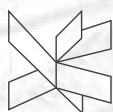


MONIA

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



VIA University
College



PROFESSIONS-
HØJSKOLEN
ABSALON



SYDDANSK UNIVERSITET

DTU



Erhvervsakademi og
Professionshøjskole

DASG
Danske Science Gymnasier

KØBENHAVNS
PROFESSIONS
HØJSKOLE



AARHUS
UNIVERSITET



DET NATUR- OG BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET
KØBENHAVNS UNIVERSITET

2021-4

MONA

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

MONA udgives af Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet ved Københavns Universitet, i samarbejde med Danmarks Tekniske Universitet, Det Tekniske Fakultet og Det Naturvidenskabelige Fakultet ved Syddansk Universitet, Hovedområdet Science & Technology ved Aarhus Universitet, Det Lærerfaglige Fakultet ved Københavns Professionshøjskole, UCL Erhvervsakademi og Professionshøjskole, Center for Skole og Læring ved Professionshøjskolen Absalon, VIA University College og Danske Science Gymnasier.

Redaktion

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

Redaktionskomité

Brian Krog Christensen, Danske Science Gymnasier
Jan Sølberg, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet
Jette Reuss Schmidt, Læreruddannelsen i Aalborg, University College Nordjylland
Karin Lilius, Center for Skole og Læring, Professionshøjskolen Absalon
Lars Brian Krogh, Læreruddannelsen i Aarhus, VIA University College
Martin Niss, Institut for Natur, Systemer og Modeller, Roskilde Universitet
Morten Rask Petersen, Anvendt forskning i pædagogik og samfund, UCL
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-review (dobbelt blindt).

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 og deadlines for indsendelse af bidrag til MONA

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

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

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

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

ISSN: 1604-8628. © MONA 2021

Citat kun med tydelig kildeangivelse

Indhold

- 4 Fra redaktionen
- 6 **Artikler**
- 7 Evaluering af fællesfaglig problemløsning – med afsæt
i en netbaseret SSI-case
Lars Brian Krogh og Peer Daugbjerg
- 27 Målet er en kompetenceorienteret matematik- og naturfagsunder-
visning i grundskolen – hvad er midlet?
Karin Lilius og Kari Astrid Thynebjerg
- 50 Engineering i stx – et prototypisk proof-of-concept
Lars Brian Krogh og Anne Hansen
- 69 **Aktuel analyse**
- 70 Lad os gøre overgangsproblemer i matematik til et overgangsfænomen!
Brian Krog Christensen
- 81 **Nyheder**

Fra redaktionen

Så er det december, og der er nu åbnet for tilmelding til Big Bang konferencen 2022. Konferencen bliver igen en fysisk konference – det glæder vi os til. MONA-sporets tema handler om M’et i STEM, dvs. hvordan samspillet er – eller bør være – mellem matematik og så naturfag, teknologi og engineering. Vi håber at MONA-sporet giver nogle spændende oplæg og workshopper, som så sidenhen kan blive til artikler i et temanummer i december. Se conferenceprogrammet og tilmeld dig på www.big-bangkonferencen.dk.

Den første artikel i dette nummer drejer sig om evaluering af fællesfaglig problemløsning i grundskolen, og den gør det ud fra SSI, dvs “socio-science issues”, et begrebskompleks der drejer sig om “*kontroversielle, samfundsmæssigt relevante og autentiske problemstillinger som informeres af naturvidenskab, og som ofte inkluderer moralske aspekter.*” Dens titel er *Evaluering af fællesfaglig problemløsning – med afsæt i en netbaseret SSI-case*, og den er forfattet af Lars Brian Krogh og Peer Daugbjerg, Professionshøjskolen VIA. Forfatterne har designet og pilottestet et netbaseret evalueringsformat for elevers evne til fællesfaglig problemløsning. Formatet er bygget op omkring en fællesfaglig SSI-case, og elevernes arbejdsproces stilladseres gennem *samme trin* som den fælles prøve i naturfagene. Der blev indsamlet procesnære elevartefakter fra evalueringsprocessen som kulminerer med at eleverne laver en argumenteret anbefaling. I artiklen beskrives prøveformatet og de benyttede analysetilgange til elevsvar (Toulmin- og SOLO-kriterier). Prøveformatet har vist sig meget brugbart i et pilotstudie med elever (34 “prøvehold”) fra fire skoler. Artiklen rapporterer endvidere resultater mht. elevernes evne til selvstændigt og uden forberedelse at indsamle, validere og syntetisere viden mhp. fællesfaglig problemløsning.

