren. At se og realisere potentiale for kompetenceundervisning i en given aktivitet hvor dette ikke er ekspliciteret, kræver tid, indsigt i kompetencetænkningen samt didaktisk tæft og kreativitet.

Referencer

- Alseth, B., Breiteig, T. & Brekke, G. (2003). Endringer og utvikling ved R97 som bakgrunn for videre planlegging og justering – matematikkfaget som kasus. Notodden: Telemarkforskning.
- Gilje, Ø. et al. (2016). Med ARK&APP. Bruk av læremidler og ressurser for læring på tvers av arbeidsformer. Universitetet i Oslo.
- Hansen, J.J. (2006). Mellem design og didaktik: Om digitale læremidler i skolen. Ph.d.-afhandling, SDU, Faculty of Humanities, Institute for Design and Communication. Lokaliseret 13.12.2018 på https://www.sdu.dk/-/media/files/forskning/phd/phd_hum/afhandlinger/2007/hansen2007_mellem_design_og_didaktik_version2+pdf.pdf?la=da.
- Hansen, J.J. (2010). Læremiddellandskabet. Fra læremiddel til undervisning. København: Akademisk Forlag.
- Hansen, T.I. & Bundsgaard, J. (2013). Kvaliteter ved digitale læremidler og ved pædagogiske praksisser med digitale læremidler. Ministeriet for Børn og Undervisning. Lokaliseret 13.12.2018 på <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/udd/folke/pdf13/sep/130927-forskningsrapport-effektmaaling.pdf>.
- Hansen, T.I. (2010). It og medier i et læremiddelperspektiv. *KvaN* (86), 105-116.
- Hansen, T.I., Hjelmberg, M. & Brodersen, P. (2015). Timeglas eller værksted. Komparativ undersøgelse af to lærebogssystemer i matematik. *MONA* (2). Lokaliseret 13.12.2018 på <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/36307>.
- Hjelmberg, M. (2013). Vurdering af læremidler i matematik. I: M. Wahl Andersen & P. Weng (red.), *Håndbog om matematik i grundskolen: Læring, undervisning og vejledning* (380-389). København: Dansk Psykologisk Forlag.
- Højgaard, T. (2008). Kompetencer, færdigheder og evaluering. *Matematik* (7), 43-46.
- Larsen, A.F., Hein, M. & Wedege, T. (2006). Undersøgende læringsmiljø i matematik. Kritisk refleksion efter skoleperioden. *MONA* (4). Lokaliseret 13.12.2018 på <https://tidsskrift.dk/mona/article/download/36524/37827/0>.
- Mellin-Olsen, S. (1990). Oppgavediskursen. I: G. Nissen & J. Bjørneboe (red.), *Matematikundervisning og Demokrati* (47-64). Roskilde: IMFUFA, Roskilde Universitetscenter.

- Mogensen, A. (2012). Når pointer styrer matematikundervisning. *MONA* (3), 40-54. Lokaliseret 13.12.2018 på <https://tidsskrift.dk/mona/article/view/35969>.
- Niss, M. & Jensen, T.H. (red.) (2002). Kompetencer og matematiklæring: Ideer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark. *Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 18*. København: Undervisningsministeriet. Lokaliseret d. 03-11 på <http://static.uvm.dk/Publikationer/2002/kom/hel.pdf>.
- Niss, M., Andreassen, M., Foss Hansen, K., Matthiasen, J., Mogensen, A., Skånstrøm, M. & Holm, C. (2006). Fremtidens matematik i folkeskolen. Rapport fra Udvalget til forberedelse af en handlingsplan for matematik i folkeskolen. København: Undervisningsministeriet.
- Niss, M. (2007). Opgavediskursen i matematikundervisningen. *MONA*(1), 7-17.
- Remillard, J.T. (2000). Can curriculum materials support teachers' learning? Two fourth-grade teachers' use of a new mathematics text. *The Elementary School Journal*, 100(4), 331-350.
- Remillard, J.T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, 75(2), 211-246.
- Undervisningsministeriet (2014). Vejledning for faget matematik. Lokaliseret d. 04.03.2019 på: <https://www.emu.dk/modul/vejledning-faget-matematik#>.
- Undervisningsministeriet (2015). Bekendtgørelse om formål, kompetencemål og færdigheds- og vidensmål for folkeskolens fag og emner (Fælles Mål). Lokaliseret d. 9.8.2018 på: <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=170471>.
- Undervisningsministeriet (2016). Fælles Mål for faget matematik. Lokaliseret d. 19.2.2019 på: [https://www.emu.dk/sites/default/files/Matematik – januar 2016.pdf](https://www.emu.dk/sites/default/files/Matematik%20-%20januar%202016.pdf).

English abstract

This paper presents the results of and the method used in evaluating eight textbooks for mathematics teaching in grades 4-6. The evaluation examines to which extent the textbooks support working with the competencies related to measuring. The evaluation shows that teacher's guides often only in general terms point towards which areas of competence are in play. Hence, on the level of activities there are few examples of explicit competence coverage. An examination of implicit competence coverage, i.e. a deduction showing where competences could come into play, shows far more occurrences. The evaluation shows significant differences between the textbooks.

Udgange på undersøgende matematik



Mie Engelbert Jensen,
UC SYD



Rune Hansen,
UC SYD

Abstract: I denne artikel præsenteres og analyseres udvalgt empiri knyttet til opsamling og fællesgørelse af elevers undersøgende arbejde i matematik på mellemtrinnet. Empirien er indsamlet i projektet "Kvalitet i Dansk og Matematik" (KiDM) som gennem et pilotforløb og tre interventionsforløb på 45 skoler har tilrettelagt særlige undervisningsforløb af et halvt års varighed hvor der har været fokus på undersøgende og dialogisk matematikundervisning. Gennem projektet har vi indsamlet empiri både under besøg på skolerne, via referater fra faggruppemøder og gennem opsamlingsmøder i regionerne. I denne artikel kategoriserer og analyserer vi lærernes vanskeligheder ved at samle op på elevernes undersøgende arbejde.

Indledning

I nyere dansk matematikdidaktik har der i flere omgange været en særlig opmærksomhed mod undersøgende matematik (Blomhøj, 2013; Dreyøe et al., 2017; Hansen & Hansen, 2013; Skovsmose, 2003). Artiklen her tager afsæt i projektet "Kvalitet i Dansk og Matematik" (KiDM) der bl.a. fokuserede på etablering af undersøgende tilgange gennem tre faser i matematikundervisningen: *iscenesættelse*, *aktivitet* og *fællesgørelse* (Larsen & Lindhardt, 2019). I lærervejledningerne på projektets hjemmeside beskrives de tre faser med reference til Blomhøj (2013) hvor *iscenesættelse* omhandler hvordan aktiviteten introduceres, motiveres og igangsættes. *Aktivitet* relateres til elevers frihedsgrader i det undersøgende arbejde hvor læreren bør være varsom med at overtage styringen. *Fællesgørelse* er den opsamlende fase hvor elevers erfaringer, resultater og refleksioner danner grundlag for opbygning af fælles faglig viden i klassen. Vendingen *undersøgende matematikundervisning* henviser i denne artikel ligesom i KiDM-projektet til en deltagerstyret, problem- og undersøgelsesbaseret undervisningsmetode hvor udgangspunktet er fælles åbne spørgsmål eller problemstillinger som eleverne alene og/eller i mindre grupper søger at finde en løsning på ved hjælp af forskellige former for undersøgelser. Undervejs støttes og guides eleverne af deres lærer.

Med afsæt i KiDM-projektet præsenterer og analyserer vi empiri knyttet til opsamling og fællesgørelse af elevers undersøgende arbejde på mellemtrinnet. Vi søger at besvare følgende spørgsmål:

- Hvad karakteriserer de involverede matematiklæreres vanskeligheder i fællesgørelsen af elevernes undersøgende arbejde i KiDM?
- Hvilke didaktiske tiltag kan imødegå de identificerede vanskeligheder?

I artiklen rettes opmærksomheden mod fasen om fællesgørelse da denne fase viser sig at være skueplads for den modsigelse der ligger imellem individ og fællesskab. Dvs. at eleverne konstruerer individuelle meninger samtidig med at meningsfuld læring finder sted i en social kontekst (Sfard, 1998). I vores empiri er der indikationer på at det er svært at få eleverne til at dele og udtrykke deres erfaringer og refleksioner, samt at det er vanskeligt for læreren at tilrettelægge en klasserumssamtale der både skal tydeliggøre og anerkende de unikke og forskellige undersøgelsesmetoder og samtidig skal samle elevernes forskellige bidrag til enkelte faglige pointer.

Undersøgende matematikundervisning

I en undersøgende matematikundervisning er undersøgende arbejde et didaktisk redskab for matematiklærere i forbindelse med at tilrettelægge undervisnings- og læringssituationer hvor elever har mulighed for at udvikle relationel forståelse (Skemp, 2002) og forskellige grader af autonomi (Artigue & Blomhøj, 2013; Hansen & Hansen, 2013). Med relationel forståelse og autonomi mener vi at eleverne i en vis grad selv tager styringen med matematikken og arbejder med at forstå både *hvad* der foregår i matematikken, og *hvorfor* det sker. Undervisningsstrukturerne i en undersøgende matematikundervisning er ofte anderledes end i en formidlingsorienteret undervisning da elever arbejder og taler sammen i små grupper. Samtidig ændres lærerens rolle da vedkommende ikke længere skal indtage en formidlende rolle, men derimod gennem stilladsering skal kunne hjælpe og støtte elevernes arbejde. Den undersøgende matematikundervisning retter opmærksomheden mod etablering af dialog-baseret matematiklæring der er kendetegnet ved en diskurs hvor parterne så vidt muligt er ligeværdige (Alrø & Skovsmose, 2006). Når eleverne samarbejder i grupper med undersøgende aktiviteter, opstår der muligheder for at gruppens medlemmer kan kommunikere gennem dialoger der udspringer af deres nysgerrige arbejde med matematikken. Samtidig skaber undervisningsstrukturen rum for at grupperne kan interagere med hinanden i enten kortere eller længere sekvenser hvor de fx kommer med forklaringer, reformulerer deres tanker, stiller spørgsmål eller udfordrer hinandens forståelser (Alrø & Skovsmose, 2006).

KiDM-projektet er baseret på tre teser eller principper som er knyttet til elevernes

udbytte af undersøgende og dialogbaseret matematikundervisning (EMU, Information om KiDM-projektet, 2019):

- En undersøgende, dialogisk og anvendelsesorienteret undervisning med rum til elevdeltagelse øger effekten af elevens forståelse for matematiske begreber og udvikler hensigtsmæssige arbejdsmåder.
- Motivationen øges hvis eleverne oplever indholdet meningsfuldt både med udgangspunkt i faget selv og i fagets anvendelse.
- En undersøgende, dialogisk og anvendelsesorienteret undervisning med rum til elevdeltagelse øger muligheden for at implementere de matematiske kompetencer.

Teserne var styrende for projektet både i ansøgningsarbejdet, gennem interventionerne og nu i den afsluttende fase hvor resultater fra projektet samles og beskrives af projektmedarbejderne. Hver af de involverede skoler har fået præsenteret og forklaret teserne, og de har også været tydelige i interventionernes tiltag som bestod af grundige lærervejledninger og nøje udvalgte elevaktiviteter der emnemæssigt var knyttet til tal og algebra, geometri og måling samt statistik og sandsynlighed.

Undersøgelsesaspektet er centralt for læringen, men der lægges også vægt på (Michelsen et al., 2017, s. 6):

- at eleverne konstruerer mening
- at meningsfuld læring finder sted i en social kontekst
- at læring understøttes af meningsfulde kontekster
- at læring er en dialogisk proces.

I undersøgende matematikundervisning bør der være forskellige grader af elevstyring og medbestemmelse (Blomhøj, 2013; Hansen & Hansen, 2013). I nogle af tiltagene i KiDM er der en helt central og snæver matematisk pointe med det undersøgende arbejde, fx undersøgelse af trekantsuligheden gennem en rebtrekant, og i de tilfælde kan for meget elevstyring modarbejde vigtige erkendelser hos eleverne. Derfor kan sådanne undersøgelser stilladseres med præcise spørgsmål og instrukser til eleverne. I andre af KiDM's tiltag kan læreren vurdere at ikke alle elever eller grupper er kognitivt klar til at håndtere de selvstændige arbejdsformer som ligger i den undersøgende matematikundervisning. I disse situationer må læreren løbende justere undervisningens rammer så eleverne efterhånden oplever små eller store glimt af at kunne handle på egen hånd i mødet med de undersøgende aktiviteter. I KiDM-projektet placeres den mest åbne aktivitet i slutningen af forløbet ud fra en formodning om at både elever og lærere først skal øve sig på det undersøgende arbejde før de kastes ud i en helt åben tilgang.

I forlængelse af projektets fokus på elevdeltagelse og læring som et socialt fænomen har vi i forbindelse med fællesgørelsen af elevernes undersøgende arbejde med

matematik søgt teoretisk fundament hos Towers, Martin og Heater (2013). I deres forskning anbefaler de at matematiklæreren både arbejder med organisering i klassen og med læringsfællesskabets syn på hvordan matematik læres. Den undersøgende undervisning kan organiseres på en måde hvor elever tager på lynvisit i andre grupper og ser deres arbejde og vender hjem igen med nye idéer. Samtidig er det centralt at matematiklæreren tydeliggør for eleverne at "ny matematik" er blevet konstrueret i fællesskabet. Matematik er ikke statisk – det er derimod en dynamisk størrelse der udvikles i klassefællesskabet. Når en gruppe har løst et matematisk problem, er løsningen indgang til den fælles klassesdiskurs, og gruppens arbejde skal ikke "rettes" eller bedømmes. Når man gennem en undersøgende tilgang gør sig erfaringer med matematik, skal det understøttes af fællesskabet, hvilket kræver at eleverne forstår at for at deltage i den undersøgende matematikundervisning må de selv bidrage til en frugtbar dialog (Towers, Martin & Heater, 2013).

I et review om den undersøgende matematikundervisning beskriver Pedaste et al. (2015) den afsluttende fase (fællesgørelsen) ved at skelne mellem to typer af refleksioner som er knyttet enten til resultater af en åben udforskning baseret på mere eller mindre autonome og nysgerrige spørgsmål eller til resultater fra mere afgrænsede hypotesedrevne eksperimenter. De argumenterer for at eleverne i den undersøgende undervisning anvender refleksion-i-handling (Schön, 2001) når de forholder sig vurderende til deres undersøgende proces i en af undersøgelsens igangværende faser. Ved afslutningen på en undersøgelse er der i KiDM fokus på fællesgørelsen hvor matematiklæreren skal udfordre eleverne til både at forholde sig til pointer fra deres undersøgelser og til deres undersøgende proces (Pedaste et al., 2015).

Ovenstående har dannet baggrund for den undersøgende matematikundervisning som blev gennemført i KIDM-projektet. Denne artikel er en delundersøgelse hvor vi zoomer ind på netop fællesgørelsen knyttet til de tiltag som blev gennemført i projektet.

FAKTABOKS:**KiDM-projektets arbejdsgang på helt kort form:**

- Regionale opstartsmøder for alle deltagende lærere på forsøgsskolerne
- Starttest af elever (specielt udviklet test)
- Faggruppemøde med speciel dagsorden knyttet til fasen iscenesættelse
- Specielt undervisningsforløb knyttet til tal og algebra, varighed ca. 4 uger
- Faggruppemøde med speciel dagsorden knyttet til fasen aktivitet
- Specielt undervisningsforløb knyttet til geometri og måling, varighed ca. 4 uger
- Faggruppemøde med speciel dagsorden knyttet til fasen fællesgørelse
- Specielt undervisningsforløb knyttet til statistik og sandsynlighed, varighed ca. 4 uger
- Sluttest af elever (specielt udviklet test)
- Regionale afslutningsmøder for alle deltagende lærere på forsøgsskolerne.

Baggrunden for artiklen

KiDM-projektet blev initieret af Undervisningsministeriet og gennemført i 2015-2018 i flere klasser på forsøgsskoler og interventionsskoler samt kontrolskoler fordelt over hele Danmark. Idéen i projektet er at matematiklærere gennem forskerudviklet undervisningsmateriale og grundige lærervejledninger forpligter sig på at gennemføre en undersøgende matematikundervisning i deres klasser over en periode på ca. 6 måneder. Elevernes læringsudbytte blev målt gennem specielt udviklede tests før og efter interventionerne. De specialudviklede tests blev gennemført både på forsøgsskolerne og på kontrolskolerne, og efterhånden som vores data fra disse tests bliver analyseret, er der håb om at vi i forskningsgruppen kan finde ud af om undersøgende matematik kan have en gavnlige effekt på elevernes testresultater. Den specialudviklede test var computerbaseret og blev udviklet af Dorte Moeskær Larsen og andre medarbejdere i KiDM-gruppen på baggrund af grundige artikelstudier. Testen bestod både af opgaver der måler begrebsforståelse, og opgaver der måler på undersøgende elementer af de matematiske kompetencer, og var en blanding af multiple choice-opgaver og opgaver med plads til elevernes skriftlige tekstbesvarelser. Her er et eksempel på en opgave med krav om tekstbesvarelse. Opgaven tester elevens spontane begreber inden for statistik og har også et fokus på ræsonnementskompetencen idet de skal begrunde deres svar:

Temperaturen er blevet målt i to forskellige uger i december og i januar

December:

Dag	temperatur
Mandag	4
Tirsdag	0
Onsdag	2
Torsdag	7
Fredag	2
Lørdag	0
Søndag	6

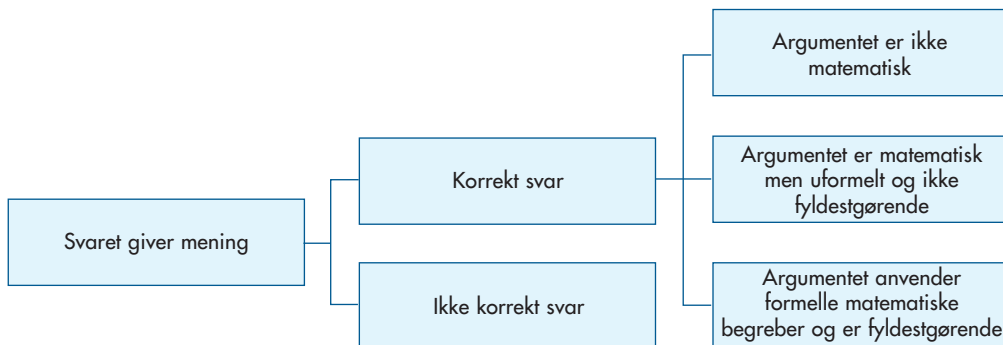
Januar:

Dag	temperatur
Mandag	10
Tirsdag	1
Onsdag	2
Torsdag	4
Fredag	3
Lørdag	4
Søndag	4

Sammenlign temperaturen i de to uger – hvad kan du sige?

Begrund dit svar.

Hver elevs tekstbesvarelse blev kodet og tildelt point efter en manual der fulgte variationer af dette mønster:



Yderligere eksempler på testopgaver og kvantitative resultater fra elevernes tests bliver offentliggjort som en del af projektets samlede afrapportering som er under udarbejdelse. I denne artikel har vi som sagt fokus på de kvalitative resultater fra projektet.

Parallelt med interventionerne i matematikundervisningen havde projektet også et fokus på hvordan udviklingsprojekter kan skabe forandringer og udviklinger for matematiklærere på længere sigt. For at undersøge det parallelle spor blev der undervejs i interventionsperioden afholdt mindst tre faggruppemøder på forsøgsskolerne hvor de deltagende lærere forholdt sig didaktisk reflekterende til lærervejledningen og materialet. For at blive klogere på hvilke vanskeligheder matematiklærere møder i de afsluttende faser af undersøgende matematikundervisning, havde vi i KiDM-

projektet tilrettelagt et faggruppemøde på alle forsøgsskolerne med overskriften "Fællesgørelse". Denne artikel bygger primært på referater fra disse møder. På mødet blev lærerne bedt om at arbejde med en nøje tilrettelagt dagsorden hvor de bl.a. drøftede følgende temaer i forbindelse med fællesgørelser:

1. Overgangene fra elevernes uformelle sprog til det formelle matematiske sprog
2. Åben strategideling versus pointestyret deling
3. Andre former for elevfremlæggelser
4. Andre idéer til fællesgørelse.

Vi har fået tilsendt alle referater fra disse faggruppemøder og suppleret med skriftlige observationer indsamlet af projektets medarbejdere både fra deltagelse i faggruppemøder på fire forsøgsskoler og fra enkelte besøg i forsøgsklasserne. Med afsæt i disse kvalitative materialer har vi afdækket en række problemfelter knyttet til fællesgørelsen af elevernes undersøgende arbejde i matematik.

Det er her værd at bemærke at kvalitative metoder ofte anvendes når situationen er vanskelig at observere med tal. I vores afdækning har vi både anvendt observationer og referater med specifikke deltagere på bestemte skoler, og derfor er en kvalitativ tilgang mest velegnet. Tilgangen med at undersøge alle referater og udvælge besøg på få skoler har skabt et udgangspunkt for en grundig behandling af materialerne, og vi er opmærksomme på at vi ikke forsøger at behandle vores data med afsæt i et statistisk perspektiv. De kvantitative elementer som muligvis kan spores i vores dataindsamling, er funderet i en kvalitativ tilgang med fokus på at skabe en bedre forståelse for fællesgørelsen af elevernes undersøgende arbejde.

Identificerede problemfelter knyttet til fællesgørelsen

Dette afsnit er opbygget omkring vores didaktiske analyser af observationer på skolerne og referater fra faggruppemøderne i KiDM-projektet hvor vi har identificeret en række udfordringer og problemfelter for fællesgørelsen.

Organisering af og vanskeligheder knyttet til elevernes fremlæggelser

I forbindelse med elevfremlæggelser har vi indtryk af at de involverede lærere deler sig i to grupper der befinder sig i hver sin ende af en didaktisk skala der måler hvem der skal overvære fremlæggelserne i matematiktimerne. Vi har derfor valgt at belyse organisering af og vanskeligheder knyttet til elevernes fremlæggelser i to underafsnit svarende til at nogle matematiklærere mener at læreren skal se alle fremlæggelser, mens andre lærere mener at eleverne kan fremlægge uden at læreren nødvendigvis ser alle fremlæggelser.

Lærerne i den første gruppe pointerer at det er vigtigt med en kvalificeret evaluering

af undersøgelsen som en del af fremlæggelsen. De oplever tit i gruppefremlæggelser at grupperne er for flinke ved hinanden. Gruppe-til-gruppe-fremlæggelser har sjældent tilstrækkeligt fagligt niveau, og der er bekymring forbundet med gruppe-til-gruppe-fremlæggelser – får de sagt det rigtige? Hvem retter deres fejl? Disse lærere mener at hvis læreren ikke er til stede i fremlæggelserne, så falder det faglige niveau da eleverne ikke selv formår at fremhæve matematiske pointer og udfolde fejlelementer i deres klassekammeraters produkter. Lærerne i den anden gruppe har gode erfaringer med at lade eleverne fremlægge for hinanden i grupper og fremhæver gruppefremlæggelser som en særlig styrke i det undersøgende arbejde. I faggrupperne var der tilsyneladende en villighed til at drøfte dette centrale element, og referaterne viser at faggrupperne fint har kunnet håndtere de forskellige positioner i diskussionerne uden nødvendigvis at nå til enighed.

Fremlæggelser for hele klassen

Formålet med klassefremlæggelser er at det giver eleverne mulighed for at høre og reflektere over de forskellige tilgange og mulige løsninger på opgaverne. Med afsæt i vores observationer bliver det tydeligt at de fleste elever ikke formår at gribe denne mulighed. Eleverne har svært ved at holde fokus på andet end deres egen fremlæggelse og stiller ikke spørgsmål til deres kammeraters fremlæggelser. Fx observerede vi at en elev fik en størsteværdi på 12 og en mindsteværdi på 4. Den næste elev fik en størsteværdi på 8 og en mindsteværdi på 3. Hverken læreren eller de elever der var publikum, undrede sig over at de to elever kunne få helt forskellige deskriptorer selvom de havde behandlet det samme datasæt.

Vores observationer underbygges af citater fra faggruppemødernes referater:

- Fremlæggelser fungerer bedst hvis de forskellige grupper fremlægger forskellige undersøgelser – ellers kan det føles “dræbende”.
- At fremlægge i matematik har ellers ikke været brugt så meget – det har mest handlet om opgaveløsning [før KiDM-projektet].
- Det startede lidt op ad bakke med de fremlæggelser.
- Ikke alle elever kommer til orde i fremlæggelserne.
- Eleverne er blevet bedre til ikke kun at fokusere på selve fremlæggelsen, hvordan de står, holder papiret m.m. Efterhånden tør eleverne også at have fokus på det faglige indhold, og eleverne er blevet bedre til at have fokus på det matematiske stof i fremlæggelserne.
- Fællesgørelse for hele klassen er tidskrævende, og det kræver træning for at få et fagligt niveau.

Bemærkningerne peger på at fremlæggelser i matematik kan være ramt af begynder-vanskeligheder. Det tager tid at ændre didaktiske rutiner (Hansen, 2019), og når det

både er nyt at arbejde med fremlæggelser og at arbejde dialogisk og undersøgende, så kan det skabe store udfordringer for den didaktiske kontrakt som skal genforhandles på flere planer samtidig (Hansen, 2019). Matematiklærere skal hjælpes til at håndtere dette så de ikke afskriver en undersøgende og dialogisk undervisningsform på grund af indledende udfordringer som over tid kan imødekommes gennem øvelse og reflekterede overvejelser. I lærervejledningerne hørende til KiDM-materialet er der desuden tydelige eksempler på et større fokus på iscenesættelsen og aktivitetsfasen, hvorimod lærervejledningen til fællesgørelsen af nogle af de undersøgende aktiviteter har været kortfattet og mangelfuld. Det kan være en væsentlig årsag til at lærere betoner denne dimension som en udfordring.

Fremlæggelser som gruppe til gruppe

I vores empiri er der forskellige tilgange til elevernes fremlæggelser. Følgende citat fra et faggruppemøde giver indblik i en særlig udfordring lærere møder i forbindelse med fremlæggelser som gruppe til gruppe:

Hvis læreren ikke lader alle elever fremlægge i klasserne, er det vigtigt undervejs i forløbet at komme godt rundt til alle grupper så der dels er føling med den faglige progression og det faglige niveau, men også så eleverne føler sig set/hørt og får en feedback der kan give anledning til ny undring. Dette kan være en udfordring fordi der netop i den undersøgende matematik er så mange praktiske ting at forholde sig til som lærer.