Den næste artikel har overskriften *Målet er en kompetenceorienteret matematik- og naturfagsundervisning i grundskolen – hvad er midlet?* Den er forfattet af Karin Lilius og Kari Astrid Thynebjerg, Professionshøjskolen Absalon, og beskæftiger sig med kompetenceløftsforløb for grundskolelærere. Sådanne forløb sigter mod at sætte lærere bedre i stand til at kunne “generalisere på tværs af kontekster og aktiviteter for derigennem at kunne implementere de ændringer i egen praksis der afspejles i målene for kompetenceløftet.” Artiklen tager sit udgangspunkt i at der foreligger forskning som indikerer at lærernes udbytte af kompetenceløftsforløb er mangelfuldt, og den identificerer mulige årsager til denne mangelfuldhed for kompetenceløftsforløb. Med afsæt i artiklens datamateriale identificerer forfatterne fem transformationskriterier for udvikling af kompetenceløftsforløb som i højere grad kan understøtte lærernes generalisering af målsatte kompetencer.

Vores tredje artikel, *Engineering i stx – et prototypisk proof-of-concept*, har også Lars Brian Krogh, VIA, som forfatter, her i samarbejde med Anne Hansen fra *Engineer the Future*. Det drejer sig om pilotprojektet *Engineering i gymnasiet (stx)* der havde som mål at afdække potentialet og vanskelighederne ved at indføre engineering-tilgange i den naturvidenskabelige stx-undervisning, en undervisning der traditionelt er fokuseret omkring teorier og teori-rettede undersøgelser. Naturfaglige lærere fra tre gymnasier deltog i projektets workshops, praksisafprøvninger og materialeudvikling. Der blev indsamlet empiri på lærer- og elevniveau vha. surveys, observation og interviews. Meldingerne fra både lærere og elever var at engineering-forløb bidrager til faglig læring, især metodisk, såvel som til elevmotivation og til generiske kompetencer. Som prototype faldt projektet godt ud, men afdækkede dog også behovet for fortsat udvikling af mindre tidskrævende engineering-formater, samt indsatser ift. stilladsering og evaluering af engineerings særlige udbyttetmål.

Den aktuelle analyse, *Lad os gøre overgangsproblemer i matematik til et overgangsfænomen!*, er forfattet af Brian Krog Christensen, Silkeborg Gymnasium. I den opregnes en række problemer som elever oplever i matematik ved overgangen fra grundskole til gymnasium. Den beskriver derefter på baggrund af spørgeskemaundersøgelser og initiativer der har været ført ud i livet på Silkeborg gymnasium, en række eksempler på tiltag der ser ud til at være virkningsfulde i forhold til at reducere overgangsproblemerne.

Med dette nummer kan vi også sige velkommen til en ny MONA-partner, nemlig VIA University College som nu også er med til at give fundamentet for at MONA er stærkt forankret i den danske uddannelsesverden.

Til slut vil vi på MONA-redaktionen gerne takke alle dem der har svaret på vores brugerundersøgelse i september. Der er kommet både ros og gode forslag at arbejde videre med. Vi er i gang med analysere svarene og skriver mere om dem i næste nummer. Vi har også netop afholdt et seminar for vores fagfællebedømmere – eller reviewere som de også kaldes – og det afspejler vores fokus på at sørge for at MONA udvikler sig så det bedst muligt understøtter sit formål om at bidrage til udvikling af matematik- og naturfagsundervisning i Danmark.

God læselyst her i den mørke julemåned!