Vores empiri har givet indblik i at nogle lærere har koblet grupperne sammen parvis og ladet dem fremlægge for hinanden. I disse strukturer er lærerne udfordrede i forhold til at nå at komme rundt til grupperne, bl.a. fordi der er mange praktiske ting at forholde sig til. Under vores observationsbesøg på skolerne noterede vi at fremlæggelser mellem grupper nogle gange fremkaldte meget aktivitet hos publikum, som stillede uddybende spørgsmål, og som gennem deres spørgsmål tvang fremlæggerne til at tydeliggøre deres pointer. Undervejs i disse fremlæggelser blev misforståelser ofte tydelige, og de grupper der fremlagde deres arbejde, var hurtige til at lytte og havde nemt ved at indrømme fejl, der hurtigt blev rettet, fx gennem denne replik: "Nå ja, den løsning havde vi ikke set, den sætter vi lige på her." Denne handling fremkaldte i øvrigt et vigtigt spørgsmål fra publikumsgruppen: "Jamen hvad nu hvis der er endnu flere løsninger som vi bare heller ikke har set?"

En del gruppefremlæggelser gav indblik i at aktiviteter med et facit skabte situationer hvor eleverne havde svært ved at abstrahere fra at gå målrettet efter facit. Når der ikke var et facit, var eleverne bedre til at blive optagede af forskellige løsningsmetoder. Dette tyder på at eleverne måske har et fagsyn om at matematik handler om at løse opgaver rigtigt. Selvom det undersøgende arbejde med gruppe-til-gruppe-

fremlæggelser lægger op til en organisering og et fagsyn der minder om deltagelsesperspektivet fra Towers, Martin og Heater (2013), så befinder eleverne og lærerne sig i en sociomatematisk norm præget af en bestemt form for opgaveregning, og der er tilsyneladende en grænse for hvor meget autonomi der er mulighed for at koble ind i matematiktimerne. Her ser vi en slags træghed hos eleverne som i vores erfaring ofte er en betingelse for matematik-didaktisk forskning¹. Det har tilsyneladende stor betydning hvordan eleverne er vant til at arbejde med matematik, hvilket er med til at præge deres tilgange til interventionerne – og selvom der er tale om et langvarigt projekt med undersøgende matematikundervisning, så er det vanskeligt at påvirke elevernes fagsyn både på kort og lang sigt.

I den samme time så vi imidlertid også gruppe-til-gruppe-fremlæggelser der blev afviklet helt uden dialoger mellem fremlæggerne og publikum. Vi ser konturer af en virkelighed hvor selv en gennemtænkt deltagelsesorganisering ikke automatisk skaber et nyt syn på hvordan matematik læres. Hvis læreren og eleverne ikke tror på at matematik udvikles og læres i fællesskabet, så kan selv en grundig organisering og nøje udvalgte opgaver falde til jorden.

Fremlæggelser for yngre elever

I en del af forsøgsklasserne blev der eksperimenteret med fremlæggelser for yngre elever. I disse situationer fik vi følgende refleksioner fra lærerne:

- De små kunne ikke give den feedback der kan give anledning til nye undringer.
- Yngre elever er tit uden “filter” – de giver feedback der måske ikke er helt saglig, men den er upoleret.
- De yngre elever stiller ofte mange spørgsmål så grupperne er nødt til at have fuld forståelse for pointerne.

Når elever fremlægger for yngre elever, er der gode muligheder for at der opstår tydelig feedback og spørgsmål fra publikum, hvilket vi ikke iagttog ret ofte når der var fremlæggelser på klassen. I vores observationer så vi dog ikke tegn på at disse fremlæggelsesformer gav anledning til en fælles dialogisk matematiklæring. Der er stor forskel på at være ældre fremlægger-elev og på at være yngre publikum-elev, og når der blev arrangeret fremlæggelser for yngre elever, kunne vi ikke umiddelbart observere ligeværdige bidrag til klassens fælles læring.

1 Vi er klar over at vores oplevelser i situationen modsiges af fx Jo Boaler som med succes har arbejdet med at ændre elevers fagsyn og matematiske mod, selv gennem korte MOOC-kurser. Dette område kunne godt fortjene en nærmere undersøgelse i en dansk kontekst.

Organisering af og vanskeligheder knyttet til elevernes filmprodukter

Som et alternativ til fremlæggelser lægger flere af tiltagene i KiDM-projektet op til at elever skal lave små film som afslutning på deres undersøgende arbejde. På faggruppemøderne med fokus på fællesgørelse blev arbejdet med film også nævnt i flere af referaterne.

Lærerne i projektet giver bl.a. udtryk for følgende i forbindelse med film som produktgenre:

- Eleverne kan fastholde deres mundtlighed.
- Eleverne ejede i høj grad deres egne film.
- Det var tydeligt, hvad eleverne havde lært.
- Eleverne havde svært ved at bruge præcise fagord i filmene.

Elevers sprog og holdninger til matematikken udvikles gennem fælles praksisser der er struktureret af lærerens handlinger og forventninger, men i vores empiri er der en uoverensstemmelse mellem lærernes forventninger og elevernes kommunikative beredskab i matematik. Elever har brug for at besidde et ganske særligt ordforråd i matematik så de kan anvende faglige ord og begreber til at forklare, begrunde og kommunikere matematisk. Udviklingen af et matematisk sprog udgør en central dimension i deres matematiske kompetenceudvikling (Hansen, 2019), og sprog er en central dimension i elevers forståelse af matematik (Riccomini et al., 2015), hvilket filmproduktionen retter opmærksomheden mod.

Eleverne tør konstruere deres egne meninger ind i filmene, både i forhold til filmens opbygning og sproget i filmen, men prisen bliver at deres faglige pointer fra det undersøgende arbejde ofte udtrykkes gennem et uformelt og konkret sprog. Flere lærere udtrykker at det kunne være en fordel at arbejde med både en uformel film med hverdagsord og en mere formel film med fagord før filmene kan fungere som produkt knyttet til elevernes læring. Det er dog problematisk for lærerne at finde tid til at se og give præciserende feedback på de første procesfilm. I empirien er der indikationer på at film som produktgenre kan fungere udmærket både som fællesgørelse af elevernes procesrefleksioner og elevernes læringsudbytte knyttet til undersøgende matematikundervisning. Filmprodukter kan gøre det vanskeligt for læreren at håndtere balancer mellem elevernes autonome læringsprocesser og de intendede læringsmål (Hansen & Hansen, 2013), og det kan være vanskeligt at finde tid til at give den nødvendige feedback til de film der er blevet produceret for hurtigt og sjusket både i forhold til form og sprog.

I referaterne er der tydelige indikationer på at lærerne fokuserer på to dimensioner ved elevernes filmproduktion. På den ene side giver filmene eleverne mulighed for at inddrage den mundtlige dimension i deres faglige beskrivelser, og de etablerer et ejerskab for den matematiske proces. På den anden side giver filmene indblik i elever-

nes manglende matematiske sprogbrug, hvilket overrasker en del af de involverede matematiklærere. Det kan være et tegn på at filmproduktion er en ny praksis for flere lærere og elever, eller måske kan det være et tegn på at eleverne ikke er vant til at skulle udtrykke sig mundtligt om matematikken.

Ved at insistere på at fastholde elevernes erfaringer i en film er KiDM-projektet desuden med til at etablere et særligt fokus på forholdet mellem den skriftlige og mundtlige dimension i matematikundervisning.

Organisering af og vanskeligheder knyttet til klassesamtaler

På faggruppemøderne har lærerne drøftet forskellige elementer ved opsamlende klassesamtaler. I vores analyser er der identificeret nogle modsatrettede tendenser som beskrives i det følgende.

- [Vi prøver at] skabe en didaktisk kontrakt så eleverne forstår og føler sig forpligtede på at det er vigtigt at de deltager i både undersøgelser og klassesamtaler.
- Den pointestyrede klassesamtale fungerede bedst sidst i forløbet hvor eleverne var trygge ved arbejdsmetoden og indså at det kunne være en fordel at lytte til andre og lære af andre.
- Der var rigtig gode klassesamtaler hvor fællesgørelsen havde stor betydning, og hvor mange elever bød ind.
- Klassesamtalen er ofte svær fordi den ligger i slutningen af lektionen hvor eleverne mentalt er på vej til pause, og tiden bliver lidt presset.
- Ikke alle klasser magter en interessant og åben diskussion med fokus på strategideling.
- Nogle elever har svært ved at udtrykke deres viden i pointestyrede klassesamtaler.

Drøftelserne i faggrupperne giver indblik i at matematiklærerne har skelnet mellem pointestyrede klassesamtaler og samtaler fokuseret på åben strategideling (Pedaste et al., 2015). Samtaler knyttet til elevernes strategier og arbejdsprocesser har tilsyneladende været nemmere at håndtere end den pointestyrede klassesamtale. Dog giver lærerne udtryk for en del modsatrettede tendenser i forbindelse med de to samtaleformer da nogle lærere fremhæver samtaleens betydning for fællesgørelsen, mens andre lærere giver udtryk for det problematiske ved en afsluttende samtale. Det empiriske materiale giver indblik i at nogle lærere har gjort sig erfaringer hvor eleverne er blevet udfordrede af den åbne samtale med strategideling. Samtidig er flere elever udfordrede når de afkræves aktiv deltagelse i pointestyrede klassesamtaler. Det empiriske materiale giver nogle tydelige indikationer på at flere lærere er udfordrede af forskellige elementer ved en undersøgende matematikundervisning. Nogle af deres udsagn vidner om at der er tale om et brud med den didaktiske kontrakt (Brousseau,

2002) som de har opbygget med deres klasse. Vi tolker det som om den undersøgende matematikundervisning er et brud med den traditionelle organisering af matematikundervisning hvor der ofte anvendes en lærebog til at organisere den enkelte lektion, og hvor klassesamtalen har fokus på opgaverne i bogen. Disse matematikklasser er udfordrede af det nye fokus på dialogiske læringsformer i det undersøgende arbejde da det fordrer en ny didaktisk kontrakt.

I empirien rejser sig to hovedspor i forbindelse med dialogiske samtaleformer i matematik. Nogle matematiklærere vurderer at elevers matematiske læring opstår gennem dialog hvor eleverne får mulighed for at interagere med og engagere sig i hinandens idéer. Klassedialogen i forbindelse med og efter elevernes undersøgende arbejde kan her tilrettelægges sådan at elever ansføres til at deltage aktivt og føler sig forpligtet til at bidrage til den fælles samtale. Hvis matematiklæreren derimod har vanskeligheder ved at spejle sig i en dialogisk tilgang til matematiklæring, så kan det være vanskeligt at tilrettelægge en meningsfuld klassesdiskussion som opsamling på elevernes undersøgende arbejde. Observationer af forskellige matematiklæreres tilgange til det opsamlende arbejde giver indblik i forskellige strategier. På en af skolerne indledte læreren med at stille et lukket spørgsmål: "Hvem kan fortælle mig hvad typetal er?" På en anden skole startede læreren med at stille mere dialoginviterende og pointestyrede spørgsmål, fx: "Nu har vi set film fra tre grupper – er der nogen der kan fortælle om de matematikord der bliver brugt i filmene?"

Bakker, Smit og Wegerif (2015) argumenterer for at det kun er ved at engagere sig i levende dialog, enten med hinanden, direkte med læreren eller ved at lytte til andre i dialog, at eleverne lærer at tænke. Her anses dialog som en forbindelse til formålet med undervisningen hvor eleverne ikke kun skal lære noget som læreren allerede ved, men også skal lære at stille åbne spørgsmål og lære hvordan de lærer nye ting ved at engagere sig i dialoger. I referaterne fra faggruppemøderne kunne vi se at lærernes beskrivelser af klassesamtalerne var meget forskellige, men det er tankevækkende at projektet på enkelte skoler åbenbart har betydet at eleverne efterhånden kunne se en mening med at lytte og kunne se at det i samtalerne kan lade sig gøre at lære af andre. På trods af at denne beskrivelse kun fremgår af et enkelt referat, så er det vores indtryk at faggrupperne fortsat kan arbejde med en nysgerrighed knyttet til både formål, form og indhold for klassesamtalerne.

Vanskeligheder knyttet til uformelt og formelt sprog

Uanset om fællesgørelsen bliver arrangeret som film, som klassesdiskussion eller som fremlæggelser, så er det gennem projektet blevet tydeligt at mange af de involverede lærere mener at der er brug for en eller anden form for lærerstyret undervisning for at eleverne lærer de matematiske begreber. Det er vores indtryk at når lærerne taler om undervisning, så taler de om de sekvenser hvor læreren formidler konklusioner

og samler trådene fra elevernes arbejde. Vi fik disse synspunkter fra faggruppereferaterne:

- Vigtigt med pointer på et tidspunkt, men der må ikke lukkes for tidligt af for de kreative og åbne idéer børnene kan have.
- Min klasse ved hvad jeg mener når jeg siger at de skal prøve at beskrive hvad de så, med matematikord. De ved at der er et særligt matematiksprog.
- Det er en svær balance at stille åbne spørgsmål, mens man faktisk godt ved at de kender matematikordene. De kan bare ikke rigtig få det sagt.
- Man kan lave noget lærerstyret undervisning efter fremlæggelserne for at samle op.
- Før de går i gang, er jeg jo nødt til at sikre mig at de kender ordene.
- Eleverne er både meget tæt på og alligevel også meget langt fra. De bruger hverdagsprog; derfor skal vi knytte undervisning til så de får lært begreberne.
- Mht. spørgsmålene virker det bedst når de tager udgangspunkt i de ord eleverne selv har brugt – de skal så udvikles til fagsprog via spørgsmålene.
- Vigtigt at læreren stiller spørgsmål der kan få børnene til at præcisere deres forklaringer.
- Stop eleverne undervejs når noget nyt opdages. Eleverne forklarer hinanden deres oplevelser.
- Det er jo først når jeg som lærer har holdt opsamlingen og knyttet elevernes undersøgende arbejde til fagbegreberne, at der er sket læring.

Diskussionerne på faggruppemøderne handlede bl.a. om hvorvidt eleverne skal lære fx ordet typetal i 4. eller 5. klasse, men diskussionerne har også været knyttet til faserne i det undersøgende arbejde i KiDM-projektet og har synliggjort holdninger til projektets tese om at elevdeltagelse og undersøgende matematik øger effekten af elevernes begrebsforståelse. Nogle gange giver det mening at definere ord og begreber på tavlen før undersøgelserne, men det kan også lukke ned for nysgerrigheden hvis læreren serverer pointerne fra starten. Andre gange kan lærerne koble de faglige begreber på som præciserende kommentarer, mens grupperne arbejder med de enkelte undersøgelser, eller han kan afbryde gruppernes arbejde og samle hele klassen til en drøftelse undervejs. Disse overvejelser viser at lærerne har været optagede af en dialogisk tilgang til læring og anerkender den store betydning som de gode spørgsmål har for elevernes læring, men for de fleste lærere har det undersøgende arbejde givet anledning til tvivl om hvornår og hvordan der i en lærerstyret opsamling kan kobles fra elevernes uformelle begrebsarbejde til præcis begrebsdefinition.

Andre didaktiske udfordringer ved undersøgende matematikundervisning

I KiDM-projektet udtrykte lærerne ofte en vis frustration i forhold til at få det undersøgende arbejde til at hænge sammen med den almindelige matematikundervisning.

- Det er svært for eleverne at arbejde med metoderne i andre sammenhænge – det bliver let en “ø” i alt det andet vi laver.
- Det er svært at integrere det her nye i de andre matematiktimer når projektet slutter.
- Det er nødvendigt med mere træning hvis begreberne fra det undersøgende arbejde skal hænge fast. Fx fandt eleverne selv formelen for areal af trekanter, men da de så mødte en opgave i bogen om areal af trekanter, så var de helt på bar bund.
- Det er en arbejdsform som vi kan anvende i den fremtidige undervisning, men over flere perioder, fx tre lektioner om ugen med projektarbejde og to lektioner om ugen med færdighedsregning.
- Vi kan genbruge nogle af aktiviteterne i emneugerne, også i de store klasser.
- Børnene træner netop ræsonnementskompetencen når den åbne tilgang møder pointerne, hvis læreren ikke serverer pointerne fra starten.

I KiDM-projektet har der gennem projektets tredje tese været stort fokus på de matematiske kompetencer som mål for elevernes arbejde med aktiviteterne. Derfor er det tankevækkende at faggrupperne kun sjældent bruger ord knyttet til de matematiske kompetencer i deres diskussioner.

I et enkelt referat nævnes ræsonnementskompetencen, men i vores fortolkning er citatet mere knyttet til induktive/deduktive valg end til en tydelig skærpelse af arbejdet med matematiske ræsonnementer.

Citaterne ovenfor viser lærernes udfordringer med at få indhold og metoder fra det undersøgende arbejde til at hænge sammen med matematiktimer uden for eller efter projektet. Referaterne giver indblik i at flere af de undersøgende aktiviteter kan blive brugt igen i fremtiden. Der er indikationer på at flere lærere kan forholde sig til hvordan undersøgende matematikundervisning kan indgå i deres videre arbejde. Der er dog også indikationer på at flere lærere ikke anskuer matematikundervisning som et fag hvor det undersøgende element kan bruges som konsekvent didaktisk ramme for deres planlægning.

Afrunding på de identificerede problemfelter

I forhold til artiklens første spørgsmål, så har vi nu fået afdækket flere udfordringer og dilemmaer knyttet til fællesgørelsen. Vanskelighederne handler dels om at tilrettelægge fremlæggelser og klassesamtaler som både anerkender elevernes arbejdsmetoder og samtidig samler deres matematiske pointer, dels om at få eleverne til at udtrykke sig “på matematikprog”. Vi mener dog at disse specifikke vanskeligheder i nogen grad kan være konkrete tegn på mere generelle og principielle problemfelter

som er blevet synliggjort gennem hele KiDM-projektet, og som fremtidens projekter stadig må forsøge at italesætte og bearbejde:

Kompetencebaseret matematikundervisning: Lærerne kender måske navnene på de matematiske kompetencer, men de arbejder ikke med læringsmål knyttet specifikt til de matematiske kompetencer. Her har vi tydeligvis fat i vanskeligheder der kan sættes i relation til KiDM-projektets tredje tese om at undersøgende matematikundervisning med rum til elevdeltagelse øger muligheden for at implementere de matematiske kompetencer. De undersøgende matematikaktiviteter i KiDM-projektet var grundigt behandlet i lærervejledningen hvor bl.a. ræsonnementskompetencen, problemløsningskompetencen og modelleringskompetencen var knyttet på som tydelige læringsmål og med tilhørende tegn på læring, men noget tyder på at det stadig er svært for lærerne at skabe forbindelser mellem lærervejledningens beskrivelser af kompetencerne og de tegn på læring inden for kompetenceområdet som eleverne kan udvise i undervisningen. Når kompetencebegrebet tilsyneladende er så vanskeligt for lærerne at beskrive og bearbejde, så kan vores materiale næppe give den store opbakning til projektets tredje tese.

Begreber: Den mest udbredte vanskelighed handler om hvornår, hvordan og hvorfor matematiklæreren skal koble elevernes uformelle begrebsarbejde med de præcise begrebsdefinitioner. Disse vanskeligheder er direkte knyttet til den første tese fra KiDM-projektet om at en undersøgende matematikundervisning vil øge effekten af elevernes forståelse for matematiske begreber. Vi kan næppe konkludere at undersøgende matematikundervisning øger effekten af elevernes forståelse for matematiske begreber, men vi kan dog fastslå at elevernes begrebsforståelse har været et væsentligt punkt på lærernes dagsorden. Vi ved ikke om lærerne har rykket sig i deres synspunkter om de didaktiske valg knyttet til elevernes begrebsforståelse, men vi fornemmer at diskussionerne om koblingen mellem elevernes uformelle begrebsarbejde og de præcise begrebsdefinitioner er opstået som en konsekvens af projektets interventioner. Det er ligeledes vores indtryk at diskussionerne knyttet til begrebsforståelse kan fortsætte på kommende faggruppemøder på skolerne.

Fagsyn og sammenhænge: Tower, Martin & Heater (2013) anbefaler at bruge specielle organiseringsformer til at fremme et deltagelsesperspektiv på læring, men hvis læreren ikke kan tilslutte sig det demokratiske deltagelsesperspektiv og på troværdig vis skabe et klassefællesskab hvor vi lærer matematik i en social kontekst, så falder de specielle og deltagelsesorienterede organiseringsmuligheder som ligger i en undersøgende matematikundervisning, en smule til jorden. Det kræver desuden ganske særlige didaktiske overvejelser for at finde ud af hvordan undersøgende matematik-

undervisning kan integreres i den daglige eller langstrakte planlægning af matematikundervisning, og det er svært for eleverne at bruge arbejdet fra de undersøgende matematiktimer i andre sammenhænge.

For at imødekomme disse udfordringer er der både ambitiøse og mindre ambitiøse tiltag som matematiklærerne kan benytte sig af. Først og fremmest handler det om at acceptere at al begyndelse er svær. Når man skal lære noget nyt, er det o.k. at tage små skridt og øve sig med en accept af at det er relevant og faktisk ganske vigtigt at famle lidt i starten. Det betyder at matematiklæreren sammen med klassen kan italesætte de nye metoder for fællesgørelse og fx pointere perspektivet på læring som en kollektiv proces som måske vil være ny for eleverne. I den mere ambitiøse ende handler det om udviklingen af ordforrådet hos fagteamet. Vi skal turde tale om de matematiske kompetencer forstået som elevernes mod, refleksion, initiativ og medindflydelse.

Hvilke handlemuligheder kan vi foreslå?

For at få fællesgørelsen af det undersøgende arbejde til i højere grad at lykkes kan vi opfordre forlag og forskere til at forbedre lærervejledningerne knyttet til fællesgørelsen af elevernes undersøgende arbejde, og vi kan opfordre lærerne til at være endnu mere opmærksomme på at tilrettelægge fællesgørelsen lige så grundigt som de tilrettelægger opstartsfasen af det undersøgende arbejde.

Desuden opfordrer vi også lærerne til at tage fat i de matematikdidaktiske begreber og udtryk når de diskuterer fællesgørelse i faggruppen. Der er tendens til at de forskellige elementer af fællesgørelse bliver italesat som meget praksisnær klasseledelse, men som fag er matematik noget særligt, også når det gælder fællesgørelsen, og diskussionerne i faggrupperne må kunne skærpes. Fx kunne det være spændende at følge en faggruppe-diskussion om hvordan man tydeliggør udviklingen inden for elevernes indsigtfulde parathed til at handle i en fællesgørelse, eller hvordan balancer mellem tilegnelse og deltagelse kan justeres i fællesgørelserne. I KiDM-projektet har lærerne diskuteret pointestyret fællesgørelse og fællesgørelse med fokus på strategideling, og det er en god start, men der er masser af andre fagdidaktiske begreber som kan styre faggruppernes diskussioner.

Fra faggrupperne på interventionsskolerne har vi fået konkrete og praksisnære forslag til hvordan fællesgørelsen kan skærpes og forbedres. Disse forslag er knyttet til den praksisnære klasseledelse, men den er jo også en nødvendig del af fællesgørelsen:

- Fællesgørelsen kan placeres i starten af den næste matematiktime i stedet for den time hvor eleverne er trætte.
- Giv eleverne små fokuspunkter som de skal lytte efter i fremlæggelserne.

- En fællesgørelse kan laves med “begrebskort”, evt. videreudbygning af allerede eksisterende begrebskort.
- Giv eleverne roller, og sørg for at der ikke er nogen der kører på frihjul, ved at få eleverne til at reflektere over hvad de har bidraget med i forhold til løsning af opgaven.
- Først gennemfører eleverne en undersøgelse med deres egne uformelle ord, derpå lærer de om begreberne, og efterfølgende gentager de deres undersøgelse, mens de bruger så mange matematikord som muligt.

Disse forslag er umiddelbart interessante for en dialogisk tilgang til fællesgørelsen, men forslagene bærer også præg af at de kunne fungere inden for en række fag uden et specifikt fokus på matematik. Dvs. fra praksisfeltet er der indikationer på en praksisteori der ikke udnytter styrker ved selve matematikfaget. Ved hvert citat kan man med fordel overveje hvad det betyder i forhold til fællesgørelse for undersøgende matematikundervisning.

Referencer

- Alrø, H. & Skovsmose, O. (2006). Undersøgende samarbejde i matematikundervisning – udvikling af IC-modellen. I: O. Skovsmose & M. Blomhøj (red.), *Kunne det tænkes? Om matematiklæring* (s. 110-126). Danmark: Forlag Malling Beck A/S.
- Artigue, M. & Blomhøj, M. (2013). Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. *ZDM*, 45(6), 797-810.
- Bakker, A., Smit, J. & Wegerif, R. (2015). Scaffolding and dialogic teaching in mathematics education: introduction and review. *ZDM*, 47(7), 1047-1065.
- Blomhøj, M. (2013). Hvad er undersøgende matematikundervisning – og virker den? I: M.W. Andersen & P. Weng (red.), *Håndbog om matematik i grundskolen* (s. 172-189): Dansk Psykologisk Forlag.
- Brousseau, G. (2002). *Theory of Didactical Situations in Mathematics*. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic Publishers.
- Dreyøe, J., Michelsen, C., Hjelmberg, M.D., Larsen, D.M., Lindhart, B.K. & Misfeldt, M. (2017). *Hvad vi ved om undersøgelsesorienteret undervisning i matematik: Forundersøgelse i projekt Kvalitet i Dansk og Matematik, delrapport 2*: Aalborg Universitet, København. Det Humanistiske Fakultet, Institut for Læring og Filosofi. The Center for Applied Game Research ILD.
- EMU. Information om KiDM-projektet, 2019. <https://www.emu.dk/modul/kvalitet-i-dansk-og-matematik-KiDM-forunders%C3%B8gelse>
- Hansen, R. (2019). *Matematikdidaktik – mellem fag og didaktik*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Hansen, R. & Hansen, P. (2013). Undersøgelsesbaseret matematikundervisning. *MONA* (4), 36-54.
- Larsen, D. & Lindhardt, B. (2019). Undersøgende aktiviteter og ræsonnementer i matematikundervisningen på mellemtrinnet. *MONA* (1), 7-21.

- Michelsen, C., Dreyøe, J., Hjelmberg, M.D., Larsen, D.M., Lindhart, B.K. & Misfeldt, M. (2017). *Forskningsbaseret viden om undersøgende matematikundervisning*. (1. udg.) København: Undervisningsministeriet.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L.A., de Jong, T., van Riesen, S.A.N., Kamp, E.T. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61.
- Riccomini, P.J., Smith, G.W., Hughes, E.M. & Fries, K.M. (2015). The Language of Mathematics: The Importance of Teaching and Learning Mathematical Vocabulary. *Reading & Writing Quarterly*, 31(3), 235-252.
- Schoenfeld, A.H. (2017) On learning and assessment, *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 24:3, 369-378.
- Schön, D.A. (2001). *Den reflekterende praktiker: hvordan professionelle tænker når de arbejder*. Århus: Klim.
- Sfard, A. (1998). On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher*, 27(2), 4-13.
- Skemp, R.R. (2002). *Mathematics in the primary school*. Routledge.
- Skovsmose, O. (2003). Undersøgelseslandskaber. I: O. Skovsmose & M. Blomhøj (red.), *Kan det virkelig passe? Om matematiklæring* (s. 143-157). Kbh.: L&R Uddannelse.
- Towers, J., Martin, L.C. & Heater, B. (2013). Teaching and learning mathematics in the collective. *The Journal of Mathematical Behavior*, 32(3), 424-433.
- Wilson, M. (2009). Assessment from the ground up. *Phi Delta Kappan*, 91(1), 68-71.

English abstract

In this article we present and analyze empirical data related to the recapitulation and evaluation of inquiry based mathematical work of students age 10-12. The data is from the project "Kvalitet i Dansk og Matematik" (KiDM), where special courses based on mathematical inquiry and dialog were constructed and run in 1 test course and 3 interventions in 45 schools, each lasting 6 months. We collected the experiences of the teachers by visiting the schools, reading summaries of teachers' meetings, and of meetings in the region regarding the process. In this article we categorize and analyze the teachers' difficulties in summarizing the students' work with mathematical inquiry

SUN-projektet: Skolebaseret udvikling af naturfag og kapacitet i gymnasiet



Lars Brian Krogh,
VIA UC



Nina Waaddegaard,
Københavns
Professionshøjskole



Keld Nielsen,
Aarhus Universitet

Abstract: I artiklen beskrives det treårige udviklingsprojekt Skolebaseret Udvikling i Naturfag (SUN) som på samme tid har tilgodeset udvikling af konkret naturfagsundervisning og udvikling af de deltagende gymnasiers kapacitet til fremadrettet at tage hånd om egne naturfaglige udviklingsbehov. Vi beskriver det forskningsbaserede forløbsdesign med målrettede indsatser ift. naturfaglige udviklingsgrupper, fagteams, faglige koordinatore og ledelse samt videregiver vore erfaringer på godt og ondt fra implementeringen. Endelig diskuterer vi kritiske lærestykker af relevans for fremtidige designere, afviklere eller brugere/rekvirenter af professionelle udviklingsforløb med tilsvarende ambitiøst dobbeltsigte, det være sig i gymnasiet eller grundskolen.

Indledning

I denne artikel beretter vi om de design-overvejelser der ligger til grund for projekt SUN (Skolebaseret Udvikling i Naturfag). SUN var et treårigt, skolebaseret udviklingsprojekt rettet mod gymnasiet (stx) og dets naturfaglige lærere. I alt deltog 7 gymnasier i projektet, heraf 4 i alle tre årsmoduler af SUN-forløbet. Undervejs har 15 fuldstændige faggrupper været involveret, men reelt har kun 4 faggrupper været med i samtlige moduler.

Projektet blev planlagt, gennemført og evalueret af en projektgruppe på seks medlemmer fra hhv. VIA UC, Danske Science Gymnasier (DASG), Aalborg Universitet, Aarhus Universitet og Københavns Universitet.

SUN-projektet udsprang af en række identificerede behov knyttet til professionel udvikling i naturfagene. Der er behov for:

- fagdidaktisk efteruddannelse af naturfaglige lærere
- at (videre)udvikle formater for professionel udvikling som trækker på den omfattende internationale viden om hvad der virker i efteruddannelse af naturfaglige undervisere
- professionel udvikling som er bæredygtig i den forstand at udviklingsprocesserne rækker ud over det konkrete udviklingsforløb og de direkte deltagere
- at gymnasier og naturfaglige lærergrupper lærer at varetage egne, indrestyrede udviklingsprocesser i en tid hvor det ydre forandringspres er stort.

På denne baggrund var der i SUN-projektet et dobbelt udviklingsperspektiv og et forsøg på at samtænke undervisningsudvikling i naturfag med kapacitetsopbygning på det enkelte gymnasium.

Projektets forståelse af kapacitet baserer sig på (Verbiest, E. & Erculj, 2006), som samler perspektiver fra bl.a. forskningen om professionelle læringsfællesskaber og om skoleudvikling. Grundlæggende ses kapacitet som evne og parathed til professionel læring i skolekonteksten. Verbiest et al. taler om kapacitet på tre samspillende niveauer:

- *Personlig kapacitet* (naturfaglige lærere, fagkoordinator)
 - Evne til aktiv, reflektiv og kritisk (re)konstruktion af viden
- *Interpersonel kapacitet* (udviklingsgrupper, faggrupper)
 - Delte værdier og visioner omkring læring og undervisning
 - Evne til kollektiv læring og deling af praksis
- *Organisatorisk kapacitet* (ledelse, lokale kulturer)
 - Rammer og strukturer som støtter samarbejde/læring/udvikling
 - En kultur som støtter samarbejde/læring/udvikling
 - Delt, støttende og stimulerende ledelse.

I forlængelse heraf blev der i SUN-designet formuleret målrettede indsatser på alle niveauer og ift. alle relevante aktører. Dette introducerede stor kompleksitet i design såvel som implementering, men medførte samtidig at projektet kunne være med til at bryde nyt land og høste nye erfaringer. Vi ser først og fremmest denne artikel som et bud på design af langtidsholdbar/vedvarende professionel efteruddannelse for (naturfaglige) lærere i kontekst. Med artiklen håber vi at udvirke at udviklere og brugere af professionel efteruddannelse fremover medtænker kapacitetsudvikling og da vil have gavn af vore (stundom dyrekøbte) erfaringer.

I det følgende beskriver vi SUN-projektets overordnede design og struktur samt gør rede for centrale pointer og lærestykker som vi har uddraget af den empiri der er indsamlet i projektet.

SUN-projektets overordnede design, struktur og implementation

Oversigt over SUN-projektet

Tabel 1 giver overblik over SUN-projektet. Det første års indhold og format blev forinden konkretiseret i en månedlang dialog med lærere fra fire gymnasier i foråret 2014. Da samme gymnasier havde givet tilsagn om at deltage i SUN1, opnåede vi at SUN1-indholdet var afstemt efter deltageres behov, samt at formatet forekom lærerne meningsfuldt.

Foci	Forår 2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018
Udvikling af koncept – med gymnasielærere					
Undervisningsudvikling – i udviklingsgrupper		SUN 1.1	SUN 1.2		
Undervisningsudvikling – i udviklingsgrupper Faggruppeudvikling – første skridt Udvikling af pædagogisk ledelse				SUN 2	
Kapacitetsudvikling – faggrupper og ledelse Undervisningsudvikling – skoledefineret/-initieret					SUN 3

Tabel 1. Oversigt over SUN-projektet – moduler i tid

SUN1-modulet blev afviklet to gange (SUN1.1 og SUN1.2), nogenlunde identisk, men med forskellige gymnasier og faggrupper som deltagere. Udviklingsgrupperne var mindre grupper af lærere som havde meldt sig til professionel udvikling inden for det fælles tema *bedre læring af praktisk arbejde i naturfagene*.

SUN2 havde parallelle udviklingsspor for hhv. lærergrupper og ledelse. Ved lokale sessioner blev hele faggrupper involveret ligesom der var indsatser rettet mod de lokale SUN-koordinatorer.

SUN3 havde fokus på udvikling i og af faggrupper samt på ledelsens medspil på faggruppeudvikling. Kapacitetsudvikling var det samlede fokus på tværs af de deltagende gymnasier. Der var stadig konsulentstøtte m.m. fra projektet, men de enkelte gymnasier besluttede selv hvornår de ville have lokale workshops, og hvad de gerne ville have medspil på. Dette var et bevidst forsøg på gradvis tilbagetrækning fra projektets side.

Overordnet har SUN-projektet således opereret med udviklinger langs følgende progressionslinjer:

- Fra deltagelse af få frivillige, selvstyrede lærere fra en faggruppe til deltagelse af hele faggrupper
- Fra lærerfokus til faggruppefokus og organisatorisk fokus
- Fra lærings- og undervisningsfokus til kapacitetsfokus
- Fra undervisningsudvikling inden for et fælles overordnet tema til lokale mål
- Fra introduktion af udviklingsværktøjer til anvendelse og institutionalisering af deres brug
- Fra konsulentinitieret og -struktureret lokal aktivitet til lokalt initieret og struktureret konsulentaktivitet.

Overordnede design-principper for SUN-modulerne

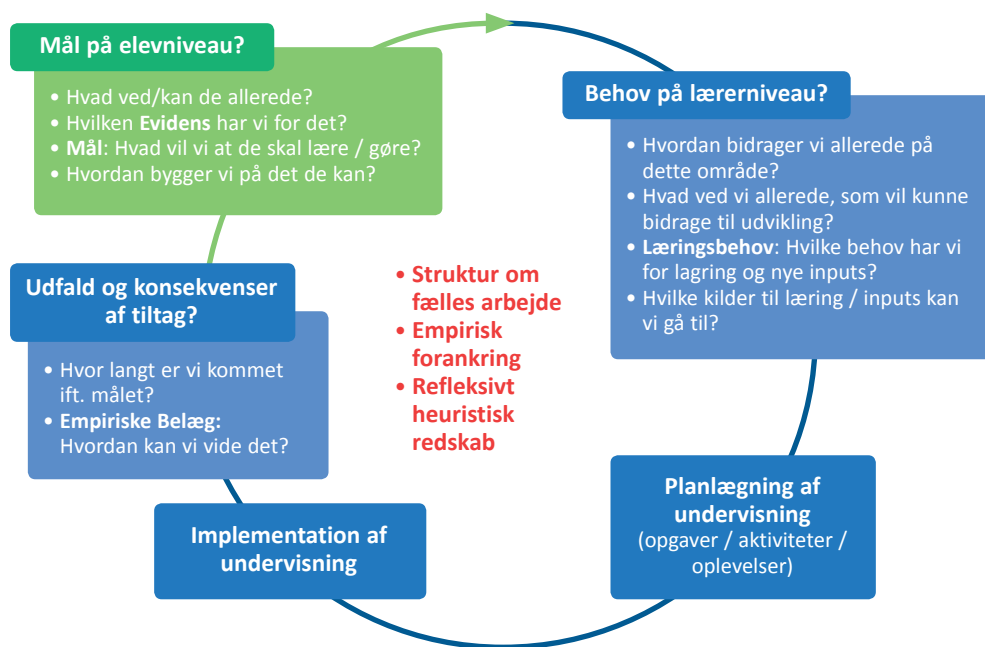
Det var en ambition at projektet skulle baseres på og bidrage til den internationale forskningsviden om professionel udvikling af naturfagslærere. Derfor blev der gennemført et review af denne viden, hvilket ledte til identifikation af kriterier for effektive efteruddannelsesforløb med positiv indvirkning på elevernes læring (Krogh, 2016). Et sådant forløb er kendetegnet ved at:

- K1. være skolebaseret, skoleforankret og institutionaliseret
- K2. indeholde rimelige mængder af direkte interaktionstid med de deltagende lærere (min. 50 timer), udstrakt over tid, gerne år
- K3. have fokus på faglig og fagdidaktisk viden
- K4. have en struktur med vekselvirkning mellem refleksion og praksis
- K5. indeholde aktive bearbejdnings af teori til praksis
- K6. have centrale elementer af lærerkollaboration, evt. læringsfællesskab eller netværk
- K7. indeholde lærer-inquiry i praksis og andre databaserede tilgange til lærernes professionelle udvikling
- K8. være i overensstemmelse med læreplaner, standarder m.m.
- K9. arbejde med ledelsesstøtte, herunder støttende ændringer i organisationen
- K10. gøre brug af eksterne inputs, bl.a. i form af fagdidaktisk ekspertise.

Ved at insistere på at SUN skulle involvere én eller flere hele faggrupper på en skole, imødekom vi første del af K1. Ved at integrere et ledelsesforløb med fokus på hvordan man støtter faggruppeudvikling, var det et mål at bidrage til både institutionalisering (K1) og kapacitetsopbygning hos ledelsen (K9). Hvis vi kunne fastholde de samme lærere i det samlede forløb, i 3 år a ca. 20 timers workshop-interaktion, så ville vi give dem tid (og incitament) til reelt at forandre deres praksis (K2). Det var ikke til diskussion at undervisningsudvikling i projektet skulle være af fagdidaktisk natur

(K3) og være relevant for lærernes daglige praksis (K8). K4-K6 blev tilgodeset ved en forløbsstruktur hvor workshops vekslede med at lærerne prøvede ting af i egne klasser. På denne måde kunne lærerne bearbejde eksterne inputs fra workshops (K10) og reflektere over deres anvendelighed. Lærernes tiltag blev planlagt, drøftet – og lejlighedsvist også realiseret – af flere kolleger i en udviklingsgruppe eller faggruppe ligesom fælles workshops altid indeholdt planlagte aktiviteter mhp. lærerkollaboration og co-refleksion. Endelig blev det besluttet at lærernes tiltag konsekvent skulle rammesættes som aktionslæring med tilhørende empirisk undersøgelse af i hvilken udstrækning målene på elevniveau blev nået. Konkret skulle aktionslæringen stil-ladseres af Inquiry Circlen, som er en syntese af Best Evidence for hvad der virker i lærerprofessionel udvikling (Timperley, Wilson, Barrar & Fung, 2007).

Inquiry Circlen (se figur 1) fremhæver at virkningsfuld undervisningsudvikling nødvendigvis må tilgodesee eleverne og tage udgangspunkt i *mål på elevniveau*. Disse formuleres i planlægningsfasen sammen med behovene for evt. eksterne inputs/konsulentbidrag. Vigtigst af alt ekspliciterer den at man allerede i planlægningen af et aktionslæringstiltag må forholde sig til hvilken empiri man vil samle ind for at godtgøre i hvilken udstrækning man har nået de intenderede mål. Inquiry Cirklen introducerer således både et generelt undersøgende sigte og en empiribasering – kapacitetstræk til gavn for både individuel og kollektiv læring.



Figur 1. Inquiry Circlen – gennemgående aktionslærings-ramme om lærernes undervisningsudvikling.

SUN-modulernes struktur, indhold og implementering

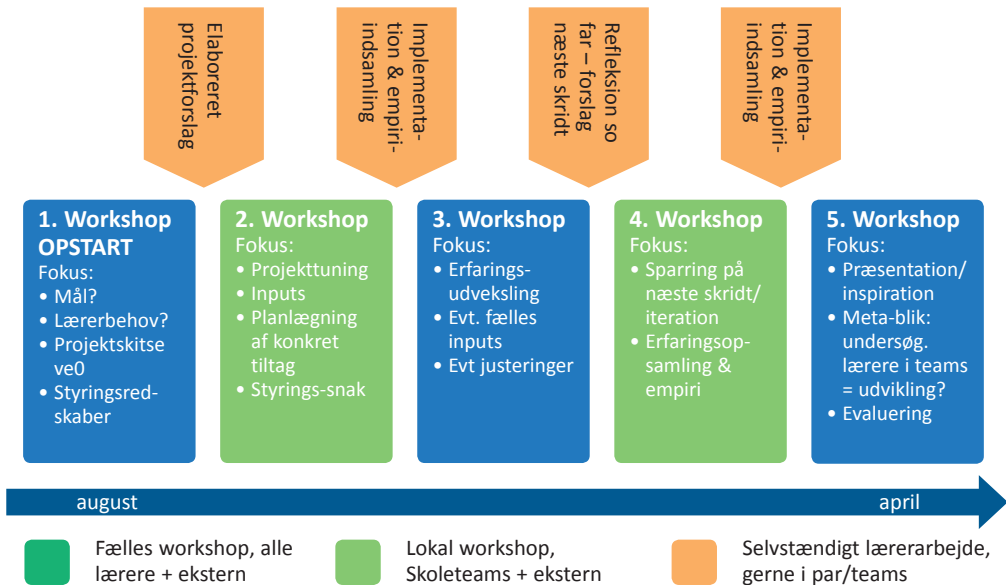
I dette afsnit beskriver vi centrale træk i tænkningen og implementeringen af modulerne. I et senere afsnit vil vi forholde os kritisk til hvad vi har lært af projektet og om projektdesign – med afsæt i den omfattende projektempiri.

SUN1:

I SUN1 var det primære mål at stimulere fagdidaktisk udvikling af det praktiske arbejde i naturfag – til gavn for elevernes læring. I de to SUN1-gennemkørsler deltog udviklingsgrupper af lærere fra hhv. 4 og 3 gymnasier. Udviklingsgrupperne bestod af 2-6 lærere fra samme gymnasium som repræsenterede fagene fysik, kemi eller biologi.

I forlængelse af de omtalte design-principper var kursusforløbet bygget op som vist på figur 2. Grundstrukturen bestod af 5 workshops som vekslede med afprøvning, undersøgelse og refleksion i praksis på hjemmeskolen. Der blev vekslet mellem fælles workshops på tværs af gymnasier og lokale workshops på de enkelte gymnasier. En ekstern fagdidaktisk konsulent forestod samtlige workshops.

De fælles workshops gav plads til fælles fagdidaktiske inputs og diskussioner samtidig med at fremlæggelser af den seneste periodes afprøvnings gav afsæt for erfaringsudveksling, inspiration og feedback. Som supplement gav de lokale workshops mulighed for at konsulenten kunne tilgodese lokale behov og sparre på hvert enkelt projekt i dets nære kontekst. Inden for det overordnede tema valgte grupperne typisk forskellige foci for deres konkrete udviklingsprojekter, så der var behov for differentieret fagdidaktisk medspil i processen.

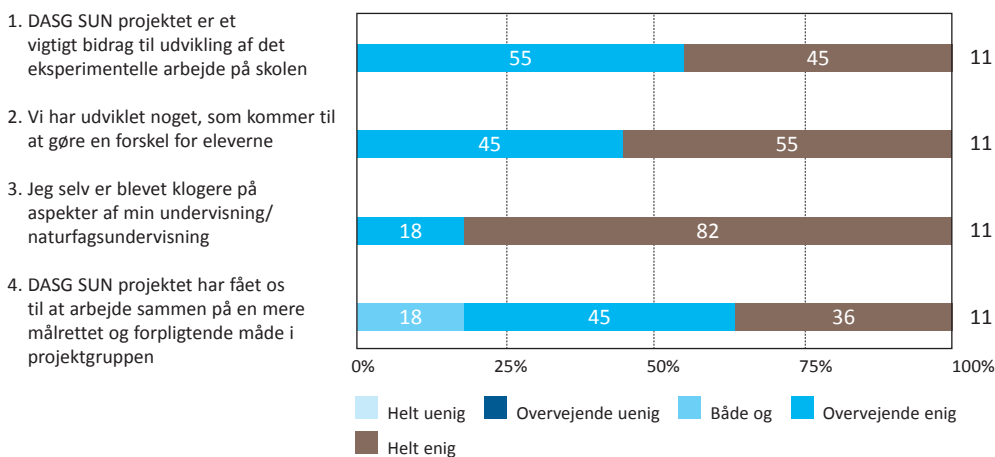


Figur 2. SUN1-forløbets opbygning.

I tilgift til fokus på undervisningsudvikling var det en pointe at lærerne blev fortrolige med Inquiry Circlen som struktur om udviklingsarbejde og oplevede værdien af den empiribaseret som er indbygget i modellen. Dette var et første skridt i retning af at indføre effektive og ritualiserede arbejdsmåder – et skridt der skulle fungere som trædesten for at involvere hele faggrupper i SUN2.

SUN1-forløbene var temmelig gnidningsfri. Lærerne var engagerede i såvel workshops som deres egne projekter. Afslutningsvist fastholdt hver udviklingsgruppe sine erfaringer, refleksioner samt de udviklede forløb, materialer m.m. i en rapport som blev stillet til rådighed for kolleger via DASG's hjemmeside. På sidste lokale workshop blev mulighederne for deling med fagfæller via faggruppemøder vendt – og i adskillige tilfælde fandt en sådan deling sted.

SUN1 blev internt evalueret. Med forbehold for det begrænsede sample (11 af 21 deltagere fra 1. gennemløb fik udfyldt post-surveyen), så er den konsistente og meget positive tilbagemelding på alle udbytteparametre i figur 3 en indikation af at adskiligt er lykkedes i SUN1. 10 af 11 deltagere tilkendegav tillige størst mulige enighed i at *“Udbyttet er blevet større, fordi vi selv har kunnet formulere vores udviklingsprojekt”*. Med vores forskningsbaserede koncept for fagdidaktisk efterudvikling syntes vi at bidrage til udviklingen af undervisning og læring i retninger som lærerne langt hen ad vejen havde bestemt og fandt vigtige.



Figur 3. Lærernes oplevede udbytte af SUN1 (slutevaluering af første gennemløb).

Dermed var to af de oprindelige intentioner rimeligvis opfyldt. Men hvordan sikres det at fagdidaktisk udvikling udstrækkes til hele faggruppen frem for blot til en undergruppe af udviklingsorienterede? Og hvordan fremmer man udviklingsprocesser i en faggruppe, også når der ikke er et SUN-lignende projekt som ramme og tilskyndelse? Hvordan styrker man det ledelsesmæssige medspil og kapaciteten i såvel faggruppe

som organisation så man bliver i stand til løbende at opfange og tilgodese egne udviklingsbehov? Det var de udfordringer som SUN2 og SUN3 skulle forsøge at tackle.

SUN2:

I SUN2 rykkede udvikling af forandringskapacitet længere ind på banen. Med en bevilling fra Lundbeckfonden var det muligt at lave tiltag som rettede sig mod forskellige aktører:

- *Udviklingsgrupper* af lærere på de deltagende gymnasier arbejdede deltagerstyret inden for et fælles tema om *Elevmotiverende undervisning*. Temaet var identificeret vha. en survey som det højst prioriterede udviklingsområde for naturfaglige lærere på SUN-gymnasierne. Grundlæggende var forløbsstrukturen den samme som i SUN1: 5 workshops med mellemliggende praksisrettede afprøvnings samt en vekslen mellem fælles og lokale workshops. Der var dog én vigtig forandring: Når der var lokale workshops, var resten af faggruppen med i ca. halvdelen af tiden.
- *Pædagogisk ledelse på gymnasierne*: Der blev lavet et separat workshop-spor for pædagogisk ledelse på de 4 deltager-gymnasier. Der deltog 7 ledere i de 3 workshops. Ud over generelle inputs og drøftelser omkring udviklingsorienteret skoleledelse var der fokus på undervisningsobservation og feedback til medarbejdere som opfølgning på observation. Også ledessporet opererede med en vekselvirkning mellem inputs og afprøvnings hjemme på skolen. Lederne fik således til opgave at øve og reflektere observation og feedback i perioderne mellem workshops. Selvom lederne fandt disse aktiviteter relevante, førte en drøftelse på workshop 3 frem til en liste med (mere) påtrængende spørgsmål for dem:

- Udvikle et fælles fagligt-pædagogisk sprog på skolen, fx om motivation
- Styrke de pædagogiske diskussioner i faggrupperne, så samarbejdet får et reelt pædagogisk indhold
- Hjælpe til, at diskussioner bliver begrebsliggjort, så man ikke fortaber sig i eksempler, men både går "op" på et principielt teoretisk niveau og "ned" igen til det konkrete
- Kvalificere almindelige "synsninger"
- Opbygge kapacitet til både det metodiske og det indholdsmæssige, fx motivationsteorier
- Hjælpe lærerne til at fastholde skolens overordnede mål i faggruppens arbejde
- Finde et realistisk ambitionsniveau for arbejdet
- Være eksplicit med ledelsens forventninger til faggruppen og dens medlemmer
- Hjælpe med at holde effektive møder
- Hjælpe dårligt fungerende grupper til at holde en bedre tone
- Kunne håndtere både store og små grupper
- Bearbejde de store forskelle i faggrupperne — mellem ildsjæle og fodslæbere
- At kunne iagttage processer i gruppen og reagere.

Figur 4. Ledelsens bud på centrale problemstillinger.

Herefter tog projektet bestik af at lederne især efterspurgte redskaber til at ramme-sætte, forventningsafstemme, retningsgive og støtte faggruppernes arbejde. Lederne i projektet var så begejstrede for ledelsessporet som en lille netværksgruppe hvor man kunne dele idéer, problemer og erfaringer, at de afholdt møder ud over de ramme-satte aktiviteter.

- *Faggrupper hvori udviklingsgrupper var forankrede:* De involverede faggrupper deltog i de lokale workshops. I udgangspunktet var de med ca. halvdelen af tiden, med et dobbelt sigte: 1. For at give udviklingsgrupperne mulighed for at fortælle til hele faggruppen om deres projekt, dele erfaringer og få respons som et middel til at forankre deres udviklingstiltag bredere. 2. For at starte semi-strukturerede kapacitetsdrøftelser på faggruppeniveau.

Et eksempel på sidste type drøftelse tog afsæt i redskabet *Faggruppe-karakterisering på PLC-dimensioner* som blev udviklet til formålet (se figur 5). Værktøjet bygger på forskning om karakteristika ved professionelle læringsfællesskaber (PLC, fx Bolam, McMahon, Stoll, Thomas & Wallace, 2005; Dufour, Dufour, Eaker & Many, 2016; McLoughlin & Talbert, 2006) og udfolder aspekter af kapacitet i faggrupper. Faggruppens lærere blev ifm. en lokal workshop først bedt om individuelt at karakterisere faggruppens aktuelle arbejde. Dernæst diskuteredes relative styrker og svagheder ud fra de individuelle "ratings". Endelig blev faggruppen bedt om at prioritere hvad de gerne ville udvikle på, og formulere ønsker for medspil fra egen ledelse hhv. SUN-projektet.