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

Evaluering af fællesfaglig problemløsning – med afsæt i en netbaseret SSI-case



Lars Brian Krogh,
lektor, VIA
University College,
læreruddannelsen
i Aarhus



Peer Daugbjerg,
VIA University
College,
læreruddannelsen
i Nørre Nissum

Abstract: Vi har designet og pilottestet et netbaseret evalueringsformat for elevernes evne til fællesfaglig problemløsning. Formatet er bygget op omkring en fællesfaglig SSI-case, og elevernes arbejdsproces stilladseres gennem samme trin som den fælles prøve i naturfagene. Der indsamles procesnære elevartefakter fra processen som kulminerer med at eleverne laver en argumenteret anbefaling. I artiklen deklarerer prøveformatet og vores analysetilgange til elevsvar (Toulmin- og SOLO-kriterier). Formatet har vist sig særdeles brugbart i et pilotstudie med elever (34 "prøvehold") fra fire skoler. Fra pilotstudiet rapporteres resultater mht. elevernes evne til selvstændigt og uden forberedelse at indsamle, validere og syntetisere viden mhp. fællesfaglig problemløsning.

Baggrund

I 2017 indførte Undervisningsministeriet en fællesfaglig prøve for naturfagene i grundskolens overbygning. Samtidig med prøvens indførelse startede en følgeforskning af prøven og det fællesfaglige arbejde hen imod denne. Følgeforskningen, som vi er en del af, viser at prøveformatet langt hen ad vejen er velfungerende, og at de fleste grundskolelærere grundlæggende mener at den kompetencerettede og problembaserede prøve er en god måde at efterprøve centrale mål for naturfagsundervisningen (Rambøll et al., 2018). Følgeforskningen påpeger dog samtidig at den problembaserede prøveform også har sine problemer. Eleverne har her typisk fire uger hvor de ved hvilket overordnede fokusområde de skal til prøve i. I denne periode og inden for området skal de så formulere deres egen konkrete problemstilling og faglige arbejdsspørgsmål som de arbejder med at besvare i tiden frem mod prøven. Den lange prøveforberedelsestid betyder at mange elever møder op med artefakter og vejledningspræparation (samtalepapirer, modeller, forhåndsopstillede øvelser) som de i prøvesituationen har svært ved at frigøre sig fra. I vores følgeforskning ser vi også at pigerne karaktermæs-

sigt klarer sig markant bedre end drengene i den fælles prøve, tilmed ganske meget bedre end i den foregående praktisk orienterede fysik/kemiprøve (Krogh et al., 2021). Mange lærere mener at denne bias opstår fordi drengene har svært ved at strukturere deres arbejde i den lange prøveforberedende periode (Rambøll et al., 2020; Rambøll et al., 2018). Endelig mener lærerne at det er svært at forberede eleverne til *begge* fagernes meget forskellige prøveformer, den mundtlige fællesfaglige over for de skriftlige selvrettende prøver i enkeltfagene.

I forlængelse heraf springer en række centrale spørgsmål i øjnene: hvad vil eleverne kunne på egen hånd? Hvad vil de kunne uden den lange prøveforberedende periode? Vil bias til fordel for pigerne forsvinde hvis man fjerner denne periode? Svarene på disse spørgsmål burde kunne interessere både udskolingslærere og kolleger i feltet som arbejder med evaluering.

I et forsøg på at tilvejebringe svar på spørgsmålene har vi udviklet en alternativ prøve som afvikles uden forberedelse over to lektioner i en almindelig undervisningskontekst. Eleverne arbejder her problembaseret og i par med afsæt i et såkaldt socio-scientific issue (SSI), og deres delbesvarelser indsamles i skriftlig form via internettet. Inden for rammerne af det ændrede format arbejder eleverne sig igennem samme procestrin som til den fælles prøve. Det alternative prøvedesign er inspireret af forskningslitteraturen om socio-scientific issues (SSI) og nature of science (NOS), som ikke tidligere har været anvendt i en dansk evalueringskontekst. Den udviklede prøve og selve afprøvningen af formatet skal således ses som et bidrag til forskningen i evaluering i dansk naturfag, herunder evaluering af (aspekter af) naturfaglig dannelse. Hvilket berettiger at de metodiske aspekter får deres eget forskningsspørgsmål (RQ1 nedenfor), som vi lidt utypisk søger at besvare i artiklens afsnit om metode.