Sådan vil jeg karakterisere det aktuelle arbejde i min faggruppe...	
Din vurdering (1: slet ikke, 3: i et vist omfang; 5: klart opfyldt)	Opgave 1: Individuelt Skriv ud for hver af nedenstående dimensioner, i hvilken grad du mener, at faggruppens arbejde i øjeblikket lever op til dette.
4,3	Samarbejdsorienteret – stor villighed til at arbejde sammen på kryds og tværs af faggruppen
3,0	Udviklingsorienteret – vægt på løbende og fælles udvikling af viden og færdigheder
1,8	Data-drevet – baseret på analyse af elevdata og information
2,8	Elev- og undervisningsfokuseret – møder med fokus på undervisningen og elevernes udbytte af den.
2,0	Forskningsinformeret – undervisningstiltag informeret af fagdidaktisk forskning og evidens
2,6	Faggruppelederskab – tydelig anvarsdeling, som hyppigt skifter mellem faggruppemedlemmer
3,1	Delte værdier – der er enighed om, hvad der er vigtigt at arbejde med i faggruppen
2,5	Ritualiserede arbejdsmåder – der er regler og normer for, hvordan vi arbejder sammen i faggruppen (fx dagsordener, mødereferater, brugen af fx inquiry circles ...)
2,9	Praksis-delning – udvekslingen af erfaringer og materialer er sat i system, så alle får mulighed for at lade sig inspirere af hinanden
2,1	Systematik – faggruppemøder afholdes med en vis regelmæssighed (fx 1-2 måneder mellem møderne)
4,4	Inkluderende – atmosfæren i faggruppen er præget af gensidig respekt, så man tør ytre sig og tage chancer
2,5	Ledelsestøttet – faggruppen har adgang til relevant info og føler sig hørt i ledelsesmæssige beslutninger af relevans for faget og faggruppens udvikling
1,9	Tidsligt støttet – tidlige ressourcer og skematekniske forhold understøtter udviklingen i faggruppen

Figur 5. Redskabet Faggruppekarakterisering på PLC-dimensioner – tallene er gennemsnitsscorer for tre faggrupper i deres første SUN-år.

Tallene i venstre kolonne her angiver gennemsnitlige ratings for 3 faggrupper i deres første SUN-år. På trods af lokal variation, så udtrykker disse gennemgående træk: at sociale aspekter (samarbejdsorienteret, inkluderende) i alle projektets faggrupper blev ratet højt mens arbejdsmåder (ritualiserede, systematiske, datadrevne, forskningsinformerede) generelt blev ratet lavt, i lighed med det ledelsesmæssige og or-

ganisatoriske medspil. Umiddelbart tjente redskabet som en tilskyndelse til og en strukturerende ramme for en snak om udviklingsbehov og muligheder i faggruppen. For projektet gav redskabet samtidig værdifuld information som kunne bruges fremadrettet. Yderligere vil andre projekter som ønsker at udvikle gymnasiale fagteams til professionelle læringsfællesskaber, med fordel kunne adressere de lavest ratede dimensioner i figuren.

- Ikke alle steder var faggrupperne fuldtallige. I enkelte tilfælde undlod ledelserne at tage en konflikt med modvillige medlemmer for at få dem til at møde op. For de faggruppemedlemmer som ikke var direkte involveret i udviklingsgrupper, var den reelle kontakttid med projektet skønsmæssigt kun 5 timer. Det var for lidt tid til at skabe forandringer i faggruppens praksis, men tid nok til at tydeliggøre nogle behov ift. faggruppens arbejde samt antyde nogle hensigtsmæssige retninger og muligheder. På denne måde blev jorden gødet til SUN3.
- *Faglige koordinatore*: I SUN1 havde hver udviklingsgruppe en kontaktperson som var med til at koordinere tid, sted og indhold for de lokale workshops. Med det udvidede kapacitetsperspektiv i SUN2 og SUN3 ønskede vi at udvide fagkoordinatorfunktionen til en rolle som udviklingsorienteret fagfacilitator (i forlængelse af Wilson (2016) og i forlængelse af Margalef & Roblin (2017) og McLaughlin & Talbert (2006)). Forud for SUN2 bad vi derfor skolelederne udpege særlige "SUN-koordinatore" som havde fagdidaktiske, problemløsende evner, samarbejdsformåen og et godt kendskab til faggruppen og skolekonteksten. Det resulterede i at vi fik "SUN-koordinatore", gode folk som imidlertid ikke var tilstrækkeligt orienterede om at betegnelsen dækkede over en mere ambitiøs funktion.

På det første fælles møde for SUN-koordinatorerne fremlagde vi nyere forskning om "teacher leadership" som i høj grad indbefatter *self-leadership*. Den generelle respons var at koordinatorerne ikke var klar til at påtage sig en sådan udvidet rolle. Nogle følte sig ikke kompetente til rollen, andre pegede på at der var legitimitetsproblemer ift. faggruppen ved at påtage sig en sådan rolle. Tilbage meldingen var så markant at vi udskød yderligere kapacitetstiltag forbundet med SUN-koordinatorernes rolle til SUN3.

Den forskningsbaserede SUN2-evalueringsrapport til Lundbeckfonden udtrykker hvad projektet er lykkedes med, men også hvilke udfordringer SUN2-året aktualiserede:

"SUN2 har sat sig spor i udviklingslærernes praksis. De beskriver, at de er blevet mere reflekterede omkring deres undervisning, og at de har fået brugbare værktøjer undervejs eksempelvis Timperley's Inquiry Circle. De fleste lærere har betragtet deres lokale projekter som meningsfulde, og de havde alle indsamlet empiri til understøttelse af undervisningen.

Nogle af lærerne gav dog udtryk for, at de gerne ville have hjælp til at forholde sig til de data om elevernes motivation, som de havde indsamlet.”

(Danske Science Gymnasier, 2017, s. 17)

I et fremadrettet perspektiv kunne man se at alle skoler havde opnået en grad af kapacitetsopbygning, men de muligheder og barrierer der eksisterede på de enkelte skoler, pegede på et behov for mere individuel støtte hvis potentialet for kapacitetsopbygning skulle realiseres i SUN3.

Det betød at SUN2 nok havde initieret en kapacitetsudviklende proces, men at der var væsentlige udfordringer knyttet til:

- lærernes forståelse af hvad empiribasering i aktionslæring er/kan være.
- eksplicitering og forventningsafstemning mht. SUN-koordinatorens rolle.
- at finde tid og i særdeleshed *fælles* tid til udviklingsopgaver.
- lærernes oplevede ejerskab *og* tagen ejerskab til egne udviklingsprojekter. Skønt disse i udgangspunktet havde samme frihedsgrader som i SUN1, forekom SUN2-projekterne sjældent at være drevet af samme indre motivation. Nogle steder var indtrykket at implementeringen af nye arbejdstidsaftaler spillede negativt ind.
- faggruppernes behov for hjælp til at strukturere videndeling, samarbejde og i det hele taget udfolde sig som professionelle læringsfællesskaber.

Dermed var sigtekornet langt hen ad vejen anbragt for SUN3.

SUN3

SUN3 fortsatte med de samme fire gymnasier som deltog i SUN2, men af de 6 deltagende faggrupper var kun 4 gennemgående. Det var ikke optimalt for projektet, men af hensyn til rekrutteringen valgte DASG at imødekomme flere skolers ønske om at kunne drage nye faggrupper ind.

I SUN3 var det primære fokus kapacitetsudvikling i de deltagende faggrupper og hos den pædagogiske ledelse/organisation som havde ansvar for faggrupperne og deres udvikling. Kapacitetstiltagene skulle ske på en baggrund af praksisrettet undervisningsudvikling som nu ideelt skulle involvere *hele* faggruppen. I situationer hvor faggrupper endte med at formulere flere projekter om undervisningsudvikling, prøvede den eksterne konsulent længst muligt at fastholde en fælles kerne. Kun gennem et delt ansvar og forpligtende samarbejde kan en faggruppe opbygge fælles forståelser og et delt repertoire mht. undervisning samt udvikle hensigtsmæssige strukturer og arbejdsmåder i gruppen (Dufour, Dufour, Eaker & Many, 2016)

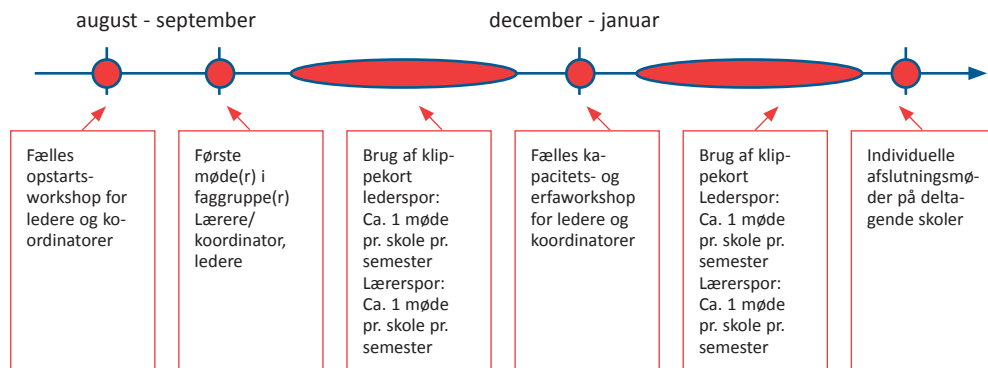
Da vi i slutningen af SUN2 savnede at lærere og ledelser i højere grad tog ansvar og ejerskab ift. deres egne projekter, besluttede vi i projektgruppen at faggrupperne/skolerne selv kunne formulere hvad deres undervisningsudvikling skulle handle om –

vel vidende at det ville øge kravet til omfanget af konsulenternes kompetencer. Ideelt skulle mere selvbestemmelse øge lærernes indre motivation og åbne op for en udvikling i tråd med den enkelte skoles udviklingsdagsordener. Samtidig burde selvbestemmelsen aktualisere behovet for kapacitetsopbygning og bidrage til denne. Skolerne tog os på ordet og meldte en meget bred vifte af udviklingstemaer tilbage. Disse var i høj grad svar på helt aktuelle ændringer i gymnasiebekendtgørelsen (bl.a. karrierelæring i fagene, innovation og eksperimentel eksamen i kemi C).

Da skolerne havde forskellige udviklingsdagsordener, gav det ikke mening at lave fælles workshops med fokus på undervisningsudvikling. Derfor blev kapacitetsopbygning det samlende fokus i SUN3-forløbets *fælles* seancer. Af ressourcemæssige grunde skulle disse kun involvere centrale aktører i form af SUN-koordinatoren (som repræsentant for faggruppen) og ledelsesrepræsentanterne fra SUN2. Til sparring på den lokale kapacitetsopbygning og/eller den lokale undervisningsudvikling fik hver skole mulighed for at rekvirere en af to eksterne konsulenter 2-3 gange i løbet af SUN3-forløbet ved at gøre brug en "klippe-kortsordning".

Klippekortsordningen kunne samtidig bruges til aktiviteter i forlængelse af leder-sporet fra SUN2. Den meget anderledes SUN3-struktur kan illustreres således:

SUN 3 – august 2017 til oktober 2018



Figur 6. Strukturen af SUN3-forløbet.

Strukturelle hovedtræk går igen fra de foregående forløb idet der blev afholdt tre fælles workshops, men nu i et *skoleinitieret* vekselspil med lokale workshops. Og perioderne mellem fælles workshops blev på ny brugt til aktiviteter og bearbejdnings, først og fremmest *relateret til kapacitetsudvikling*.

Det viste sig at være meget forskelligt i hvilket omfang den enkelte skole brugte klippekortsordningen. De skoler som brugte ordningen mest målrettet, var samtidig de skoler som nåede længst med både undervisnings- og kapacitetsudvikling. Det var ikke nødvendigvis projektets fortjeneste – måske var de samme skoler capaci-

tetsmæssigt foran til at starte med. I hvert fald er det fristende at se kompetent brug af klippekortsordningen som udtryk for tilstedeværelsen af kapacitet i samspillet mellem lærere og ledelse.

I alle møder med en faggruppe blev et eller flere kapacitetsmæssige temaer bragt til diskussion og bearbejdet. De væsentligste temaer var:

- Hvad karakteriserer professionelle læringsfællesskaber – og hvordan står vi selv i faggruppen p.t. på de kritiske dimensioner?
- Planlægning af udviklingstiltag med afsæt i Inquiry Cirklen (aktionslæringsmodel – udvidet m. konkret milestone-skema).
- Fagkoordinatorrollen – fra samlingspasser til udviklingsfacilitator (forventningsafstemning og funktionsbeskrivelse, med inddragelse af ledelse-koordinator-faggruppe).
- Hvordan sikrer vi fælles tid til møder og samarbejde – drøftelse og evt. aftaler?
- Empiridrevet udvikling – relevant udvikling tager afsæt i og valideres af mange slags empiri (hvor empiri skal forstås bredt!).
- Faggruppemøde-refleksion (hvad er de aktuelle normer ifm. faggruppens møder – hvad skal der til for at møderne både bliver effektive og givende?).
- Faggruppens beslutningsstruktur – er konsensus nødvendigvis at alle i en faggruppe er enige?
- Systematiseret deling af idéer, erfaringer, materialer – hvad gør vi, hvad gør det godt for, og hvad kan vi gøre bedre?
- Etablering af et lokalt årshjul for faggruppens arbejde som sikrer fokus på undervisningsudvikling, systematiseret dialog mellem ledelse og faggruppe om mål og midler, planlagt udveksling af erfaringer og materialer, at aktionslæring understøttes osv.

Typisk blev disse punkter vendt vha. semi-strukturerede refleksioner, diskussioner eller erfaringsdelinger i faggruppen hvortil der var udviklet stilladserende redskaber og procedurer. I praktisk taget alle tilfælde var den pædagogiske ledelse til stede, og denne deltagelse var i de fleste tilfælde dialogisk og konstruktiv. Konsulentrollen var at agere proces-facilitator og prøve at sikre at alle synspunkter blev hørt, at nemme løsninger blev udfordret, og læringsmulighederne i en udfordring blev udnyttet. Samtidig var det vigtigt at sikre at det hele ikke gik op i værdimæssige diskussioner og uenigheder, men at der var fremdrift og kom et handleperspektiv på.

I praksis bød SUN3-året både på skoler og faggrupper som lavede eksemplarisk udvikling af undervisning og kapacitet, og skoler/faggrupper som kun flyttede sig i mindre grad. I forbindelse med den “fælles kapacitets- og erfaringsudvekslings”-workshop midt i SUN3 (se figur 6) blev skolerne bedt om at udarbejde en plan for kapacitetsarbejdet på skolen. Afslutningsvist afleverede de en statusrapport over

hvad skolens kapacitetsmæssige udbytte havde været. Når skolernes selvevaluering holdes op mod konsulenternes logbøger og forskningsmæssige interviews med diverse aktører, er der belæg for at sige dette:

- På alle fire deltagergymnasier er ledelsen blevet opmærksom på det hensigtsmæssige og givende i at udvikle undervisningen gennem arbejde i faggrupper – i naturfagene og på længere sigt i alle fag. Det anerkendes samtidig at kapacitetsudvikling i faggrupper kræver et særligt ledelsesmæssigt medspil. Dermed er der sat en vigtig dagsorden på skolerne som rækker ud over projektet.
- Alle faggrupper har fået positivt medspil fra ledelsen bl.a. i forhold til at finde fælles tid til faggruppearbejde, først og fremmest via skemalægning.
- På alle gymnasier er der øget opmærksomhed på faggruppekoordinatorer som potentielle udviklingsagenter for en faggruppe. Det er vigtigt at dreje koordinatorfunktionen i retning af en udviklingsrettet facilitator.
- Alle gymnasier har taget idéen om et årshjul for faggruppearbejdet til sig. Fokus var i første omgang at sikre at der afholdes regelmæssige møder, og at dele af møderne handler om elevers læring og udvikling af undervisning.
- Et flertal af faggrupperne angav at deltagelse i SUN-projektet havde medvirket til at lærerne i gruppen opbyggede flere og bedre samarbejdsrelationer. Det overvejende sociale og "kammeratlige" samvær blev drejet i retning af professionelle, undervisningsrettede samtaler og diskussioner samt en mere effektiv mødekultur.
- Systematisk deling af erfaringer og materialer i faggruppen blev anført som et kapacitetsaspekt der var blevet inspireret og styrket.

Lærestykker og pointer fra projektet om design af professionel udvikling

Kort om det empiriske grundlag

Før vi går over til at beskrive de vigtigste lærestykker om design og afvikling af professionel udvikling, vil vi kort omtale det empiriske grundlag for at høste indsigter af projektet. Forud for SUN2 blev der lavet en plan for rig og systematisk empiriindsamling, bl.a. omfattende:

- konsulent-logbøger fra alle workshops samt observatørmemoer fra en del
- semi-strukturerede interviews med lærere, fagkoordinatorer og ledelse ved afslutning af både SUN2 og SUN3
- slutsurveys med deltagende lærere efter hvert modul (både åbne og lukkede spørgsmål)
- ekstern evaluering af SUN1.2 (ved NEUC)

- et rigt katalog af artefakter fra skolegrupperne (inquiry circle-planer, slutrapporteringer fra udviklingsgrupper, skriftlige lærerrefleksioner ifm. adskillige kapacitetsværktøjer ...)
- kapacitetsplaner og slutrapporter fra hver skole i SUN3.

Der er således en ganske omfattende empiri som belyser hvordan det er gået i projektet. I nærværende artikel bruges kun den del af empirien som er relevant for at belyse forløbsdesignets duelighed. Lærerne har indsamlet elevempiri ifm. deres tiltag, men det indgår ikke i projektets empirigrundlag.

Vigtige pointer og lærestykker fra projektet

Undervejs i projektet og i efterbehandlingen er vi især blevet opmærksomme på følgende kritiske forhold i et efteruddannelsesforløb som SUN:

A. Nødvendigheden af at balancere lærernes behov for undervisningsudvikling med ledelsens interesse i kapacitetsopbygning.

Der er ingen tvivl om at lærernes primære interesse var at udvikle deres undervisning. Måske af denne grund var det ikke alle deltagende lærere som nåede til at værdsætte projektets stadig større fokus på læringsfællesskaber og kapacitet. I flere faggrupper var tendensen at en række lærere opfattede kapacitetstiltaget som et lavt prioriteret add-on og en ledelsesting. Dermed mistede de følelsen af ejerskab til projektet i dets sidste år. I andre, og måske mere ressourcestærke, faggrupper formåede man i SUN3 hurtigt at skabe så meget substans i undervisningsudviklingen at denne aldrig blev overskygget af selv ganske omfattende lokale kapacitetsindsatser. I projektsammenhæng bliver man givetvist nødt til at differentiere balancen mellem de to udviklingsperspektiver. Retrospektivt ville vi nok ændre progressionen så kapacitetsbegrebet introduceres fra starten – for til gengæld at fylde mindre til sidst. Forventningsafstemning i det enkelte delforløb og med alle aktører er tillige en forudsætning som vi kun delvist lykkedes med.

B. Sikring af direkte interaktionstid i projektet og fælles tid i lærerskemaet.

Vi startede ud fra en design-præmis om at et treårigt forløb ville sikre deltagerne tilstrækkelig kontakt med projektet til at det kunne udvirke reel og langtidsholdbar udvikling af praksis. I det implementerede projekt var det imidlertid ikke alle steder muligt at fastholde skolelederne på at prioritere at de samme lærere/faggrupper var med i hele forløbet. Således blev to helt nye faggrupper introduceret i SUN3. Det er en klar erfaring at kapacitetsopbygning – både i faggrupper og hos ledelse – tager tid, så større fastholdelse på dette punkt ville have været gavnligt. Ud fra et

kapacitetsperspektiv skulle vi nok også have involveret hele faggrupper allerede i SUN1.

Et enkelt og meget virkningsfuldt kapacitetsskridt var at facilitere dialog mellem faggrupper og ledelse om at lægge fælles udviklingstid ind i lærernes skema. Det viste sig at ledelserne ret nemt kunne skemalægge mødetid for faggrupperne hvormed de mest umiddelbare barrierer for at mødes forsvandt.

C. *Det er nødvendigt og muligt at udvikle ledelsens støtte til kapacitetsudvikling i faggrupper.*

Ledelsesdeltagerne i SUN-projektet har i interviews og med deres liste over påtrængende spørgsmål tilkendegivet at de savner redskaber og handlemuligheder i forhold til at støtte udviklingen i og af faggrupper.

Det fremgår af bl.a. slutevalueringen at især ledelsesindsatser knyttet til dimensionen *Rammer og strukturer som støtter samarbejde og læring* har gjort en forskel for faggruppeudviklingen. Dette er dog typisk sket sent i forløbet, inde i SUN3. Længe har projektets kobling mellem kapacitetsudvikling i faggruppen og ledelsessporet således været for diffus og manglet en handlekomponent. I bakspejlet burde ledelsessporet fra første færd have handlet om professionelle læringsfællesskaber, kapacitetsbegrebet og hvorledes man som pædagogisk ledelse konkret arbejder med støttende rammesætning og lederskab. I projektet har vi også i enkelte tilfælde afdækket et behov for større konflikthåndteringskompetence hos pædagogisk ledelse, fx i forholdet til vrangvillige lærere i en faggruppe. Redskaber til og håndtering af sådanne udfordringer bør derfor også indgå i tænkningen om kapacitetsudvikling og ledelsesmæssigt medspil.

D. *Fagfacilitatorrollen kræver særlige kompetencer, strukturel klarhed og faggruppelegitimitet.*

I SUN2 blev bestræbelsen på at rekruttere særlige faglige koordinatører ("SUN-koordinatører") og aktivere dem som lokale forandringsagenter skudt i sænk. Vore udmærkede SUN-koordinatører afviste af forskellige grunde at påtage sig den udvidede rolle, først og fremmest pga. oplevet kompetencemangel og tvivl om ledelsesaspektet i rollen, herunder legitimiteten i faggruppen, og afgrænsning af ansvar i forhold til det pædagogiske ledelseslag. Efterfølgende valgte et enkelt gymnasium imidlertid at gå foran i forsøget på at sikre både legitimitet og udvidede kompetencer: Koordinatorstillingerne blev nyopslået, med en eksplicit og udvidet funktionsbeskrivelse. Det resulterede i at de samme folk blev genansat, men nu med en større legitimitet for handling iht. funktionsbeskrivelsen. Yderligere fik koordinatørerne tilbudt et (projektleder) kursus som skønt det ikke var skræddersyet til fagfacilitatorfunktionen, alligevel gav øget selvtilid i funktionsudøvelsen og et markant anderledes

medspil ift. projektet. Det blev herefter en prioriteret kapacitetsindsats i SUN3 at få faggrupper til at funktionsbeskrive en fremadrettet rolle som fagfacilitator og afklare de gensidige forventninger mellem ledelse og fagfacilitator hhv. faggruppe og fagfacilitator. Af gymnasiernes slutrapportering fremgår det at processen fortsat pågår, og at projektet på alle skoler har åbnet øjnene for at velkvalificerede faglige koordinatore er en værdifuld ressource for at sikre udvikling i deres faggrupper.

E. Et vigtigt skridt i kapacitetsopbygning er at etablere strukturer, ritualer og konkrete værktøjer.

SUN-projektet har haft som ambition at opbygge kapacitet så skolerne kan varetage deres egen udvikling – også efter projektets udløb. I overensstemmelse med projektets videngrundlag har der således været fokus på at etablere blivende strukturer og ritualiserede arbejds måder i faggruppen og skolens organisation således at problemer opfanges og håndteres på måder som sikrer læring og ejerforhold hos deltagerne. Centrale eksempler på dette har været brugen af Inquiry Cirklen som koncept for aktionslæring ifm. udviklingsarbejde, ekspliciterede funktionsbeskrivelser for fagfacilitatorer, brug af udviklingsrettet årshjul for faggruppens arbejde, aftaler om deling af materialer og systematisk brug af empiri til identifikation af udviklingsbehov i undervisningen eller faggruppen.

Generelt har Inquiry Cirklen vist sig nyttig som struktur om udviklingsgruppers arbejde i den tidlige planlægningsfase. Her fastholder den at der formuleres mål på elevniveau – og at man overvejer hvilke typer empiri man kan bruge for at kortlægge hvor langt målene er opfyldt. Undervejs i processen med at implementere det planlagte projekt bidrager modellen imidlertid med så lidt at den nærmest forsvinder ud af lærernes bevidsthed. Der er således brug for supplerende proces-værktøjer som kan støtte under implementeringen. Det viste sig tillige nødvendigt at eksplicitere og diskutere med lærerne hvilke typer empiri et pragmatisk aktionslæringsprojekt med fordel kan bygges på. I udgangspunktet får modellens insisteren på empiriindsamling mange lærere til at føle at empiriindsamlingen tager overhånd, mens andre synes at empirien ikke er vægtig nok til at høstede erfaringer kan generaliseres (i naturvidenskabelig forstand). Afslutningsvist må vi konstatere at projektet kun delvist er lykkedes med at internalisere værktøjet i faggrupperne.

Meget mindre problematisk var det til gengæld at få alle skoler til at internalisere ideen om et "årshjul" som en struktur om faggruppens arbejde. I skolernes første bud på sådanne årshjul er der imidlertid meget forskelligt fokus på hhv. undervisning, elever og faggruppeudvikling. Professionelle

læringsfællesskaber er kendetegnet ved institutionaliserede samtaler om sådanne forhold. Hvis årshjulet for alvor skal gøre noget godt for udviklingen i en faggruppe, skal dets indhold fastholde disse.

F. *Kapacitetsudvikling kræver mangesidigt medspil fra eksterne konsulenter.* Hvis en udviklingsgruppe, en faggruppe eller et gymnasium skal overskride sin hidtidige praksis, kræver det sædvanligvis en udfordring og eksternt medspil. For udviklingsgrupperne har det været konsulentens rolle at levere fagdidaktisk og specifikt medspil på diverse konkrete projekter inden for en række fag. For at tilgodese kapacitetsopbygningen i faggrupper har den eksterne konsulent primært udviklet refleksive værktøjer og fungeret som proceskonsulent når disse blev bragt i spil. Ift. ledelsessporet har den eksterne konsulents rolle først og fremmest været at levere værktøjer og sparring på konkrete problematikker. Selv for projektets to garvede konsulenter har de samlede viden- og kompetencekrav i SUN-projektet været en udfordring. Ud over detailviden om fagdidaktik, undervisningsudvikling, ledelse og kapacitetsopbygning har det i høj grad trukket på kendskab til gymnasiekonteksten, evnen til samarbejde og skabe relationer samt evnen til problemløsning. I SUN3 blev der faktisk afholdt workshops for alle aktører af én enkelt konsulent som tilgodeså både undervisnings- og kapacitetsudvikling. Hvis det er muligt, er noget sådant givetvis gavnligt for den indre sammenhængskraft i projektet.

Med den valgte SUN3-struktur blev konsulenterne i perioder bevidst "parkeret" i en afventende rolle – skolerne bestemte hvornår og til hvad de skulle bruges. Når man ser hvor forskelligt dette blev forvaltet, så kan man diskutere om det var en optimal måde at udnytte konsulent-ressourcer på. Omvendt: Ud fra en kapacitetsbetragtning og i tråd med forestillingerne om planlagt tilbagetrækning giver det fortsat rigtig god mening.

Afsluttende overvejelser og perspektiver

P.H. Raae (Raae, 2009) peger i sin strategi for efteruddannelse og kompetenceudvikling på behovet for nye typer af efteruddannelse, herunder:

"forløb, hvor en gruppe arbejder med aktuelle problemer på en skole, defineret af nye udfordringer til fag eller til skole, eventuelt støttet af eksterne konsulenter." (Raae, 2009, s. 37).

Skolebasering, udstrakte udviklingsforløb og konsulentstøtte er blot nogle af de designkriterier som forskningen i professionel lærerudvikling peger på, og som er søgt implementeret i SUN-projektet – kriterier som meget få efteruddannelsesstilbud i den

danske kontekst i øvrigt er i nærheden af at leve op til (se fx TALIS ved Danmarks Evalueringsinstitut (2013)).

I SUN har vi samtidig forsøgt at forene sådanne lokale undervisningsudviklende forløb med en kapacitetsopbygning som gør at faggrupper, faglige koordinatore og pædagogisk ledelse alle bliver bedre til at varetage egne og fælles udviklingsprocesser. Bestræbelsen er faldet meget forskelligt ud på skolerne, og det er en nærliggende hypotese at skolernes initiale kapacitet får ret stor betydning for hvor langt og hvor hurtigt man kan opbygge kapacitet på en skole – i samspil med den lokale skolekultur og lokale indsatsprioriteringer i øvrigt. Disse overvejelser og meget mere vil blive udfoldet i en efterfølgende MONA-artikel omkring kapacitetsbegrebet og kapacitetsudvikling i SUN-projektet.

Oprindeligt blev SUN-projektet formuleret som et eksempel på design based research hvor udvikling og implementering af et første gennemløb i Jylland skulle empiridækkes og tjene som afsæt for forløbsoptimering og implementering af et nyt forløb på Sjælland. Af forskellige årsager lod dette sig ikke realisere, så vores bud på et iterativt forbedret forløb er i stedet indlejret i denne artikels "lærestykker". Erfaringer fra projektet er også indskrevet i det kursusforløb for faglige koordinatore/facilitatore som blev udbudt af DASG i foråret 2018. Desværre antydede tilslutningen på daværende tidspunkt at vi nok var en kende forud for erkendelsen af hvor stort et udviklingspotentiale der ligger i at gymnasiet – i lighed med grundskolen – får faglige koordinatore med kapacitet.

For mange naturfaglige udviklingstiltag dør med de projekter som har bragt dem i spil. For mange læringsbehov og -muligheder går af alle hånde årsager upåagtede hen i naturfagsundervisningen og i fagteams på skolerne. Kapacitetsopbygning på alle niveauer forekommer at være et uomgængeligt skridt på vejen videre – mod vedvarende professionel læring og til gavn for elevernes læring.

Referencer

- Bolam, R., McMahon, A., Stoll, L., Thomas, S. & Wallace, M. (2005). *Creating and Sustaining Effective Professional Learning Communities* (vol. 637). Bristol, UK: University of Bristol.
- Danmarks Evalueringsinstitut, E. (2013). *TALIS 2013 – OECD's lærer og lederundersøgelse*.
- Dufour, R.; Dufour, R.; Eaker, R. & Many, T. (2016). *Håndbog i professionelle læringsfællesskaber* (1. udgave). Dafolo.
- Krogh, L.B. (2016). Professionel udvikling af naturfagslærere – brikker til et fælles afsæt. *MONA (Matematik Og NATurfagsdidaktik)*(4), s. 57-70.
- Margalef, L. & Roblin, N.P. (2017). *Unpacking the Roles of the Facilitator in Higher Education Professional Learning Communities*. 3611(August). <https://doi.org/10.1080/13803611.2016.1247722>.

- McLaughlin, M.W. & Talbert, J. (2006). *Building School-based Teacher Learning Communities*. New York: Teachers College Press.
- Raae, P.H. (2009). *Strategi for efteruddannelse og kompetenceudvikling: En teoretisk og empirisk analyse på baggrund af to konferencer*.
- Timperley, H., Wilson, A., Barrar, H. & Fung, I. (2007). *Teacher Professional Learning and Development – Best Evidence Synthesis Iteration*. Set på Ministry of Education, New Zealands website: http://www.educationcounts.govt.nz/_data/assets/pdf_file/0017/16901/TPLandDBESentireWeb.pdf.
- Verbiest, E. & Erculj, J. (2006). Building Capacity in Schools – Dealing with Diversity Between Schools. I: M. Pol (red.), *Dealing with Diversity. A Key Issue for Educational Management* (s. 65-80). Proceedings of the 14th Enirdem Conference, 22.-25. september 2005, Brno.
- Wilson, A. (2016). From Professional Practice to Practical Leader: Teacher Leadership in Professional Learning Communities *International Journal of Teacher Leadership* 7 (2), Fall 2016.

English abstract

This article reflects a 3 year professional development project "School-based Development in Science" (Danish acronym SUN), aimed at improving science teaching while at the same time enhancing the participating upper secondary schools' capacity to handle future development needs. The project-design was research based, and in a coordinated manner it addressed science teacher/teams, team coordinators, and pedagogical leaders. We describe the project and share our experiences from the implementation-process. Finally, we discuss critical aspects of design, which might be of particular interest for future designers, implementers, or users of TPD efforts of a similar nature, in upper secondary schools and elsewhere.

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.

Aktuel analyse

Teknologiforståelse – hvorfor og hvordan



Maria Damlund,
Hornbæk Skole

Abstract: Denne artikel handler om implementering af teknologiforståelse i folkeskolen med et særligt fokus på hvordan teknologiforståelse kan støtte positivt op om den kompetenceorienterede naturfagsundervisning. Teknologiforståelsesfagligheden bliver ridset op, og eksempler fra praksis – både på implementering og undervisningsforløb – præsenteres. Desuden problematiseres fagligheden i forhold til den optimale implementering da det kræver både tid og kompetenceløft hvis teknologiforståelse skal blive en succes.

Google, Facebook, Snapchat, Instagram, Netflix, MobilePay – og jeg kunne blive ved! Dette er blot et lille udvalg af min og mine elevers digitale hverdag som bruges på godt og ondt uden brugeren nødvendigvis har undersøgt hvordan disse teknologier egentlig påvirker pågældendes til- og fravalg i cyberspace – for slet ikke at tale om den teknologiske udvikling som brager afsted uden tid til at slappe af og nyde turen.

I en tid hvor “det digitale” er blevet en selvfølge, og hvor computer-, læse- og cykelfærdigheder er blevet ligestillet, giver det rigtig god mening at man fra regeringens side endelig har set lyset og prøver kræfter med forsøgsfaget teknologiforståelse i folkeskolen. I 2017 satte man gang i teknologiforståelse som et forsøgsvalgfag, men nu rulles fagligheden ud som fag/i fagene.

Hensigten med fagligheden er at eleverne skal kunne deltage aktivt i et demokratisk samfund som i høj grad er baseret på digitale løsninger. Her er det alfa og omega at kunne tage stilling til og reflektere over digitale teknologier samt kunne skabe og genskabe nye digitale teknologier som gør verden til et bedre sted.

Jeg vil i denne analyse se på grundlaget for faget og hvordan vi på min egen skole implementerer det, samt til sidst diskutere hvordan fremtiden for faget ser ud. Jeg skriver ud fra min baggrund som folkeskolelærer i dansk, matematik, fysik/kemi, biologi og teknologiforståelse og som vejleder i naturfag og teknologiforståelse. Jeg har også deltaget i følgende grupper under Undervisningsministeriet: Skrivegruppe for valgfaget og faget “Teknologiforståelse”, Rådgivningsgruppe for fremtidig na-

turfagsstrategi, Ekspertfølgegruppe for teknologiforståelse og Arbejdsgruppe vedr. evalueringskoncept i naturfag.

Introduktion til faget

Teknologiforståelse er en ny faglighed i folkeskolen som p.t. består af fire kompetenceområder¹:

- *Digital myndiggørelse* – at kunne forholde sig kritisk og reflekterende til digitale teknologier
- *Digital design og designprocesser* – at kunne arbejde i en iterativ designproces og designe digitale artefakter som er målrettet et særligt behov og en særlig målgruppe
- *Computational tankegang* – at kunne modellere verden (fra virkelighed til computermodel/simulering) for herved at opnå større forståelse for diverse sammenhænge
- *Teknologisk handleevne* – at kunne arbejde med og forstå digitale teknologier, herunder at kunne mestre grundprincipperne inden for programmering.

Når disse kompetenceområder mikses sammen, er det hensigten at vi inden for det digitale felt får nogle reflekterende, kreative og skabende elever som kan gennemskue hvordan den digitale verden omkring dem er konstrueret, og kan være med til at påvirke og udvikle denne verden. I et demokratisk samfund er det altafgørende at kunne forstå på hvilket grundlag en politisk beslutning bliver taget, og fordi politiske beslutninger i høj grad bliver taget på baggrund af data, er det vigtigt at kunne forstå hvordan denne data bliver til, og hvilken indflydelse den har på vores liv – både politisk og privat.

Et eksempel på politiske beslutninger med udgangspunkt i brug af data er regeringens indsats for tidlig opsporing af udsatte unge.² Her vil Gladsaxe Kommune bl.a. bruge data såsom underretninger, forældres misbrugsbehandling og udeblivelse fra tandpleje. Det er nok de færreste der kan være uenige i at vi bør gøre alt hvad vi kan for at hjælpe udsatte børn og unge, men om det offentlige skal have adgang til data fra tandplejen, biblioteket m.m., er en diskussion værd, og svaret er ikke nødvendigvis sort-hvidt. Dette er blot en af mange politiske beslutninger som kræver indsigt i brugen af data og digitale teknologier generelt, og her er det afgørende som borger at kunne forholde sig reflekteret til denne brug – bl.a. derfor er teknologiforståelse en vigtig faglighed.

På nuværende tidspunkt er teknologiforståelse sat i spil på 46 skoler som hver især skal afprøve fagligheden som et selvstændigt fag eller integreret i fagene (dansk, mate-

1 <https://www.emu.dk/grundskole/teknologiforstaelse>

2 <https://www.regeringen.dk/nyheder/ghettoudspil/tidlig-opsporing-af-udsatte-boern/> 29.06.19

matik, natur/teknologi, håndværk og design, billedkunst, samfundsfag og fysik/kemi). De deltagende skoler har selv søgt om deltagelse i forsøgsordningen og er udvalgt således at man får mest mulig viden om hvordan man kan undervise i teknologiforståelse. Desuden har man valgt at få et bredt udvalg af skoler – geografisk, socioøkonomisk og erfaringsmæssigt – i forbindelse med teknologiforståelsesundervisning. Disse skoler skal i tre år prøve kræfter med fagligheden for at teste hvad der fungerer, og hvad der skal justeres, førend teknologiforståelse rulles ud i hele folkeskolen. Undervejs vil skolerne blive tæt fulgt af Københavns Professionshøjskole, VIA University College, Professionshøjskolen UCN, Læremiddel.dk og Rambøll Management Consulting som sørger for grundig afrapportering. Disse rapporter kan man læse på tekforsøget.dk³ hvor forundersøgelsen allerede ligger. I løbet af de tre forsøgsår vil skolerne være i tæt kontakt med en ressourceperson som skal vejlede om implementeringen. I selve forsøgsprogrammet er der også indlagt kompetenceudvikling; der er i denne forbindelse tale om et par dage hist og her og ikke egentlig uddannelse inden for det nye fagområde. Kompetenceudvikling har været meget diskuteret i forbindelse med forsøgsfaget, og det er helt klart noget der skal tages alvorligt, for det vil godt nok være naivt at tro at man kan sætte en masse lærere til at undervise i en ny faglighed uden at vide hvad fagligheden egentlig rummer. Det skal dog tilføjes at der efter de tre forsøgsår ikke er garanti for at teknologiforståelse bliver en del af fagligheden i folkeskolen, men det skulle være mærkeligt at have brugt så mange kræfter på det for derefter at skrotte det hele.

Implementering på Hornbæk Skole

På Hornbæk Skole er teknologiforståelse blevet et af skolens indsatsområder, hvilket betyder at skolen som helhed skal arbejde og fokusere på denne faglighed. Det har vi gjort fordi:

- vi mener at denne faglighed har et stort potentiale og i høj grad kan gavne eleverne fremadrettet
- eleverne viser stor interesse inden for dette område
- fagligheden har stor bevågenhed både fra politisk hold og fra skoleverdenen
- vi gerne vil drage vores egne erfaringer inden teknologiforståelse fra den ene til den anden dag bliver en skal-opgave
- fagligheden lægger op til hands-on-oplevelser, hvilket gør undervisningen mere levende og vedkommende.

3 <https://xn--tekforsget-6cb.dk/vidensgrundlag/forundersoegelse/>

For at teknologiforståelse ikke bare bliver noget vi siger, men også noget vi gør, er der sat forskellige indsatser i værk.

For det første har man på Hornbæk Skole valgt at ansætte en vejleder – som i dette tilfælde er mig – som har til opgave at være tovholder på implementering og kompetenceløft af ledelse, lærere og elever samt at kvalitetssikre diverse teknologier og undervisningsforløb som bliver brugt undervejs. Desuden har man valgt at give faget sit eget lokale samt indkøbe teknologier som kan understøtte undervisningen. Det skal tilføjes at Hornbæk Skole ikke ligger inde med en ekstra god økonomi, men fordi det er et indsatsområde, har vi valgt at bruge lidt ekstra penge på netop dette fag/denne faglighed.

Som vejleder har jeg udarbejdet en årsplan for teknologiforståelse på skolen hvor alle klasser minimum skal arbejde med ét teknologiforståelsesprojekt i løbet af skoleåret 2019/2020. Derudover har ledelsen besluttet at 20 % af den understøttende undervisning skal tage udgangspunkt i teknologiforståelse. Sidste skoleår var teknologiforståelse i fagene et tilbud, men i år er det blevet obligatorisk for på den måde at sikre at alle elever stifter bekendtskab med faget i anvendelse. Årsplanen er lavet således at den tilgodeser forskellige fag og forskellige lærere for på den måde at få faget spredt ud på så mange som muligt således at teknologiforståelse bliver alles ansvar. Det har også været et ønske at årsplanen skulle spille sammen med den eksisterende undervisning og være en del af det vi allerede gør, for derved at skabe en merværdi. Som vejleder er det min opgave at hjælpe lærerne igennem disse forløb, både i forhold til planlægningen, udførelsen og evalueringen. Målet er at det er lærerne der selv står for så meget af undervisningen som muligt, for at de selv kan prøve faget på egen krop.

For at lærerne selv kan undervise i faget, er det vigtigt at de føler sig fortrolige med teknologierne i teknologiforståelseslokalet. Derfor er det også planen at jeg løbende udbyder frivillige kurser i lokalet hvor lærere og pædagoger kan komme forbi og blive undervist i Micro:bit, Scratch, 3-d-print m.m.

Vores lokale

På Hornbæk Skole har vi investeret i forskellige teknologier for at kunne arbejde med andet end blot computeren og dermed få mere hands-on. Teknologierne og deres kodesprog henvender sig til forskellige alderstrin, og dermed har vi også sikret en form for progression for faget. Desuden mener jeg at det er en fordel for eleverne at kende mange forskellige teknologier da der er meget viden der kan overføres fra teknologi til teknologi, og samtidig øver eleverne sig også i at udforske hvordan og hvorledes nye dimser virker.

I indskolingen har vi købt Bee Bots hvor eleverne kan træne simpel programmering og få en idé om hvordan en robot fungerer. Derudover har vi også LEGO WeDo hvor eleverne kan konstruere og kode deres egne robotter.

På mellemtrinnet er det primært Micro:bit og masser af tilbehør hertil som er omdrejningspunktet for undervisningen.

I udkolingen kan eleverne arbejde med LEGO EV3 og Micro:bit.

Alle disse teknologier er samlet i et lokale som også rummer alverdens værktøj, skrammel og remedier til design af prototyper samt 3-d-printere og folieskærere. Hensigten er at vi gerne vil have alle klasser til at bruge lokalet når de arbejder med teknologiforståelse, innovation og entreprenørskab, og derfor skal lokalet også kunne bruges på mange forskellige måder.

Teknologiforståelse i naturfag

Teknologiforståelse og naturfag spiller rigtig godt sammen, og mulighederne er mange: Dataopsamling, simuleringer, animationer, spil og efterligning af industri-maskiner er blot nogle af de ting jeg selv har beskæftiget mig med.

Dataopsamling – her kan man bl.a. bruge Micro:bitten som bl.a. kan opsamle temperaturmålinger. Fordi Micro:bitten i sig selv er både billig og ikke vejer det store, kan den kobles på andre teknologier og måle temperatur el.lign. steder hvor eleverne ellers ikke ville have mulighed for at måle. Man kan eksempelvis koble Micro:bitten på en drone og måle temperaturforskellen ved jordoverfladen og 100 m oppe i luften. Der er et hav af muligheder inden for dataopsamling, og det er nærmest kun fantasien der sætter grænser. Der hvor dataopsamling bliver særligt spændende, er når denne data senere bliver brugt til at fortælle noget om vores verden ved hjælp af en simulering.

Simuleringer er små digitale modeller af virkeligheden hvor man kan ændre på diverse inputs hvorefter simuleringens output ændres i takt hermed. Man kan eksempelvis bruge data fra tidligere og lave en simulering af temperaturforskellen ved terræn og oppe i højderne hvor brugeren af simuleringen selv kan ændre på højden hvorefter temperaturen automatisk “følger med”. Når man arbejder med simuleringer, er det vigtigt at eleverne forstår at det er en model af virkeligheden, og at der er ting simuleringen ikke tager højde for – i dette tilfælde eksempelvis vind, skygge/sol, mangelfuld data osv. Her skal eleverne selv vurdere hvilke faktorer der er vigtige at have med i simuleringen, og hvilke der kan udelades.

Animation er simuleringens lillebror som i bund og grund er en lille animeret film der viser en naturfaglig proces. Jeg har eksempelvis arbejdet med animationer i forbindelse med fotosyntese hvor 7. årgang skulle lave en lille animation som 3. årgang senere skulle se. De store elever skulle derfor nøje vælge hvad der skulle med/ikke med i deres animation, og hvordan de gjorde teorien så let at forstå at en 3.-klasseselev ville

lære noget. I forhold til at skulle arbejde med progression inden for teknologiforståelse og naturfag er det oplagt at lade eleverne starte med at lave små animationer for herefter at prøve kræfter med simuleringer da de kræver lidt flere programmeringsfærdigheder end en animation gør.

Spil – i forbindelse med naturfagsundervisningen er det også oplagt at tage fat i spilgenren. Jeg har endnu ikke selv haft mulighed for at teste det, men har planer om at mine elever skal arbejde med spil i forbindelse med immunforsvaret – hvem bekæmper hvem, og hvordan undgår kroppen et dødeligt angreb? For at kunne omsætte denne viden til et computerspil er det vigtigt at vide hvordan immunforsvaret reelt virker, og hvordan det bekæmper indtrængende sygdomme. Jeg er sikker på at spilgenren har masser af potentiale, og jeg glæder mig til at afprøve konceptet.

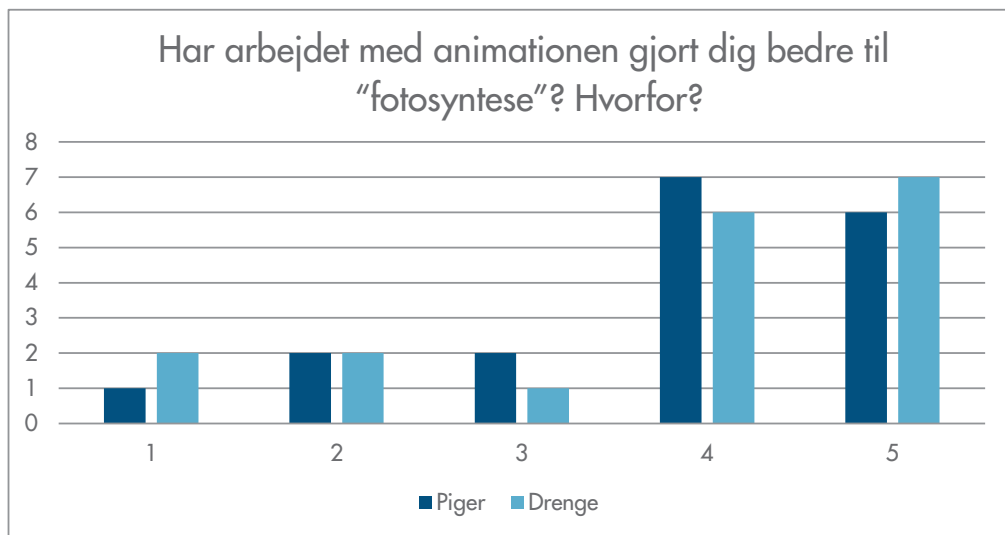
Industrimaskiner – her kan eleverne undersøge hvordan forskellige maskiner fungerer, og herved få en større forståelse for hvordan man bruger sin naturfaglige viden i virkeligheden. Jeg har elever der bl.a. har lavet en lille seismograf og printet 3-d-modeller af vindmøllevinger for herefter at undersøge hvordan aerodynamikken fungerer. Vores næste skridt er at vi skal lave en påfyldningsmaskine som skal tænde/slukke ved hjælp af en betakilde og en Micro:bit – det bliver spændende om det kommer til at fungere.

Ud over de forskellige muligheder teknologiforståelse bidrager med i naturfagsundervisningen, taler fagligheden også rigtig godt ind i den kompetenceorienterede naturfagsundervisning. Undersøgelseskompetence bliver tilgodeset ved eksempelvis dataopsamling og udvikling af diverse digitale artefakter, og modellerings- og kommunikationskompetencen kommer i spil i arbejdet med animationer og simuleringer. Udfordringen er at der p.t. ikke er udviklet særlig mange undervisningsforløb hvor naturfag og teknologiforståelse mikses, og derfor er inspiration fra andre naturfagskolleger essentielt. Undervisningsportalerne udvikler løbende nye forløb, og med tiden skal der nok komme en masse spændende undervisning også fra denne front, men som landet ligger nu, gør man klogt i at lade sig inspirere af kolleger og andre naturfagsfolk, fx på konferencer eller ved internetsøgninger (især engelske søgninger). Desuden kan de gode idéer også få liv ved hele tiden at tænke "Hvordan kan dette gøres digitalt?" og give sig selv et benspænd hvor det digitale er et must – nogle gange ender det ud i geniale idéer, andre gange knap så geniale. På denne måde kan vi alle øve os i at få det digitale integreret, og efterhånden bliver de knap så geniale idéer sorteret fra.

Et eksempel: Evaluering af 7. årgangs arbejde med fotosyntese

Det der bl.a. er særligt ved teknologiforståelse, er at tempoet bliver sat ned, og at eleverne bliver nødt til at sætte sig grundigt ind i den naturfaglige teori for at kunne udvikle deres digitale modelleringsarbejde.

Efter arbejdet med fotosyntese på 7. årgang lavede vi en lille undersøgelse som absolut ikke er videnskabelig, men giver et fingerpeg om hvordan eleverne har haft det med at arbejde med programmering. Vi spurgte bl.a. eleverne om arbejdet med animationen havde gjort dem bedre til “fotosyntese” (jf. figur 1). Svaret var meget klart, og langt de fleste elever mente at de af en eller anden grund var blevet dygtigere efter animationsarbejdet. Det bør også tilføjes at vi inden animationen havde lavet forskellige undersøgelser, holdt oplæg, læst tekster osv., men at eleverne stadig var usikre på hvad fotosyntese egentlig var for en størrelse, hvorfor vi besluttede at de skulle fordybe sig i “fotosyntese” og lave en animation som vores 3. årgang skulle have glæde af.



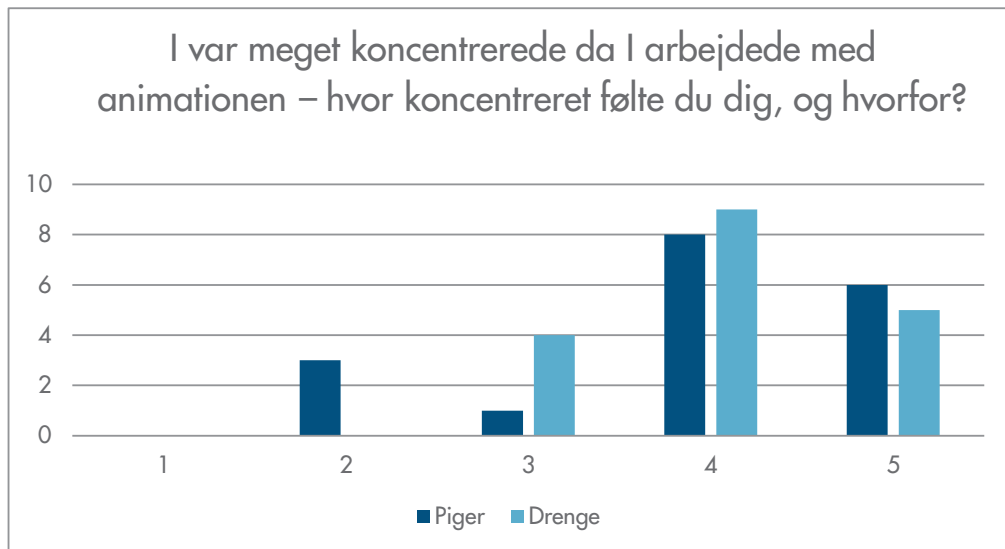
Figur 1. 7. årgangs svar vedr. arbejdet med animationen “fotosyntese”. I søjlediagrammet er 1 = [jeg lærte ikke noget], og 5 = [jeg lærte meget].

Når man kigger på elevernes begrundelser (figur 2), handler det meget om at programmeringsarbejdet (i Scratch) krævede stor koncentration, at man var nødsaget til hele tiden at være fokuseret, og at man skulle forklare “fotosyntese” til andre – ikke mindst til en knap så intelligent computer.