Empirisk er der tale om et pilotstudie med data fra fire 9.-klasser fra forskellige skoler. Dataene belyser såvel evalueringsformatets duelighed som elevernes evne til selvstændigt og uden forberedelse at udvikle et bud på løsning af en fællesfaglig problemstilling. Eller mere mundret og kompakt: deres evne til "fællesfaglig problemløsning". Selvom begge dele på forskellig vis kaster lys over den eksisterende fællesfaglige prøve, så er det vigtigt for os at pointere at det aldrig har været et mål at vores alternative prøveformat skulle erstatte denne.

Med denne pointe på plads overgår vi til at besvare artiklens konkrete forskningsspørgsmål:

RQ1: Hvordan evaluere elevens evne til at belyse en fællesfaglig problemstilling vha. en SSI-baseret case og et netbaseret, undervisningsnært evalueringsformat?

RQ2: Hvilket billede tegner der sig af elevernes evne til situeret og selvstændigt at belyse en fællesfaglig problemstilling (herunder informationssøgning, arbejdsspørgsmål, syntese og argumentation)?

SSI-evalueringsformatet – det teoretiske grundlag

I udgangspunktet har vi ønsket at det alternative prøveformat skulle have størst mulig sammenlignelighed med den fælles prøve i naturfagene. Denne er rammesat i *Bekendtgørelse om folkeskolens prøver* (Bekendtgørelse om folkeskolens prøver, 2019) og detaljebeskrevet i *prøvevejledningen for den fælles prøve* (STUK, 2019). Her tages afsæt i et af elevernes mere eller mindre selvstændige arbejder med problemstillinger inden for fællesfaglige fokusområder som kobler samfundsmæssige udfordringer med naturfaglige aspekter. I bedømmelsen vægtes det højt at eleverne formår at belyse en selvvalgt problemstilling med anvendelse af naturfaglige kompetencer, herunder bl.a. at de “kan argumentere for naturfaglige forhold” og “kan anvise og begrunde relevante handlemuligheder”.

Der er en rig undervisningsagenda og forskningslitteratur omkring socio-scientific issues (SSI) hvor udgangspunktet helt tilsvarende er fagoverskridende problemstillinger (konkrete SSI), og sigtet er at eleverne lærer at argumentere, tage kritisk stilling og handle (“transformative education”, Zeidler, D.L.; Applebaum, S.M.; Sadler, 2011). Det nære slægtskab mellem SSI og hjemlige fællesfaglige problemstillinger fremgår bl.a. af deklARATIONEN på SSI:

“SSI er kontroversielle, samfundsmæssigt relevante og autentiske (“real-world”) problemstillinger, som informeres af naturvidenskab og som ofte inkluderer moralske aspekter.”
(Sadler et al., 2007).

I SSI-undervisningen formuleres SSI-opgaven typisk som et kontroversielt spørgsmål som eleverne i grupper skaffer sig indsigt i og diskuterer. I SSI-forskningen har der været stort fokus på hvordan eleverne argumenterer og tager stilling til det kontroversielle spørgsmål (fx Garrecht, Eckhardt, Hoffler, Harms, 2020; Kolsto, 2006). En række studier har fokuseret på andre typer af elevudbytte, først og fremmest elevernes vækst i socio-scientific reasoning (Sadler et al., 2007) og øget forståelse af naturvidenskabelige arbejdsmåder (“Nature of Science”) ud fra SSI-drøftelser (se fx Karisan, Zeidler, 2017). Rationalet er her at elever som arbejder kritisk med at belyse en SSI-case, samtidig får erfaringer med science-in-the-making, fx at denne viden er tentativ, kulturelt indlejret og socialt forhandlet m.m. – hvilket er centrale NOS-pointer. Dette er umiddelbart interessant i en dansk kontekst, hvor den fællesfaglige naturfagsprøve har SSI-inspirerede elementer, og de bagvedliggende kompetencemål har NOS-inspirerede elementer. Vigtigere i sammenhæng med nærværende artikel er det imidlertid at der er et overlap mellem NOS-undervisning med afsæt i en *aktuel* kontekst og SSI-undervisning med samme fokus hvorfor det har været muligt at hente inspiration til vores SSI-baserede prøve i et casebaseret NOS-evalueringsformat udviklet af Douglas Allchin (Allchin, 2011). Det er en pointe hos Allchin at NOS-viden må