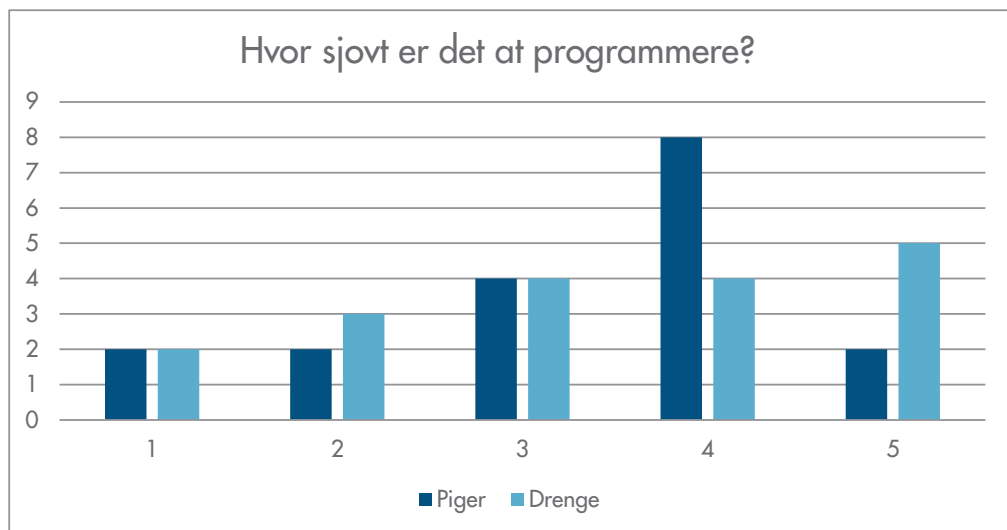
Figur 2. Elevernes svar på hvad de har lært om fotosyntese, og hvorfor. Lyseblå er drengenes kommentarer, og rød er pigernes.

Da eleverne arbejdede med deres animation, havde vi valgt at de skulle arbejde i grupper, men at man hver for sig skulle lave sin egen animation. Dvs. at man i gruppen kunne hjælpe hinanden med at programmere, men der var ikke nogen der ikke var i gang hele tiden. Det var ret fantastisk at opleve samtlige elever i en ellers meget livlig klasse arbejde fuldstændig fokuseret, og der var 100 % arbejdsro. Jeg skal ikke kunne sige hvad dette skyldes. Måske handler det om at selve programmeringsarbejdet kræver at man koncentrerer sig utrolig meget, eller at alle elever havde en veldefineret opgave med et klart formål. Under alle omstændigheder var der fuldt fokus i klassen, hvilket eleverne også selv oplevede (jf. figur 3).



Figur 3. 7. årgangs svar vedr. koncentration i arbejdet med animationen "fotosyntese". I søjlediagrammet er 1 = [jeg kunne ikke koncentrere mig], og 5 = [jeg var meget koncentreret].

En anden spændende iagttagelse vi gjorde os da vi evaluerede vores undervisning, var at det ikke kun var drengene der syntes at det havde været "sjovt" at arbejde med programmering. I medierne hører vi ofte at pigerne ikke er så glade for at programmere, og at det generelt er svært at få dem til at arbejde med programmering. På 7. årgang var dette ikke tilfældet, og det er tydeligt at se ud fra elevsvarene at pigerne syntes det var "sjovt" at programmere, og faktisk er der flere piger end drenge der synes det (jf. figur 4).



Figur 4. 7. årgangs svar på hvor sjovt det er at programmere. I søjlediagrammet er 1 = [meget kedeligt], og 5 = [meget sjovt].

Kigger man på elevernes uddybende svar i forhold til evalueringen, kan man se at pigerne har det o.k. med at programmere, men at det ikke er noget de ville gøre derhjemme af sig selv. Men på trods af at det ikke er noget de vil gøre frivilligt, må vi se det som positivt at så stor en del af pigerne og eleverne generelt synes at det har været sjovt at programmere – måske er det nyhedens glæde, selve opgaven, den store koncentration eller noget helt andet, men det er for mig et tegn på at programmering sagtens kan indgå for hele klassen i undervisning inden for teknologiforståelse.

Teknologiforståelse i fremtiden

Det bliver spændende at se hvad teknologiforståelse er for en størrelse om ti år, og ikke mindst om fagligheden har fået sit eget fag, eller om den blot er integreret i skolens resterende fag.

I min optik er der ingen diskussion om at fagligheden bør integreres i skolen i en både-og-version. På denne måde får man i faget trænet selve fagligheden (programmering, designprocesser osv.) for herefter at kunne bruge disse kompetencer i skolens resterende fagrække. Min egen erfaring er at introduktionen til et nyt computerprogram eller en ny teknologi er lidt af en tidsrøver, og at man som lærer til tider dropper at arbejde med teknologiforståelse simpelthen fordi man ikke har tid, hvilket er rigtig ærgerligt. Desuden er der meget af fagligheden der ikke rigtig hører til i de allerede eksisterende fag, så hvem skal tage sig af dette hvis teknologiforståelse skal ind i fagene? Hvis teknologiforståelse ender som sit eget fag, ser jeg også en del

problematikker, bl.a. at man risikerer at det kun er få lærere der beskæftiger sig med faget, og at fagligheden bliver en lidt nørdet størrelse som kun vedrører de lærere der underviser i det. Desuden vil det være rigtig ærgerligt hvis fagligheden ikke kommer i spil i skolens eksisterende fag, da faget i sig selv taler til at blive brugt i virkelighedsnære, komplekse problemstillinger. Det er ikke gratis at lave et nyt fag, og det koster både uddannelse og tid, og man kan frygte at den endelige beslutning kommer til at falde på den billigste løsning. Et nyt fag vil kræve linjefagsundervisning, hvorimod en integration i den allerede eksisterende faglighed blot kræver kompetenceløft – som i værste fald kan blive et selvstudie. Desuden er der hele tidsaspektet – hvis teknologiforståelse ender med at blive et fag, kræver det undervisningstid til dette fag, og hvor skal den tid komme fra? Hvilke andre fag kan gå ned i timetal for at give plads til teknologiforståelse? Jeg har ikke nogen gode bud, men ved bare at teknologiforståelse er et must, og at vi bliver nødt til at investere i faget.

Som situationen er p.t., er der også en del udfordringer i forbindelse med undervisningsmaterialer og lærerkompetencer. Som tidligere beskrevet skal der nok blive udviklet en masse spændende undervisning, men det tager tid, og går udviklingen af materialer for langsomt, risikerer man at folk dropper teknologiforståelse simpelthen fordi det er for svært at finde kvalificeret materiale. Den klart største udfordring er lærerkompetencer. I min optik er det vigtigt at lærerne føler sig trygge i denne faglighed førend det bliver en succes, og her er det vigtigt at tage højde for kompetenceudvikling inden for alle kompetenceområderne – ikke bare programmerings- og designkurser, men også kompetenceudvikling inden for digital myndiggørelse og computationel tankegang. Jeg er godt klar over at kompetenceudvikling ikke er gratis, men vi bliver simpelthen nødt til at investere i denne faglighed hvis det skal blive en succes, og mon ikke det lønner sig i sidste ende når udfaldet bliver digitalt reflekterede unge mennesker som ovenikøbet er i stand til at udvikle og skabe digitale artefakter der kan gøre en forskel for andre mennesker.

Nyttige links

<https://emu.dk/grundskole/teknologiforstaelse>

<https://tekforsøget.dk>

Matematik B: Regningen skal betales



Niels Grøn bæk,
København s Universitet



Britta Jessen,
København s Universitet



Carl Winsløw,
København s Universitet

Abstract: *Hvad gik galt ved sommereksamen 2019 på det gymnasiale B-niveau i matematik? Var kravene for høje, eller havde eleverne lært for lidt? Hvad skal der gøres fremadrettet? Vi ser på disse spørgsmål på baggrund af Matematikudredningens og Matematikkommissionens anbefalinger, særlig de som (endnu) ikke er fulgt.*

Sommereksamen 2019 i matematik på B-niveau har allerede i skrivende stund fået en vis offentlig opmærksomhed, typisk med overskrifter der handler om katastrofale tilstande i gymnasiets matematik. I offentligheden florerer så de enkle "løsninger": adgangskravene til gymnasiet skal skærpes, timetallet til matematik må sættes op, opgaverne og/eller kernestoffet er for krævende, etc.

Trods nuanceforskelle for de fire gymnasiale uddannelsesformer, er det klart at eksamen ikke er gået særlig godt denne gang: fx har man på STX, Mat. B været nødt til at reducere den andel af opgaverne, som eleverne skal have besvaret korrekt for at få 02, til blot 20,5%. Vi fokuserer i det følgende på STX, Mat. B.

Gennem vores arbejde i Matematikkommissionen (2016) og med den forberedende Matematikudredning (2015) har vi beskæftiget os ret indgående med indhold og udfordringer i den gymnasiale matematik, ikke mindst på B-niveauet. Reformen af læreplanerne blev skrevet og implementeret få måneder efter offentliggørelsen af Matematikkommissionens rapport. Den mere ambitiøse læreplan skulle gennemføres samtidig med en politisk beslutning om at gøre Mat. B obligatorisk for nye og store grupper af elever, der ellers ville have valgt det fra. Reformen blev alene baseret

på anbefalingerne vedr. læreplanernes indhold, mens man tilsyneladende valgte at ignorere Matematikudredningens kortlægning af andre centrale udfordringer, som allerede fandtes i 2015, fx vedr. overgangsproblemer og efteruddannelsesbehov, og som også refereres i Matematikkommissionens rapport. En mere detaljeret redegørelse herfor skal forholde sig til hele den empirisk baserede udredning af problemerne som allerede er publiceret for 4 år siden. Det falder uden for denne kommentars rammer.

Den aktuelle situation er imidlertid ikke overraskende. Man har fra politisk hold afgivet en stor ordre uden at se på regningen. Man har forlangt mere matematik til større elevgrupper uden investering i den nødvendige understøttelse af lærerarbejdet. Manglen på matematikundervisere og de store sparerunder på gymnasierne har endda yderligere vanskeliggjort lærernes vilkår for at løfte den større opgave. Endelig har man heller ikke undersøgt hvilke tiltag, der er nødvendige i folkeskolens matematikundervisning, for at understøtte det politiske ønske om at flere elever skal have matematik på et højere niveau. Som vi skal se, er indgangsniveauet i matematik i hvert fald en del af udfordringerne i gymnasiet. Og der er en uheldig politisk tendens til at betragte og behandle folkeskole og gymnasium som om de var uafhængige af hinanden.

Vores anliggende med denne tekst er ikke at anvise snuptagsløsninger, men at pege på nogle af de dybere sider af problemerne, som tilsyneladende er ukendte for beslutningstagerne. Vi tager her udgangspunkt i to af årets opgaver, som på hver sin måde er symptomatiske for disse problemer. De elevresultater vi nævner, bygger på en stikprøve i form af en censorportefølje med 125 besvarelser fra gymnasier fordelt over landet.

Den første er fra Delprøve 1, hvor formelsamling er det eneste tilladte værktøj. Den omhandler reduktion af algebraisk udtryk og kunne også have været en opgave før reformen. Det nye er at den er klassificeret som en mindstekravsopgave. Mindstekravsopgaver er et koncept som Matematikkommissionen har anbefalet. Mindstekravsopgaver peger samlet på hvad der skal til for få mindst 02. Man kan diskutere brugen af begrebet i årets sæt, men det er et faktum at eleverne i år kunne bestå uden at løse mindstekravsopgaverne.

Opgaven giver op til 5 point (af 200 mulige). I stikprøven opnår eleverne gennemsnitligt 2,16 point, svarende til 43% af den mulige pointscore.

Opgave 2

Reducerer udtrykket $(a + b)^2 - b \cdot (2a + b)$

Opgavens løsning kræver brug af algebraiske basisregler (kvadrat af toledet størrelse, distributive lov mv). De fleste mister points ved kun at kunne dette delvist, fx ved at

glemme det dobbelte produkt eller lave fortegnstegn ved hævning af minusparenteser, men en del elever besvarer opgaven vha. transformationer som er helt frit opfundne, eksempelvis $(a + b)^2 - b \cdot (2a + b) = a^2 + b^2 - 2a + b = 2a + 2b - 2a + b = 3b$ $(a + b)^2 - b \cdot (2a + b) = a^2 + b^2 - 2a + b = 2a + 2b - 2a + b = 3b$. Kun 24 % af stikprøvens 125 elever kan gøre dette fejlfrit.

Opgaven kunne i princippet være stillet ved folkeskolens afgangsprøve (og tilsvarende, typisk lidt enklere opgaver, stilles da også der). Der er klart tale om en færdighed, som i hvert fald i et vist omfang burde have været opnået i folkeskolen. Af data fra folkeskolens afgangsprøve (færdighedsregning, 9. kl.) fremgår, at kun ca. 60% af eleverne ved folkeskolens afgangsprøve behersker de allersimpleste operationer med brøker. I parentes bemærket gælder det ca. 95% af eleverne ved tilsvarende tests efter 6. klasse i Japan. Og der er stærk forskningsevidens for, at grundforudsætninger for succes med gymnasial matematik etableres tidligt i skoleforløbet, og fx er elevernes færdigheder i brøkregning omkring 5./6. klasse en stærk pr diktator for succes med matematik på gymnasialt niveau, også når der korrigeres for andre faktorer som køn, social baggrund, osv. (se fx Siegler et al., 2012). En af forklaringerne er, at br kregningen indeholder de aritmetiske grundprincipper, som efterfølgende skal bruges i den basale algebra (bogstavregning). Resultatet viser sig tydeligt her, hvor vi endda taler om elever som har valgt og er blevet optaget på STX, og som derefter har haft matematik gennem yderligere to år i gymnasiet.

Problemet, som elevresultaterne i Opgave 2 udstiller, er meget alvorligt. Der er meget lidt af gymnasimatematikens opgaver og teori som ikke i et eller andet omfang bygger på basal algebra af den art som opgaven tjekker elevernes greb om. Algebraiske grundf rdigheder er uundværlige i al videregående uddannelse der i blot mild form bygger på matematik (herunder matematiske modeller). Der er derfor helt utvivlsomt behov for en ny og langt mere eksplicit fokus på basal algebra både i skolematematikken, i gymnasimatematikken og på de tilsvarende læreruddannelser. En del af denne indsats handler om at udvikle en mere kritisk og vidensbaseret brug af CAS-værktøjer i matematikundervisningen på alle niveauer af uddannelsessystemet.

Opgave 10

Et lykkeshjul består af 25 felter. Det antages, at sandsynligheden for at lykkeshjulet stopper på et vilkårligt felt, er den samme for alle felter. En spiller formoder, at lykkeshjulet stopper oftere på felt nr. 1 end på ét af de øvrige felter. Ved en optælling af resultatet af 490 spil stoppede lykkeshjulet 30 gange på felt nr. 1.

- a) Opstil en nulhypotese, der kan bruges til at teste, om spilleren har ret i sin formodning.*
- b) Benyt et binomialtest til at undersøge, om man kan forkaste nulhypotesen på et 5% signifikansniveau.*

Den anden opgave (opgave 10 i delprøve 2) omhandler “hypotesetest i binomialfordelingen”, som fra 2017 er en del af kernestoffet på dette niveau (Undervisningsministeriet, 2017b). Selvom der er tale om et nyt emne ved skriftlig eksamen har det formentlig været på dagsordenen i en del klasser før reformen, fordi der var krav om at behandle både chi-i-anden testen og “yderligere mindst én anden statistisk eller sandsynlighedsteoretisk test” (Undervisningsministeriet, 2013).

Opgaven er delt i to delspørgsmål, begge til 10 point. I stikprøven var den gennemsnitlige score hhv. 34% og 28%.

En del elever har blandet spillerens formodning sammen med den nulhypotese, man skal opstille i a). Eleven skal også bestemme sandsynlighedsparameteren p for basiseksperimentet, og afklare den alternative hypoteses sammenhæng med $p > p_0$, $p < p_0$, $p \neq p_0$, svarende til højre, venstre og tosidig test. Delspørgsmål b) løses med brug af computer. Teknisk set drejer det sig om korrekt indtastning i diverse kommandoer (afhængig af matematikværktøj, men typisk ret simpelt). Hvor let det er for eleverne, afhænger naturligvis af om deres lærer har set behovet for at træne denne type opgaver med eleverne. Men man kan næppe stille en mere “standardiseret” opgave i emnet hypotesetest end denne.

Man kan argumentere for, at hvis denne type opgave fremadrettet bliver en fast del af de skriftlige eksamener, vil de gå bedre fordi de bliver trænet mere intensivt. Et af de grundproblemer, som udpeges i Matematikudredningen, var dog netop træning af standardopgaver som kan løses med CAS-kommandoer uden indsigt i den bagvedliggende betydning og teori. Som en lærer formulerede det (Jessen, Holm & Winsløw, 2015, s. 13): “man skal som lærer være idealistisk for at holde fanen højt og undervise sine elever, så de bliver gode til matematik, når eleverne kan klare sig lige så godt til eksamen ved en undervisning, der er fokuseret på CAS-kommandoer og modelbesvarelser”.

Det vil dog stride mod helt fundamentale mål i reformen at stille de samme typeopgaver ved hver eksamen, med risiko for at undervisningen reduceres til træning af standardteknikker og skabelonbesvarelser. Netop sandsynlighedsteori og statistik er betonet, fordi de kan bruges til at modellere mange vigtige fænomener. At lære det kræver dog en undersøgelsesorienteret tilgang (jf. Artigue & Blomhøj, 2013), hvor man ikke kun træner standardmetoder, men også får indsigt i disses betydning og teoretiske baggrund. Undersøgelsesorienterede tilgange stiller langt større krav til lærerne end undervisning i standardmetoder og -beviser. Der er specielt behov for efteruddannelse i direkte tilknytning til nye og forskningsbaserede undervisningsmaterialer som de, der er udarbejdet i europæiske projekter som MERIA¹ (2019) og

1 Dette projekt blev gennemført med støtte fra ERASMUS+ af forskere og matematiklærere fra flere lande i Europa. Fra Danmark deltog Matematiklærerforeningen og artiklens forfattere.

PRIMAS (Garcia et al., 2013), hvor man bl.a. kan finde omfattende og veldokumenterede undervisningsmaterialer, samt synteser af forskningslitteratur som kan give lærerne fast grund under fødderne i det videre arbejde med at tilpasse materialet og udvikle nyt. Det er også klart, at der er behov for initiativer som sikrer at elevernes tekniske grundlag fra folkeskolen er på plads, herunder at eleverne behersker aritmetikkens basale love og kan bruge dem til elementær bogstavregning. Ganske vist indfører reformen en screeningtest i slutningen af grundforløbet i 1.g. Screeningen skal danne baggrund for elevernes valg af niveau (C, B, A) og klargøre om eleven har de nødvendige forudsætninger i beredskab. Der findes vejledende screeningstest fra ministeriet, men reelt er det helt op til den enkelte skole at udforme testen, evaluere elevernes præstationer og drage konsekvenser af testresultatet. Det er åbenbart at denne øvelse er resursekrævende og kan falde meget uensartet ud for de forskellige gymnasier. Men vigtigere er det, at kravene om Mat. B til meget brede elevgrupper betyder, at målrettede styrkelses i folkeskolens matematik er påkrævede, hvad resultaterne i Opgave 2 som sagt allerede illustrerer.

Problemet med det aktuelle eksamenssæt er altså ikke at nogle af de "nye" opgaver endnu ikke er blevet så velkendte standardopgaver, at alle elever har trænet dem tilstrækkeligt til at bestå. Sættet afspejler reformens intentioner og opgavestoffet må ikke standardiseres yderligere end tilfældet er nu. Det er vigtigt at fastholde læreplanernes faglige ambitionsniveau.

Hovedudfordringen er rent faktisk at gennemføre reformens ambitioner om, at eleverne lærer matematisk teori og praksis i sammenhæng og på et niveau, hvor de kan løse opgaver de ikke har set mage til før. Forhindringerne er i vidt omfang kendte (nogle er nævnt ovenfor, flere i Matematikudredningen) – men der er ikke for alvor taget fat på dem, hvilket nu har vist sig. Man kan ikke forlange en dyrere ret til flere gæster, og forvente at regningen forbliver den samme.

Referencer

- Artigue, M., & Blomhøj, M. (2013). Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. *ZDM*, 45(6), 797-810.
- García, F. J. (Ed.) (2013). Guide for professional development providers, Primas – Promoting Inquiry in Mathematics and Science Education Across Europe. Retrieved from: file:///Users/lpz728/Downloads/FINAL_WP4_Guide_PD_providers_licence_150708.pdf
- Jessen, B. E., Holm, C., & Winsløw, C. (2015). *Matematikudredningen: Udredning af den gymnasiale matematiks rolle og udviklingsbehov*. Copenhagen: Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet (IND's Skriftserie nr. 42).
- MERIA (2019). The Project MERIA. Retrieved from: <https://meria-project.eu/>

Siegler, R. S., Duncan, G. J., Davis-Kean, P. E., Duckworth, K., Claessens, A., Engel, M., Susperreguy, M., Chen, M. (2012). Early Predictors of High School Mathematics Achievement. *Psychological Science*, 23(7), 691-697.

Undervisningsministeriet. (2013) Bilag 36, Matematik B – stx, juni 2013. København: Undervisningsministeriet. <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=152507#Bil36>

Undervisningsministeriet. (2017a). *Matematikkommissionens rapport*. København: Undervisningsministeriet. Retrieved from <https://www.uvm.dk/aktuelt/nyheder/uvm/udd/gym/2017/jan/170116%20anbefalinger%20skal%20styrke%20matematikundervisningen%20i%20gymnasiet>

Undervisningsministeriet. (2017b). Bilag 112, Matematik B – stx, august 2017. [file:///Users/lpz728/Downloads/Matematik-B-stx-august-2017%20\(9\).pdf](file:///Users/lpz728/Downloads/Matematik-B-stx-august-2017%20(9).pdf)

Kommentarer

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

Potentialer og problemer ved undersøgende matematikundervisning



Charlotte Krog Skott,
Institut for læreruddannelse,
Københavns Professions-
højskole



Jeppe Skott,
Institut for matematik,
Linnéuniversitetet, Sverige

Kommentar til Dorte Moeskær Larsen og Bent Lindhardts artikel "Undersøgende aktiviteter og ræsonnementer i matematikundervisningen på mellemtrinnet", MONA, 2019-1.

Undersøgende aktiviteter har en bred appel i diskussionen om matematikundervisning på alle skoleniveauer. Det har de både af almenpædagogiske og af faglige og fagdidaktiske årsager. Til de første hører visioner om engagerede elever der føler sig set og accepterede, som tager ansvar for sig selv og hinanden, og som lærer og udvikler sig af at gøre det. Til de fagrelaterede årsager hører et udvidet syn på faget der inkluderer en procesvinkel som ikke udelukkende betragter matematik som en samling af begreber, færdigheder og resultater som eleverne skal beherske. Matematisk kommunikation, problemløsning og ræsonnement er eksempler på processer som i denne tænkning både er mål og midler i undervisningen, idet eleverne fx skal lære sig at løse matematiske problemer, og de skal lære sig anden matematik af at gøre det. Procesorienteringen har som en grundlæggende idé at elever på alle niveauer ikke bare skal lære *hvad* de skal tænke i matematik, men også *hvordan* de skal tænke. Formuleret i dannelsesstermer involverer det et stærkere element af formaldannelse end tidligere tiders ensidige fokus på matematiske indholdskategorier.

Imidlertid har det vist sig sværere end forventet at indfri forventningerne til undersøgende matematikundervisning, i hvert fald når det kommer til de faglige potentialer. Det er derfor vigtigt med interventionsprojekter som *Kvalitet i dansk og matematik (KiDM)* der sætter fokus på undersøgende aktiviteter og på undervisning med dem.

Larsen & Lindhardt (2019) introducerer i et tidligere nummer af *MONA* arbejdet med KiDM. I denne kommentar til artiklen resumerer vi først artiklen, og vi diskuterer siden hvordan vi ser den i sammenhæng med tidens krav til procesorientering af matematikundervisningen. Kommentaren bliver da en refleksion over de nogle af de

problemer der synes at være med at indfri potentialerne med procesorienteringen. I den sammenhæng fokuserer vi på matematiske ræsonnementer der er den gennemgående faglige proces i artiklen af Larsen & Lindhardt.

Et kort resumé

Larsen & Lindhardt redegør indledningsvist for en kategorisering af undersøgende aktiviteter. Den er udviklet i KiDM med henblik på at støtte projektlærerne i bedre at kunne "se" muligheder og nuancer i undersøgende aktiviteter. Kategoriseringen indeholder 5 typer aktiviteter: 1) *opdagelsen* (sammenlignelig med Freudenthals begreb om *guided reinvention*), 2) *grubleren* (fx gåder), 3) *produktet* (fremstilling af et produkt der kan virke), 4) *målingen* (fx at undersøge indeklimaet på en skole ud fra forskellige målinger), 5) *modellering* (at indgå i hele eller dele af en modelleringsproces). De fem kategorier beskrives nøje i forhold til dels deres undersøgende sigte, dels deres undersøgelsesaspekt (om problemstillingen er givet på forhånd eller ikke) og åbenhed ud fra problem, metode og resultat set fra et både elev- og lærerperspektiv. Larsen & Lindhardt påstår ikke at kategoriseringen er hverken absolut eller dækkende, men den giver et godt grundlag for at diskutere og afklare hvad der karakteriserer undersøgende aktiviteter.

Larsen & Lindhardt formulerer indledningsvis den hypotese at der er forskel på elevernes ræsonnementer afhængigt af hvilken kategori af aktivitet de arbejder med. Anden del af hypotesen er at forskellene kan have implikationer for hvordan læreren skal gribe den afsluttende opsamling an der følger efter elevernes individuelle eller gruppevise arbejde. Til undersøgelse af hypotesen udvælger forfatterne to oplæg der relaterer til aktivitetskategorierne *opdagelsen* og *grubleren*. I det første tilfælde skal eleverne dele et rektangel, en lasagne, i fire lige store stykker. I det andet tilfælde får eleverne seks lige tal der hver angiver summen af vægten af to pakker. Opgaven er at finde hvad hver af de fire pakker der indgår, kan veje. De to oplæg er valgt fordi der var mange elevræsonnementer knyttet til opsamlingerne på elevernes arbejde med dem. Det er således uklart om artiklens eksempler på elevræsonnementer er repræsentative, eller hvordan kvaliteten af dem er sammenlignet med de andre i KiDM.

Larsen & Lindhardt opsummerer resultaterne ved at påpege at i opsamlingerne på *opdagelses*-aktiviteten fik eleverne plads til at præsentere deres forslag, men lærerne var ofte så optaget af at komme frem til resultatet på undersøgelsen at de ikke fokuserede på ræsonnementerne som derfor ikke fik matematisk karakter. I forbindelse med *grubler*-aktiviteten fik eleverne i opsamlingerne generelt mulighed for at forklare hvad de havde tænkt i arbejdet med oplægget, men også i dette tilfælde fik argumenterne sjældent matematisk karakter. En undtagelse synes at være i en klasse hvor de har set at vægten på hver af de fire pakker enten alle er lige eller alle ulige. Der er da en elev,

Vilfred, der udvikler et argument for at summen er lige både hvis begge addender er lige, og hvis de er ulige. Det er selvfølgelig et argument for den omvendte sætning til den de egentlig var interesserede i: at hvis en sum af to naturlige tal er lige, så er de enten begge lige eller begge ulige. Det er dog væsentligere i sammenhængen at Vilfred får masser af roser fra læreren, men at det er tvivlsomt om det bliver klart for de fleste elever i klassen hvorfor Vilfreds argument er bedre matematisk set end andre argumenter for sætningen, og hvorfor argumentet er vigtigt ikke bare for Vilfred selv.

De eksempler som Larsen & Lindhardt giver, er et første svar på deres væsentlige hypotese om at der kan være forskelle på de faglige potentialer i undersøgende aktiviteter afhængigt af undersøgelsens karakter. Imidlertid synes der at være en anden pointe som ligger i forlængelse af en mængde andre undersøgelser af undervisning med et lignende fokus på faglige processer: Potentialerne lader sig sjældent realisere. For at uddybe den pointe refererer vi til den bredere diskussion af procesorienteret matematikundervisning.

Undersøgende matematik og tidens reformforslag for undervisningen

Procesorientering er som nævnt et gennemgående tema i de sidste mange års forslag til reformer af matematikundervisningen. Det ses internationalt afspejlet fx i USA i NCTMs *process standards* (NCTM, 2000), i Common Core State Standards' *standards for mathematical practice* (National Governors Association Center for Best Practices, 2010) og i Mathematics Learning Study Committees *mathematical proficiency* (National Research Council, 2001). På dansk grund genfindes procesorienteringen i nogle af kompetencerne i Kompetencerapporten (Niss et al., 2002), som også har fået stor international bevågenhed.

Desuden har ikke mindst matematiske ræsonnementer en meget længere historie i matematikkens didaktik, og det er blevet påpeget at skolefaget næppe kan benævnes matematik hvis de ikke har en sådan plads. Som Freudenthal (1980) sagde: “[...] – der begynder matematikken jo: med at retfærdiggøre det man ser ved første øjekast, hvad intuitionen siger én, hvad der synes selvindlysende” (s. 635, vores oversættelse). Lampert (1990) formulerede det ti år senere sådan: “Matematisk diskurs drejer sig om at finde ud af, hvad der er sandt, når først [deltagerne] er blevet enige om deres definitioner og antagelser” (s. 42). Og som nævnt har ethvert forslag til reform af matematikundervisningen siden fokuseret på matematiske ræsonnementer.

Det synes som om undersøgende matematikundervisning ofte ses som en garant for reformens prioritering af faglige processer, inklusive matematiske ræsonnementer. Det er dog efterhånden en gammel sandhed at det ikke er let at få de faglige prioriteringer i reformen til at få en central plads i undersøgelserne, og der er mange

eksempler på at processerne mister deres faglige specificitet når elever engagerer sig i undersøgelser. Eleverne snakker med hinanden i grupper og på klassen, men det forbliver uklart om der er noget specielt der karakteriserer *matematisk* kommunikation, de formulerer ting man kan undersøge, uden at det af den grund bliver indlysende hvad det er for typer af problemer og løsninger der er specifikt matematiske, og de beskriver hvordan de har tænkt, men ofte bliver der ikke tale om noget der med rimelighed kan karakteriseres som et *matematisk* ræsonnement. I det sidste tilfælde mister ræsonnementet således sin deduktive karakter.

En afsluttende fundering

Problemerne med matematiske ræsonnementer i undervisningen bliver også eksemplificeret i de eksempler som Larsen & Lindhardt giver fra KiDM. I *opdagelses*-aktiviteten hvor eleverne skal dele et rektangel, er det for eksempel tvivlsomt om eleverne lærer hvad der kendetegner et matematisk ræsonnement, og det er uklart hvad de lærer fx om arealer af de trekantede der indgår i deres forslag til løsning. Matematiske ræsonnementer realiseres således hverken som mål eller som middel i denne aktivitet.

Man kan blive lidt mismodig når man ser at det ofte er umuligt eller i hvert fald meget sværere end først antaget at udvikle den matematiske karakter af de ræsonnementer eleverne arbejder med. Mange årtier efter påpegningen af behovet for fokus på ræsonnementer i undervisningen og efter mængder af udviklingsprojekter er vi ikke kommet så langt som man kunne ønske sig. Man må stille sig spørgsmålet om hvordan Freudenthals retfærdiggørelser og Lamperts sandhedssøgen kan få matematisk karakter (jf. citaterne ovenfor)?

Eksemplerne fra Larsen & Lindhardts artikel indikerer at det er en nødvendig forudsætning at udvikle de måder klassesamtaler håndteres på. Det er da ikke nok at involvere eleverne i undersøgende aktiviteter uanset hvilken karakter undersøgelserne har. Der er i den sammenhæng inspiration at hente fra ikke mindst amerikansk matematikdidaktik. Fx har Smith & Stein (2011) udviklet en beskrivelse af fem ganske konkrete praksisser der skal øge kvaliteten af klassesamtaler i matematik. Det er stadig ikke en let sag at gøre, og det kræver fagligt meget veluddannede lærere der har tid til forberedelse og sikkert også til samarbejde. Man kan med god ret hævde at rammevilkårene i en dansk sammenhæng ikke er optimale. Til trods for det er der inspiration at hente hos fx Smith & Stein.

Vi begyndte vores refleksioner, som er inspireret af Larsen og Lindhardts artikel, med en kommentar om at der er både almenpædagogiske og faglige grunde til at arbejde med undersøgelser. Den første gruppe af grunde minder os om en kommentar fra Mogens Nielsen, pædagogisk filosof på den for længst nedlagte Danmarks Lærerhøjskole. Han sagde i forbindelse med en diskussion om demokrati i undervisningen at

det primært er et spørgsmål om atmosfære. Vi mener altså ikke vi skal være blinde for at undersøgende matematikundervisning kan være med til at skabe en atmosfære hvor eleverne tages alvorligt, deres bidrag værdsættes, og deres aktivitet støtter en udvikling af fælles ansvarlighed. Tværtimod. Vores lidt mere kritiske overvejelser drejer sig om at undersøgende undervisning i praksis har sværere ved at leve op til de faglige potentialer. Moralen, som vi ser underbygget af Larsen & Lindhardts artikel, er at vi må blive meget bedre til at styrke de faglige elementer i undersøgelserne. Det er nødvendigt hvis matematisk kommunikation ikke skal degenerere til smalltalk, hvis de problemer og løsninger der arbejdes med og accepteres, skal have matematisk karakter, og hvis de argumenter eleverne arbejder med, skal blive deduktive. Det er fuldt foreneligt med undersøgelsernes almene bidrag. Men det er nødvendigt hvis deres faglige potentialer skal indfries.

Referencer

- Freudenthal, H. (1980). IOWO – Mathematik für Alle und Jedermann. *Neue Sammlung*, 20(3), s. 633-654.
- Lampert, M. (1990). When the problem is not the question and the solution is not the answer: mathematical knowing and teaching. *American Educational Research Journal*, 27(1), s. 29-63.
- National Research Council. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. J. Kilpatrick, J. Swafford & F. Bradford (red.). Washington, D.C.: National Academy Press.
- National Governors Association Center for Best Practices. (2010). *Common Core State Standards Mathematics*. Set 4. juli 2019 på http://www.corestandards.org/wp-content/uploads/Math_Standards1.pdf
- NCTM. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. USA: The National Council of Teachers of Mathematics, Inc.
- Niss, M., Jensen, T.H., Andersen, T.B., Andersen, R.W., Christoffersen, T., Damgaard, S., Gustavsen, T., Jess, K., Lange, J., Lindenskov, L., Meyer, M.B. og Nissen, K. (2002). *Kompetencer og matematiklæring. Ideer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark*. København, Danmark.
- Smith, M.S. & Stein, M.K. (2011). *5 Practices for Orchestrating Productive Mathematical Discussions*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics & Corwin.

Når engineering spirer nedefra



Anna Hermanssen Clausen,
Firkløverskolen, Give

Kommentar til Sølberg og Waaddegaard: "Hvad ved vi om indsatser inden for engineering i den danske grundskole gennem de sidste 10 år?", MONA, 2019(2).

I "Hvad ved vi om indsatser inden for engineering i den danske grundskole gennem de sidste 10 år?" gives der udtryk for at der har været rigtig mange indsatser i grundskolen inden for de sidste ti år der omhandler engineering i bred forstand. Jeg kan konstatere at indsatserne der er kortlagt i undersøgelsen, i meget høj grad finder sted hos de ældste elever i grundskolen.

Jeg mener at vi må skabe interessen og motivationen mens eleverne er små, for at den er der i de ældste klasser. De skal kunne genkende processerne hele vejen op gennem skoleforløbet så det er indholdet og den udvikling de selv gennemgår, der får ny karakter. Engineering i skolen startede for mit vedkommende i efteråret 2017 hvor Vejle Kommune kom med i pilotprojektet om "engineering i skolen". Samtidig med projektet tog ca. 15 andre naturfagslærere fra Vejle Kommune og jeg diplommodulerne til naturfagsvejleder. De praktiske eksempler fra "engineering i skolen" sammenholdt med teorien fra vejledermodulerne gav mig initiativ, motivation og inspiration til at udarbejde mine egne engineeringforløb tilpasset til indskoling.

Jeg har altid lagt op til at eleverne selv har eksperimenteret i en del af natur/tekniktimerne. Jeg har før brugt et projekt jeg kaldte "opfinderspiren", i 0.-2. klasse. Her skulle eleverne selv finde problemer som de gerne ville løse. Dog kom fantasien ofte til at tage styringen. Fx ville de lave maskiner der kunne få storebror til at lade være med at drille, eller maskiner der kunne lave uanede mængder af slik. Derfor blev prototyperne ofte meget lidt brugbare i virkeligheden. Jeg havde på det tidspunkt heller ikke de rette stilladser jeg kunne give eleverne.

Når jeg i dag har den undersøgelsesbaserede tilgang til undervisningen, er det ofte at jeg bruger engineeringprocessen. Som udgangspunkt er der en fælles hverdagsproblemstilling som skal løses, og eleverne kommer frem til en brugbar løsning. Et eksempel på et engineeringforløb jeg har lavet med mine elever, er problemstillingen: "Hvordan holder Peter sin mælk kold når skolens køleskab er gået i stykker?". Eleverne havde et konkret problem som skulle løses. For at komme i mål med projektet stillad-

serede jeg eleverne med engineeringmodellens procesdele, metodekort og logbøger. Ud fra de metodekort der er tilgængelige på astra.dk, lavede jeg mine egne kort så de var tilpasset indskolingen.

Men hvordan gjorde jeg i praksis? Eleverne og jeg startede forløbet op med at se på engineeringprocessen. Engineeringmodellen havde jeg lavet på et stort stykke papir (figur 1).



Figur 1. Engineeringmodellen (efter forlæg på <https://astra.dk/engineering/proces>).

Eleverne kunne bruge den til at se hvor i processen vi befandt os, fordi jeg satte metodekortene på den store model når vi brugte dem. Eleverne fik udfordringen, og ud fra metodekortet “problemskitse” (figur 2) med de fem hv-ord fandt eleverne, med mig som tidsstyrer, frem til hvordan kan vi løse problemet.



The diagram illustrates the 'Problem Solving Kitse' (Problem Solving Kit) process. It features a circular logo with a question mark and the text 'Forstå udfordringen' (Understand the challenge). To the right, a person's head is shown with thought bubbles containing various elements like a green alien, a red apple, and a person thinking. Below this is the title 'Problemskitse' in a large, bold, blue font. The main part of the diagram is a table with five rows, each representing a step in the problem-solving process. The table is empty, intended for students to fill in their answers.

HVAD er problemet?	
HVORFOR er problemet der?	
HVEM er det et problem for?	
HVORDAN kan vi løse problemet?	
HVAD skal vi bruge for at løse problemet? (Hvilke materialer skal vi bruge til vores prototype)	



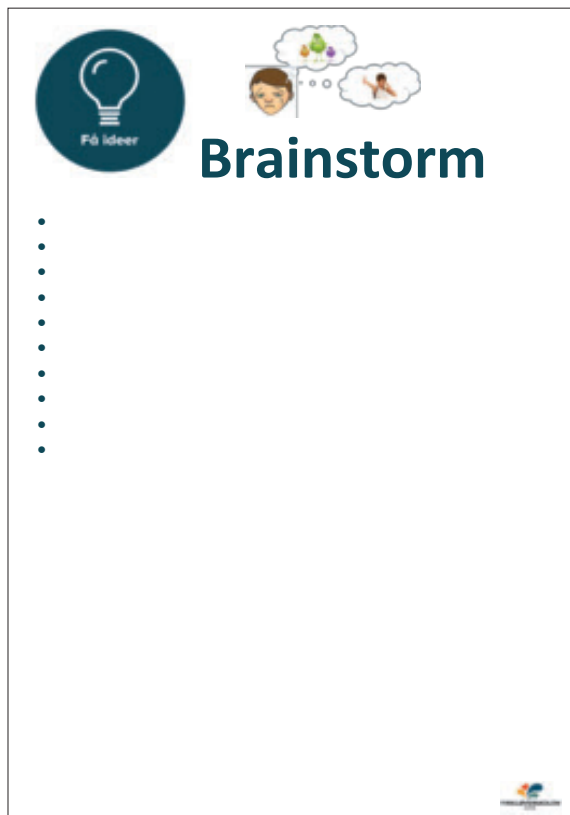
Figur 2. Metodekortet "Problemskitse" (efter forlæg på <https://astra.dk/engineering/proces>).

Derefter gik vi ind i næste del af modellen. Jeg styrede processen ved at jeg sammen med eleverne snakkede om hvilke iagttagelser vi i forvejen havde lavet om bakterier, og dermed hvilken viden vi havde. Vi kom frem til følgende ting:

- Hvor bakterierne findes
- At der findes både "gode" og "dårlige" bakterier
- Hvordan bakterier har det med kulde og varme
- Hvordan vi får mad fra landbruget (fx mælk)
- At der findes mælkebakterier
- At der er bakterier på planter
- At vand findes som væske, is og gas.

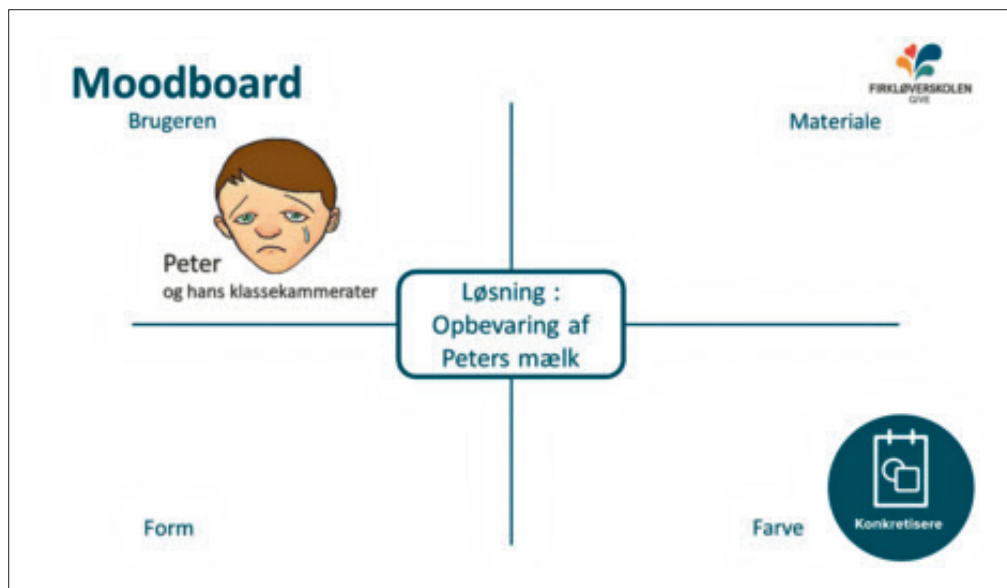
Denne viden havde eleverne fordi vi havde været med i masseeksperimentet om bakterier (læs mere om masseeksperimentet på linket <https://naturvidenskabsfestival.dk/mx/2018/resultater>), vi havde været på besøg hos en kvægbesætning på en bondegård, og vi havde haft et forløb om vands tilstandsformer.

Herefter kunne eleverne gå videre i processen. Eleverne lavede enkeltvis på begrænset tid en brainstorm (figur 3) for at få idéer til deres løsning af udfordringen.



Figur 3. Brainstorm-kortet (efter forlæg på <https://astra.dk/engineering/proces>)

Derefter lavede de fælles i gruppen moodboardet (figur 4) og en skitse af hvordan de ville konkretisere deres idéer.



Figur 4. Moodboardet (efter forlæg på <https://astra.dk/engineering/proces>).

Grupperne havde nu noget at arbejde ud fra, og de gik videre i en proces med at konstruere og forbedre – nogle var tilbage ved undersøgelsesdelen for at få mere viden og fik nye ideer osv. Nu var der ikke skarp tidsstyring længere. Jeg gik sammen med min kollega rundt blandt eleverne og guidede dem fagligt; vi gav dem også strategier til hvordan de kunne få samarbejdet til at fungere endnu bedre. Senere i processen lavede vi en fælles seance hvor de kort fremlagde deres løsninger for hinanden og gav hinanden feedback sådan at de havde flere overvejelser at bruge til at komme i mål med deres eget produkt og proces. Forløbet blev afsluttet ved at de forskellige løsninger blev præsenteret for resten af klassen. De viste deres færdige produkt, fortalte om processen og hvorfor løsningen så ud som den gjorde, hvilke ting der var særlige ved deres løsning, alt sammen på den måde som en elev i 2.-3. klasse kan.

Eleverne havde tænkt langt i deres løsninger. Som eksempel kan nævnes at en gruppe havde medtænkt at der kunne komme kondens inde i deres beholder, hvilket blev ledt ned i bunden med en slange så mælken og resten af beholderen ikke blev våd. Flere grupper havde lavet separate kølerum i deres beholder. Kølingen bestod i de fleste tilfælde af is, og det separate rum skulle være med til at sikre at der ikke skete noget med resten af beholderen når isen smeltede.

Tidsstyringen i starten af processen bliver brugt som et stillads for eleverne, blandt andet fordi eleverne ikke er ældre, og fordi modellen på det tidspunkt stadig er ny og ukendt for dem. Jeg får derved en indikator af at alle elever og grupper kommer i gang og har noget at arbejde videre med. Metodekortene, som jeg har beskrevet flere

steder i eksemplet, er udarbejdet så eleverne enten kan tegne, børnestave eller skrive deres tanker og svar.

Forløbet er også beskrevet i følgende artikel: <https://www.giveavis.dk/giveavis/Engineering-paa-Givskud-Skole/artikel/367917>.

Eleverne er meget motiverede og engagerede når vi arbejder med konkrete problemstillinger, og som Sølberg og Waaddegaards artikel beskriver, udvikler de både deres naturfaglige viden og kompetencer samt deres generiske kompetencer.

Artiklen beskriver også hvordan den lærercentrerede undervisningsform erstattes med undersøgelses- og designbaserede tilgange. Elevernes selvstændige arbejde sættes i centrum for at fremme "21. årh. kompetencer". Som lærer skal man turde slippe styringen og give eleverne de rette rammer og stilladser for at de kan komme gennem processen og udvikle deres kompetencer. Det betyder at det ikke behøver at være de samme kompetencer og færdigheder der udvikles hos de forskellige elever.

Jeg elsker at se mine elever blomstre, og når vi går i gang med et nyt projekt hvor engineering-designprocessen bruges, kan de med stor entusiasme huske hvordan vi arbejdede sidst. De ved hvordan og hvorfor vi er nødt til at se på problemstillingen og lave brainstorm inden de kan begynde at designe. En af mine elever udtalte på et tidspunkt: "Det er ligesom at vi er nødt til at spise aftensmad inden at vi må få fredagsslik om fredagen". Og det er jo helt rigtigt, for det kribler i fingrene på de små elever for at få fat i limpistolen, ballonerne og hvad de ellers skal bruge til projektet, men det betyder ikke at de ikke er engagerede og motiverede når der brainstormes og idégenereres. Det er en fornøjelse hver gang at se hvordan eleverne blomstrer på hver deres måde i processen. Blandt andet derfor er det vigtigt at engineeringdesignprocessen ikke bare tages ned fra hylden en gang om året, men at det er en proces der inddrages hvor det giver mening.

Der er mange hverdagsproblemer der kan løses på den måde, og Peters mælk er et eksempel herpå. Den faglige viden synliggøres ved at der er fokus på hvorfor det er vigtigt at mælken står i køleskabet, og hvad bakterier er for noget.

Det er så vigtigt at vi i skolen danner og uddanner eleverne, sådan at de kan stå fast når de kommer ud i verden og skal løse deres og andres problemer.

For som Albert Einstein sagde: "Vi kan ikke løse vores problemer ved at tænke på samme måde som da vi skabte dem". Blandt andet derfor skal vi som lærere stille stilladser op for eleverne og dermed hjælpe dem til at udvikle deres kompetencer op gennem hele skoleforløbet.

Engineering med vokseværk



Jan Boddum Larsen,
H. C Ørsted gymnasiet,
Ballerup

Kommentar til Jan Sølberg & Nina Waaddegaard "Hvad ved vi om indsatser inden for engineering i den danske grundskole gennem de sidste 10 år?", MONA 2019(2).

Det er med stor interesse at jeg har læst artiklen om engineering i den danske grundskole de sidste ti år. Der er et meget stort behov for at finde frem til metoder til at arbejde med engineering og STEM-kompetencerne. Artiklen beskriver at eleverne har mange forskellige læringsudbytter. Det åbner op for spørgsmålene om hvad det egentlig er eleverne skal lære i engineering-undervisning, og hvordan vi gør det målbart. Og det viser at det er vigtigt at få STEM-kompetencerne og engineering på dagsordenen, hvilket gør artiklen meget relevant. Jeg underviser selv i gymnasieverdenen, så min indsigt i folkeskolen er naturligvis begrænset.

Der er selvfølgelig tit en sammenhæng mellem naturfag og engineering, men ikke altid, hvilket rejser spørgsmålet om man ikke skulle arbejde hen imod at det blev et selvstændigt fag som man kender det fra HTX – hvor specielt teknologi [UddannelsesGuiden, teknologi] og teknik [UddannelsesGuiden, teknik] er fag der arbejder med teknologi og arbejder produktorienteret med praktiske problemer. På samme måde kunne engineering få sine egne faglige mål og identitet. Så jeg ser det nok mere den anden vej rundt: at engineering inddrager naturfag og matematik der hvor det giver mening. Det bliver også bekræftet i artiklen at lærerne ofte havde svært ved at forene de faglige kompetencer med de generiske mål for engineeringundervisning. En anden ting der peger hen imod at det skal være et mere selvstændigt fag, er den efterfølgende evaluering, hvor mange af lærerne pegede på at læringsudbyttet var langt større end det der blev målt. Det er også min erfaring fra min egen undervisning med engineering at mange af de mere generiske mål eleverne opnår, er lidt sværere at måle på, hvilket peger hen imod at man i højere grad skal beskrive processen og ikke så meget produktet.

Artiklen beskriver også det forhold at for mange interventioner fra lærerne påvirkede elevernes udbytte negativt. Det er min erfaring de gange jeg selv har gjort det, at det skyldes at man som underviser er bange for at miste kontrollen og rigtig gerne vil have at eleverne har noget fremdrift, og at de lærer noget. Efterhånden

som jeg har fået mere erfaring, er jeg blevet langt bedre til at navigere i det kaos der uundgåeligt opstår. Det beskrives også et andet sted at lærerne var usikre, men den usikkerhed gør også at man laver interventioner i den retning hvor man har kontrol. Det er en arbejdsform der skal læres gennem træning af både elever og lærer. Det at arbejde med et engineeringforløb er i mine tilfælde målrettet, produktorienteret og meningsgivende fordi der er en konkret opgave der skal løses, eller fordi der skal arbejdes med en konkret problemstilling, og denne proces fører frem til et konkret produkt. Det betyder at der er en dobbelthed da produktet både er et middel for elevens læringsprocesser og et mål for undervisningen. Det betyder at undervisningsforløbet både skal have en uddannelsesmæssig værdi og være et meningsfuldt forehavende i sig selv. Den måde eleven arbejder med opgaven på, er vigtig. Da der ifølge Gudjons (Gudjons, 2008, s. 23) er tale om åbne problemstillinger med ikke klart definerede produkter, går en del af elevernes arbejde ud på løbende at omdefinere og bestemme hvad problemet og produktet er. Det betyder at eleverne prøver sig frem og løbende lærer af deres fejl, hvilket også understøttes af Dewey (Dewey, 1910, s. 68). Derved får undervisningen en refleksiv dimension i samspil med problemløsningen. Specielt denne refleksion er meget spændende, for i det øjeblik der opstår en fejl når eleverne afprøver deres produkt, ses det med det samme. Denne hurtige respons gør at elever reflekterer over hvad der er galt, og efterfølgende hvordan fejlen kan rettes.

Artiklen beskriver problemstillingen med den nye teknologi der gør lærerne utrygge. Det er min erfaring at det eleverne synes er motiverende, netop er den nye teknologi. Så det er naturligvis et dilemma, men man skal ikke være bange for at kaste sig ud i den nye teknologi, og man skal også huske at udnytte de elever der ved mere end en selv på området. Man står tit med tekniske problemer som skal løses, og den udfordring har også jeg allerede inde på livet. Det kan fx være et eller andet program der virker på én computer, men ikke på en anden computer. Eleverne er også bekendte med at det ikke altid er problemer som læreren lige kan løse. Det er selvfølgelig en hårfin balance hvornår man har sat sig tilstrækkeligt ind i en ny teknologi, og hvor lang tid man skal bruge på det. Men i mange tilfælde er det nok at introducere eleverne til teknologien og tilbyde dem et kort "komme i gang-forløb".