forstås og evalueres kontekstnært. Vigtigheden af en kriteriebundet og dybdegående analyse af elevrespons er endnu en metodisk pointe som vi tager med fra dette studie. I metodeafsnittet vil disse aspekter blive yderligere udfoldet. Her vil vi også omtale analytiske tilgange som kan bruges til at afdække kvaliteten af elevernes fællesfaglige problemløsning, i særdeleshed deres evne til at syntetisere vidensbaserede svar og argumentere for handlemuligheder i tilknytning til SSI-casens problemstilling.

SSI-evalueringsformatet – metodiske aspekter

I udgangspunktet har vi ønsket at evalueringsformatet blev håndterbart for lærere og for eleverne, som i 9. klasse må forventes at have visse erfaringer med fællesfaglig tænkning og arbejdsmåder. Vi har derfor tilstræbt at evalueringsformatet ligner autentisk fællesfaglig undervisning mest muligt. Konkret betyder det at evalueringsaktiviteten kan afvikles over to lektioner og som en del af almindelig undervisning. Dette bidrager i høj grad til evalueringens validitet ud fra et socio-kulturelt perspektiv (se fx Gipps, 1999).

Sammen med den internationale SSI-inspiration og ønsket om at inkorporere flest mulige træk af den eksisterende fællesfaglige prøve har det resulteret i følgende specifikke designkriterier for det alternative evalueringsformat:

- Evalueringen skal tage afsæt i en problemstilling der rammesættes af en *SSI-case*.
- Problemstillingen og SSI-casen skal relatere til et af de kanoniserede fællesfaglige fokusområder, være fællesfaglig af natur og omfatte alle tre udskolingsnaturfag.
- Casen fastlægger problemstillingen, men eleverne skal selv formulere faglige arbejdsopgaver og syntetisere argumenterede svar ligesom de skal ekspliciteres hvordan de tre fag har bidraget til svaret.
- Alle sædvanlige hjælpemidler er tilladte – eleverne må arbejde i par hvis de ønsker det, ligesom alle håndte lærebøger og internetkilder må anvendes. Af praktiske årsager har eleverne dog ikke mulighed for selv at gennemføre undersøgelser i laboratoriet eller felten.
- De naturfaglige kompetencer søges inkluderet – så langt som muligt. Da eleverne ikke får mulighed for selv at lave undersøgelser, så vil *praktiske* aspekter af undersøgelseskompetence ikke blive indfanget.
- Der gives en ensartet og meget begrænset stilladsering af elevernes problemløsende proces. Med prompts holdes eleverne således fast på at overvejelser, kilder og argumentation fastholdes i bestemte trin af processen. Fx at deres arbejdsopgaver bliver fastholdt, at deres litteratursøgning ekspliciteres, og at deres konklusion udfoldes og begrundes.
- Elevernes overvejelser, kilder og argumentation undervejs indsamles på en passende platform (konkret Google Forms da dette muliggør at eleverne også kan

uploade kilder som de har fundet værdifulde). Denne artefaktindsamling dokumenterer både elevernes proces og formulerede udbytte og udgør det empiriske grundlag for evalueringen og for forskningsmæssig publikation.

I det følgende vil vi uddybe den anvendte SSI-case, stilladseringen og i øvrigt redegøre for de væsentligste analytiske tilgange ift. det empiriske materiale.

Evalueringens SSI-case

Ved evalueringens start får eleverne et link til en hjemmeside: (https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc_-y75iH6AdACkLyPitFOWzjnLRCLTxgNm1fCsA3f5y08SQO/viewform?usp=sf_link) hvor de straks præsenteres for casen, her blot omtalt som en “fællesfaglig problemstilling” for at linke til termer og en praksis som eleverne burde være bekendte med i 9. klasse. Indbygget i casebeskrivelsen finder man den reelle problemstilling: er det en god idé at få foretaget en mammografi eller ikke? (Når en række kontekstfaktorer medtænkes).