Der er mange holdninger til hvilke engineeringkompetencer eleverne tilegner sig når de arbejder i et engineeringlæringsforløb, som det også fremgår af artiklen. Det skyldes at mange af læringsforløbene er meget åbne undervisningsrum og derved meget elevstyrede processer i undervisningen. Jeg benytter mig af Brophy et al.s (Brophy, 2008) studie – de har følgende kompetencer som eleverne bliver bedre til:

1. Evaluere og forklare strukturen, opførelsen og funktionen af komplekse systemer (naturlige eller kunstige)
2. Udvikle kognitive modeller (mentale modeller eller skemaer) af hvordan "systemer" virker

3. Designe og udføre eksperimenter og inddrage det i beslutningstagningen
4. Kommunikere og forhandle idéer med andre
5. Anvende geometrisk og rumlig begrundelse
6. Repræsentere og administrere kompleksitet af et system ved hjælp af diagrammer
7. Udtrykke idéer og resultater med matematik (beregninger, tabeller, diagrammer)
8. Syntetisere idéer (egne og andres) mod en passende løsning der opfylder målet
9. Udføre eksperimenter for at vurdere om et design opfylder kriterierne for at nå målet.

Det er vigtigt for mig og især for eleverne at holde antallet af kompetencer nede. Jeg vil prøve at forklare hvorledes de forskellige kompetencer indgår i mit arbejde, og hvorledes jeg opfatter dem. Numrene i tabellen svarer til numrene på de forskellige kompetencer.

1	Eleverne skal være i stand til at evaluere de fejl der opstår, samt den indsamlede viden og data for hele systemet.
2	Eleverne skal kunne udvikle mentale modeller for de delelementer og den teknologi der indgår i hele systemets virkemåde.
3	Eleverne skal løbende løse de problemer der opstår, og tage de nødvendige beslutninger baseret på dem. De skal udføre eksperimenter for at se hvordan en delkomponent opfører sig, og herigennem beslutte hvordan de vil benytte disse resultater/data.
4	Eleverne skal gennem deres arbejde i grupper forhandle og diskutere sig frem til design og løsninger som indgår i deres produkt.
5	Eleverne skal kunne benytte geometriske eller rumlige repræsentationsformer til at begrunde deres valg, enten som formidling eller som en del af forhandlingen til understøttelse af deres idéer og design.
6	Eleverne skal kunne administrere/analysere komplekse systemer ved at nedbryde problemer/delelementer i mindre dele. Desuden skal de under deres udvikling benytte administrative systemer som projektværktøjer.
7	Eleverne skal kunne trække på deres viden i andre fag til beregninger og systematisere data ved tabeller/gruppering og diagrammer. Desuden skal eleverne kunne tolke forskellige diagrammer og datablade på delprodukter der vil indgå i deres projekt.
8	Eleverne skal være i stand til at udvælge de brugbare idéer og omsætte dem til praktiske produkter.
9	Eleverne skal kunne teste deres produkt ved at udføre eksperimenter og ud fra dette sige om deres produkt lever op til sine slutkrav.

Det ligger ikke i engineeringkompetencerne at arbejdet skal foregå i grupper, men da det tit foregår i grupper, kommer samarbejde, solidaritet og diskussioner til udtryk som et gennemgående tema. Engineering er tit elevorienteret og involverende, hvilket betyder at eleverne har indflydelse på processen og produktet – Jank (Jank, 2006, s. 254) beskriver undervisningen som elevaktiv og selvvirksom. Det vil sige at læreren skal lade eleverne diskutere, afprøve, opdage, planlægge og forkaste, og det gælder i alle faser af et engineeringforløb (analyse, design og konstruktion). Man kunne også betragte det som et UBNU-forløb, bortset fra at det er engineering der er omdrejningspunktet.

Den konklusion artiklen når frem til om at løbende stilladsering er vigtig, er jeg enig i. Så jeg arbejder typisk med en form for briefing af de enkelte grupper som fortæller hvor langt de er kommet, om de har problemer, og hvad de regner med at nå. Så føler jeg mig tryggere ved at eleverne når det de skal. Det gør også at der bliver sat mere fokus på de enkelte grupper og deres fremdrift.

Der er mange uformelle læringsmiljøer inden for engineering som har en stor tilgang af børn og unge. Det kunne have været spændende at se på disse miljøer og inddrage dem i kortlægningen.

Jeg underviser selv i teknologi- og teknikfagene på HTX som er meget engineering-prægede fag. Her gør man en del ud af at dokumentere processen lige fra idégenerering til det færdige produkt. Det gør at det bliver nemmere at evaluere eleverne, da det til tider ellers kan være en meget stor opgave at finde ud af hvad der foregår inde i selve produktet. Det er også det som artiklen beskriver om at processen hen til produktet er det vigtige.

Referencer

- Brophy, S., Klein, S., Portmore, M. & Rogers, C. (2008). Advancing Engineering Education in P-12 Classrooms. *Journal of Engineering Education*, 2008 (July), s. 369-387.
- Dewey, J. (2008). *The Analysis of a Complete Act of Thought. How We Think*. D. C. Heath. (set 19.6.2019 på: <https://www3.nd.edu/~dhoward1/Dewey%27s%20Theory%20of%20Science.pdf>).
- Gudjons, H. (2008). *Handlungsorientiert Lehren und Lernen*. Schüleraktivierung, Selbsttätigkeit, Projektarbeit. Julius Klinkhardt.
- Jank, W. & Meyer, H. (2006). *Didaktiske modeller*. Gyldendal.
- UddannelsesGuiden, teknologi (set 19.6.2019 på: <https://www.ug.dk/uddannelser/gymnasialeuddannelser/hoejere-teknisk-eksamen-htx/teknologi-b-htx>).
- UddannelsesGuiden, teknik (set 19.6.2019 på: <https://www.ug.dk/uddannelser/gymnasialeuddannelser/hoejere-teknisk-eksamen-htx/teknikfag-design-og-produktion-htx>).

En tiltrængt røst



Keld Nielsen,
Aarhus Universitet



Martin Sillasen,
VIA UC

Kommentar til Jette Reuss Schmidt "Hvem definerer STEM i skolen og i skoleforskningen?", MONA, 2019(2).

I sin analyse rejser Jette Reuss Schmidt (JRS) nogle centrale og påtrængende spørgsmål omkring udviklingen af undervisningen i naturfag og matematik og vedrørende forskningen i samme.

Hendes udgangspunkt er en problematisering af STEM-begrebet og en kritik af den måde det fremmes på i uddannelsesdebatten. Kernespørgsmål er: Er vi ved at begrænse naturfagsundervisning til problemløsning (design)? Mister undervisningen sit dannende element når den fokuserer på generiske kompetencer som samarbejdsevne og innovation? Er den faglige udvikling underlagt en usund indflydelse fra interessenter der er styret af ikke-offentlige aktører som firmaer, interesseorganisationer og fonde?

Eller spurgt på en anden måde: Er traditionelle aktører og garanter for en demokratisk funderet, almendannende naturfagsundervisning ved at miste indflydelse fordi de udmanøvreres af interesser der betragter uddannelse som et instrument der skal skaffe arbejdskraft med de rette kompetencer og interesser? For at i forvejen velhavende aktører kan blive endnu rigere (eller undgå at blive mindre rige)? Alt sammen i den nationale konkurrenceevnes navn.

Sådanne spørgsmål rejses ikke ofte. Det kræver mod, overblik og energi at gøre det. Så tak til JRS for at pege på dem. JRS har nemlig ret i at STEM-begrebet presser sig på når det diskuteres om – og hvordan – vi skal forny naturfagsundervisningen. Og ret i at vi ikke må miste fokus på dannelse når vi taler om undervisning i matematik, naturfag og teknologi. Og i at store danske fonde og interesseorganisationer nu er aktører på naturfagsområdet på en måde som vi aldrig har set før.

JRS siger selv at hun lægger op til debat. Vi ønsker at deltage i debatten, for vi har supplerende bemærkninger til den måde JRS introducerer sine problemområder på, og til de løsninger hun foreslår.

Kriseretorik

JRS kæder STEM-begrebet sammen med begrebet kriseretorik. I udgangspunktet er "krisen" den frygt for mangel på arbejdskraft og konkurrenceevne der gang på gang er proklameret i USA og i de senere år også i EU og DK (European Commission, 2015; 2007), og som – det er kriseretorikernes påstand – skal løses ved at tilpasse uddannelsessystemet.

Det er korrekt at STEM er koblet til kriseretorik (Williams, 2011). Men krisensnak er ikke noget specielt for STEM-diskussionen. Større ændringer i uddannelsessystemer (det være sig indførelsen af nye fag, nye faglige emner eller nye metoder) begrundes så godt som altid med at hvis ikke man tager nye initiativer, så vil samfundet løbe ind i en krise. Forklaringen er at uddannelser løbende må tilpasse sig udviklingen i det omgivende samfund, men uddannelserne er altid "bagefter". Tricket i at ændre uddannelser består derfor i at pege på at hvis ikke der sker ændringer, vil der indtræde katastrofer. Og somme tider er der gode grunde til at varsle krise og derefter tilpasse uddannelsessystemet til de nye tider. Nogle eksempler fra DK: Etableringen af realskoler og tekniske skoler i sidste halvdel af 1800-tallet (koblet til ophævelsen af lavstvungen og indførelse af fri næringsret i 1849), Gymnasiereformen i 1903 (koblet til industrialiseringsbølgen i den anden industrielle revolution) og Den Blå Betænkning i 1960 (koblet til økonomisk vækst og indførelse af velfærd).

Så det er naturligt at diskussionen om naturfagenes fremtid er koblet til kriseretorik. Vi er vel alle bekymrede for om der prioriteres rigtigt i uddannelsespolitikken. Vi ved jo at viden, produktion, kommunikation, underholdning, medier, sundhed, miljø – you name it – forandrer sig med voldsom hast, så nogen er nødt til at pege på behovene for ændringer.

At kriseretorikken i fx USA sommetider antager former der afslører et forfladiget, snæversynet og instrumentelt syn på uddannelse, er forstemmende, men der er jo også andre røster. Her skal peges på en artikel af Sanders (2008) der markerede starten på et syn på STEM som en mulighed for at fremme nye former for undervisning, herunder samarbejde mellem de fire faglige domæner bag STEM. Altså en diskussion der nu har stor vægt, hvor STEM er udgangspunkt for didaktisk nytænkning og ikke koblet til "hård kriseretorik". I parentes bemærker vi at den FITS-model som JRS mener kan være med til at forbedre STEM-didaktikken (og vi er enige), er udviklet af hollænderen van Breukelen der arbejder inden for den samme STEM-didaktiske diskussion (van Breukelen et al., 2016). Det var konsortiet bag projekt Engineering i skolen der inviterede van Breukelen til Odense i forbindelse med Big Bang 2019 for at holde oplæg om hvordan engineering/design thinking kan integreres med undersøgelsesbaseret undervisning (IBSE) samt udfordringerne dermed.

Det er ikke rimeligt at omtale NGSS (Next Generation Science Standarder) som om initiativet udelukkende er begrundet i STEM-kriseretorik. Udgangspunktet for NGSS

er rapporten “A Framework for K-12 Science Education” (NRC, 2012). I indledningen til rapporten gøres der omhyggeligt rede for at dens nye tanker om scienceundervisning er begrundet i tre forhold: 1. Vi har (endnu en gang) indset at eleverne ikke lærer nær så meget i scienceundervisningen som vi troede; vi har fejlet og må rette op. 2. De sidste 20 års læringsforskning giver et nyt udgangspunkt for at tilrettelægge en bedre undervisning. 3. Vi kan ikke nøjes med at undervise om naturen (science); vi er omgivet af så megen teknologi og så mange teknologiske udfordringer at teknologi (herunder engineering) må kraftigt ind i læseplanerne. Ellers uddanner vi borgere der ikke forstår det samfund de kommer til at leve i.

Er STEM dannende?

JRS er bekymret for hvor STEM i fremtiden vil placere sig “mellem almindendannelse og arbejdsmarkedsparathed” (s. 80). Det er nok ikke rimeligt at stille de to krav til uddannelse op som skarpe modsætninger som om undervisningen enten er det ene eller det andet. Det er jo også dannende at vide noget om det arbejdsmarked hvor de fleste mennesker mellem 25 og 70 tilbringer en tredjedel af deres liv.

Vi er enige med JRS i at de synspunkter i uddannelsesdiskussionerne som allerede i skolen vil reducere elever til et produkt hvor målet er at eleverne skal lære at “sælge sig selv, deres ideer og se sig selv som iværksættere (ingeniører)” (s. 73), skal holdes i ave. Men synspunktet er hentet fra en kritisk amerikansk artikel, og spørgsmålet er om STEM-diskussionen i DK er på vej ud på det samme overdrev. JRS bløder selv op og giver et eksempel fra en dansk rapport (Sillasen et al. 2018) hvor der peges på at STEM-initiativer – herunder engineering – bør ses og vurderes i et demokratisk dannelsesperspektiv.

Vi iler med at tilføje at vi mener at behovet for mere viden og mere dannelse på det naturvidenskabelige og det teknologiske område er nærmest desperat påtrængende i uddannelserne (vores kriseretorik!), og at vores interesse for STEM og engineering netop udspringer af at vi ser engineering i skolen som en mulighed for at fremme denne dannelsesestænkning.

I den samme rapport argumenterer vi for at hvis nogen vil forsøge at løse det danske uddannelsessystems rekrutteringsudfordringer, så er der ingen nemme genveje. Løsningen kan kun findes gennem en styrket og fornyet naturfagsundervisning. Og som sagt, så må det demokratiske dannelsesperspektiv være et ledende argument for nye initiativer. Lykkes det at motivere og interessere flere elever med nye tiltag, vil rekrutteringsudfordringen løses som en sidegevinst.

De store fonde

JRS skriver at “der skal dog ikke herske nogen tvivl om at naturfagsundervisningen har nydt godt af, og stadig nyder godt af de mange fondsmidler der tildeles området” (s. 80). Vi er enige, men vi deler også nogle af JRS’ bekymringer for fondenes voksende indflydelse.

På den ene side er det en stor lettelse at fondene nu har meldt sig så kraftigt på banen. I modsætning til JRS ser vi det også som en fordel at fondene laver langsigtede strategier og har besluttet sig for at arbejde sammen.

Vi mener nemlig at følgende nedslående citat opsummerer situationen på naturfagsområdet i DK ret præcist:

Mangeårige indsatser for at styrke undervisningen i de naturvidenskabelige fag har ikke kunnet løse udfordringerne med, at børn og unges nysgerrighed og motivation for naturvidenskab generelt mindskes gennem deres skoleforløb [...], og at de har vanskeligt ved at anvende det, de lærer i et fag i andre faglige sammenhænge i og udenfor skolen. Mange børn og unge oplever en undervisning i de naturvidenskabelige fag, som er fragmenteret, ofte mangler meningsfuldhed og kobling til verden uden for skolen, og som ikke hænger sammen på langs i uddannelseskæden. (Bohm et al., 2017, s. 19)

Hverken Undervisningsministeriet eller de naturfagsdidaktiske miljøer har været i stand til at løse naturfagsundervisningens wicked problem. Vi mener ikke at det er lærerne der kan bebrejdes (“lærerne er ikke dygtige nok” osv.). Det er rammerne for undervisningen – dens målsætning, indhold, prøvekrav og manglen på et helhedssyn for hvordan man kan bringer udviklingen fremad, der er roden til problemerne – kombineret med underskud af naturfagsdidaktisk forskning.

Det er et fremskridt at der er indført en fællesfaglig naturfagsprøve med tilhørende fokusområder. Men bortset fra det har Undervisningsministeriet svigtet totalt. Ovenstående citat er fra den meget grundige rapport med anbefalinger til en national naturvidenskabsstrategi som en arbejdsgruppe med repræsentanter fra hele uddannelsessystemet, under ledelse af Mikkel Bohm, udarbejdede for to år siden. Som bekendt valgte undervisningsministeren at ignorere de fleste af rapportens anbefalinger. I stedet fik ministeren udarbejdet en anden og pinligt traditionelt tænkende strategi der ganske vist plukkede i anbefalingerne fra rapporten, men helhedstænkningen og forsøget på didaktisk nytænkning gik tabt.

I forhold til JRS’ omtale af STEM som et neoliberalt favoritemne er det ironisk at den meget liberale minister helt har undgået STEM-begrebet. I ministerens nye strategi bruges STEM kun som et akronym for fire fag – ikke som et didaktisk koncept – og udelukkende i forbindelse med erhvervsuddannelserne. Så den (neo)liberale minister bryder sig altså ikke om STEM – og slet ikke om engineering.

Fondene opererer ind i et didaktisk vakuum

For 20 år siden kontaktede en af os Dansk Industri med et projekt om samarbejde mellem virksomheder og skoler der mindede om det der nu foregår i regi af Tektanken (<https://www.nvhus.dk/tektanken/>). DI's svar var at folkeskolen var regeringens problem, ikke noget som DI ville bruge penge på.

Men da politikerne ikke har løst udfordringen med en bedre naturfagsundervisning, har de store fonde nu taget den op. Meget synligt og med virkelig mange penge. Det giver muligheder for de naturfaglige udviklingsmiljøer, men også store udfordringer. Aktører med mange penge er magtfulde og kan sætte mange initiativer i gang. Spørgsmålet er om fondene vil gøre det med indsigt, i dialog og på en måde der gavner eleverne, skolerne, lærerne og samfundet? Eller om nogle fonde er lukkede og selvfede og i sidste ende agerer hen over hovedet på dem de hævder de vil hjælpe?

Vi ved ikke meget om hvordan de store fondes indsats kan komme til at påvirke udviklingen. Vi kan ikke lære meget af den milliard som Møller Fonden i 2013 donerede til udviklingen i alle fag. I de forløbne år er der uddelt 630 mio. kr. Men vi ved ikke meget om den samlede effekt af de mange initiativer. I en opsummering fra august 2018 skrev fonden selv at *“Der er givende samarbejde på tværs af skoler og kommunegrænser, landets kommuner arbejder i høj grad i samme retning, og man har lært meget om faglig udvikling og generel skoleudvikling i årene, der er gået siden 2014, hvor implementering af folkeskolereformen blev påbegyndt”* (Tvarnø & Kristensen, 2018). Det er jo beroligende at fonden er tilfreds med sin egen indsats. Men der står ikke et ord om hvad “retningen” er, hvem “man” er, eller hvad det er “man” har lært. Det er problematisk at sætte så mange projekter i gang uden at være interesseret i at evaluere og diskutere de samlede effekter. Lad os håbe at de fonde der vil støtte naturfagene fremadrettet, vil dokumentere og reflektere mere over effekterne af det de mange penge sætter i gang.

JRS nævner også de store erhvervsorganisationer, især Dansk Industri, og hun sammenligner DI med det amerikanske Business Roundtable. Men DI's rolle i forhold til STEM og engineering i skolen er mere kompleks end som så. På den ene side har Industriens Fond støttet projektet Engineering i skolen med et stort beløb. DI har også deltaget i diskussionen om udfordringen med at opfylde behovet for kvalificeret arbejdskraft. JRS nævner specifikt Charlotte Rønhof i den forbindelse. Hvad vi ikke hører, er at DI – mens Rønhof var underdirektør – var modstander af tværfaglig undervisning og kun en forbeholden tilhænger af engineering. DI's argument var ikke at dannelsen ville gå tabt, men en frygt for at tværfaglighed og vægt på design ville udvande det faglige niveau i naturfagene. Så også i denne sammenhæng passer JRS' narrativ om de magtfulde spillere ikke helt. (Figur 1, s. 75, i JRS' artikel angiver at Rønhof er formand for ATV's Science & Engineering komité. Det er korrekt. Det har bare ikke noget med JRS' emne at gøre da denne komité ikke beskæftiger sig med ud-

dannelsen). Så DI's rolle i forhold til STEM har nærmest været skizofren og ikke nær så manipulerende som JRS fremstiller det.

Hvad gør vi nu?

I artiklens slutning opfordrer JRS til at nogen i det naturfagsdidaktiske miljø agerer i denne nye og kritiske og – hævder vi – potentielt lovende situation. Det kan vi helt tilslutte os. Hun anbefaler (mere) forskning i fagenes filosofi. Det er en god idé. Vi deler ikke helt hendes skepsis i forhold til at finde finansiering. Men det vil kræve en god og velargumenteret ansøgning til en af de mere reflekterede af de store fonde.

Forskning i epistemologisk og ontologisk grundlag for skolefagene er dog langt fra nok i den nuværende situation – og måske heller ikke det der presser sig mest på.

Noget af det der virkelig har manglet i de sidste 16 års diskussion om naturfagene (siden rapporten om "Fremtidens naturfaglige uddannelser" udkom i 2003), er et samlet, evidensbaseret bud på hvad god naturfagsundervisning er (Undervisningsministeriet, 2003). Altså et bud på hvad det er vi mener med "bedre" når vi siger at undervisningen skal blive bedre.

Men et sådant bud har vi nu. Den af den (neo)liberale – nu afgangede – minister kasserede rapport, som vi omtalte ovenfor, er baseret på en større indsamling af forskningsmæssig evidens for hvad der er god undervisning. Denne evidens opsummeres i rapporten:

Meningsfuld, relevant og engagerende undervisning kendetegnes ved:

- Relevans og anvendelsesorientering, bl.a. ved at tage afsæt i autentiske problemstillinger.
- Inddragelse af engineering og teknologi, herunder digital teknologi og computational thinking samt en tættere kobling til matematik.
- Undersøgelserbaserede undervisningsmetoder og problemorienterede projekter.
- Løbende formativ feedback.
- Argumentation og diskussion, herunder at eleverne kan "forholde sig til fagligt indhold og samfundsmæssige forhold med et fagligt indhold".
- Samarbejde med omverdenen, herunder eksterne læringsmiljøer.

(Bohm et al., 2017, s. 19)

Vi deler som sagt ikke JRS' brede skepsis over for de store fonde. Måske kunne man gå i dialog med de mere reflekterede af dem om et program der tager udgangspunkt i ovenstående seks punkter. Dels for teoretisk at udfolde og udforske dem, dels for at udarbejde og implementere strategier for at få anbefalingerne ud i praksis. Så vil det måske være muligt at omsætte den (potentielt problematiske) interesse som de store

fonde og erhvervslivet nu udviser over for skolens naturfagsundervisning til noget gavnligt og inkluderende.

Litteratur

- European Commission (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Office for Official Publications of the European Communities.
- European Commission (2015). *Science Education for Responsible Citizenship*. Directorate-Generale for Research and Innovation of the European Communities.
- Bohm, M., Salomonsen, D., Quistgaard, N., Binau, C.F., Wøhlk, E.B., Jensen, L.V. & Kronvald, O. (2017). *Anbefalinger til en national strategi for de naturvidenskabelige fag*. ASTRA.
- National Research Council (NRC) (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Cross-cutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, D.C.: National Academies Press. Lokaliseret 26. juni 2019 på <https://doi.org/10.17226/13165>.
- Tvarnø, H. & Kristensen, H.K. (2018). "Det står ikke så ringe til i folkeskolen". *Politiken*. Lokaliseret 26. juni 2019 på <https://www.apmollerfonde.dk/folkeskolen/kronik/>.
- Sanders, M.E. (2008). *STEM, STEM Education, STEMmania*. Lokaliseret 26. juni 2019 på <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/51616>.
- Sillasen, M.K., Daugbjerg, P., Krogh, L.B. & Nielsen, K. (2018). *Engineering i skolen: Vidensgrundlag*. Aarhus: VIA University College. Lokaliseret 26. juni 2019 på https://www.ucviden.dk/portal/files/62201200/Engineering_i_skolen_vidensgrundlag.pdf.
- Undervisningsministeriet (2003). *Fremtidens Naturfaglige Uddannelser*. Lokaliseret 26. juni 2019 på <http://static.uvm.dk/Publikationer/2003/naturfag/>.
- van Breukelen, D., Schure, F., Michels, K. & de Vries, M. (2016). The FITS model: an improved Learning by Design approach. *Australasian Journal of Technology Education*, 3(1). Lokaliseret 26. Juni, 2019 på <https://doi.org/10.15663/ajte.v3i1.37>.
- Williams, P.J. (2011). STEM Education: Proceed with Caution. *Design and Technology Education*, 16(1), s. 26-35.



Nyheder

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

NFSUN 2020: Science Education in the light of Global Sustainable Development – Trends and possibilities

afholdes på VIA University College i Aarhus 9.-12. juni 2020.

Det Nordiske Forskersymposium om Undervisning i Naturfag er et forum, hvor det er muligt at præsentere og diskutere nordisk undervisning i naturfag. Symposiet kæder forskning og udvikling sammen og indbyder forskere såvel som lærere fra alle uddannelsesniveauer til at deltage.

Læs mere om NFSUN 2020 på www.nfsun.org.

Deadline for indsendelse af paperpræsentationer, rundbordsdiskussioner eller posters er den 31. januar 2020. Præsentationer kan være på dansk eller engelsk. Indsendte forslag gennemgår review, og man får respons ultimo marts 2020.

Den lokale organisationskomite i VIA UC består af Peer Daugbjerg, Søren Witzel Clausen, Keld Conradsen, Mette Henne Hesselholt Hansen, Harald Brandt, Pernille Ulla Andersen, Lars Brian Krogh, Birgitte Lund Nielsen og Martin Sillasen.

INDHOLD

- 4 Fra redaktionen
- 7 **Kompetencedækning i analoge matematiksystemer til mellemtrinnet**
Stig Toke Gissel, Mette Hjelmberg, Bo Teglskov Kristensen og Dorte Moeskær Larsen
- 28 **Udgange på undersøgende matematik**
Mie Engelbert Jensen og Rune Hansen
- 47 **SUN-projektet: Skolebaseret udvikling af naturfag og kapacitet i gymnasiet**
Lars Brian Krogh, Nina Waadegaard og Keld Nielsen
- 69 **Teknologiforståelse – hvorfor og hvordan**
Maria Damlund
- 80 **Matematik B: Regningen skal betales**
Niels Grønbæk, Carl Winsløw og Britta Jessen
- 87 **Potentialer og problemer ved undersøgende matematikundervisning**
Charlotte Krog Skott og Jeppe Skott
- 92 **Når engineering spirer nedefra**
Anna Hermannsen Clausen
- 98 **Engineering med vokseværk**
Jan Boddum Larsen
- 102 **En tiltrængt røst**
Keld Nielsen og Martin Sillasen