Sektion 1 ud af 7

Mammografi - skal, skal ikke?

En fællesfaglig problemstilling, som I skal belyse ved hjælp af Jeres naturfaglige viden og kompetencer.

Problemstillingen:

"I har besøg derhjemme af en af din mors veninder, som du kender godt. Hun er lige blevet 40 år og fortæller om sin bekymring for at få brystkræft. Bekymringen startede da nogen på hendes vej fandt ud af, at der var meget Radon i deres hus. Der er vist noget med, at der kommer en stråling fra Radon, som kan give kræft. Nu overvejer din mors veninde, om hun skal få lavet en mammografi-undersøgelse inden for de næste måneder. Men: hun mener, at have hørt, at undersøgelsen i sig selv er noget med stråling, som vel også kan give kræft. Hun har også læst et sted, at der er en anbefaling om, at kun kvinder over 50 får bør få lavet mammografi. I kender alle tre en anden kvinde, der døde i 43-års-alderen af en brystkræft, som blev opdaget for sent. Din mors veninde er derfor usikker på, om hun skal få foretaget undersøgelsen - og spørger Jer til råds.

Du lover at prøve at undersøge tingene nærmere, vel vidende at hun skal gå om 2 timer. Du har internettet til rådighed - og selvfølgelig de sædvanlige naturfaglige lærebøger."

Figur 1. Casen som den præsenteres for eleverne.

Casen relaterer sig til det fællesfaglige fokusområde *Strålings indvirkning på levende organismers levevilkår*, som normalt henlægges til undervisningen i 9. klasse da eleverne først må interagere med radioaktive kilder på dette tidspunkt. Grundidéen er hentet fra D. Allchin (se ovenfor), men da dennes evalueringsscase ikke indlysende gav mulighed for at inddrage geografifaget, har vi selv indføjet radonaspekterne i formuleringen. Dermed skønnede vi at eleverne havde rimelig mulighed for at knytte an til alle tre udskolingsnaturfag i deres besvarelser. Ifm. følgeforskningen omkring

den fælles prøve har vi både observeret klare 12-talspræstationer og velvilligt bedømte O2-præstationer med nært beslægtede problemstillinger som afsæt hvorfor casen burde kunne udspænde og differentiere elevernes formåen på dækkende vis.

Processtilladseringen via skriveprompts

Elevernes selvstændige arbejdsproces guides af nedenstående prompts som er tænkt at fastholde eleverne på at bestemte procestrin skal gennemløbes, men uden at levere *indholdsmæssig* stilladsering. Det er virkelig elevernes selvstændige formåen som indfanges.

Delopgave 1: Formulér arbejdsspørgsmål

Hvilke naturfaglige spørgsmål er det vigtigt at finde svar på?

Læs problemstillingen godt igennem. Overvej hvad du behøver af naturfaglig viden for at komme med en anbefaling til din mors veninde. Find de tre-fem NATURFAGLIGE arbejdsspørgsmål som det er vigtigst at finde svar på for at give et godt svar.

SKRIV DE TRE-FEM ARBEJDSSPØRGSMÅL IND I SPØRGSMÅLSFELTET NEDENFOR.

Delopgave 2: Find relevant information

Du/I skal nu prøve at finde svar på arbejdsspørgsmålene. Dertil må du gerne bruge både lærebøger og internettet.

Lav de mest relevante søgninger, og find materiale som I mener er både *brugbart* og *troværdigt*.

- Angiv evt. lærebogssider og i hvert fald tre internetmaterialer i boksene nedenfor.
- Hvorfor er disse sider relevante og vigtige?
- Internetsøgningen – hvilke søgeord har I brugt?
- Upload de mest relevante hjemmesider eller internetmaterialer I fandt – hvorfor er de gode?

Delopgave 3: Eksperimenter og undersøgelser som kunne hjælpe dig/er til at give en bedre anbefaling

Hvis I mener at eksperimenter eller praktiske undersøgelser kunne hjælpe jer til at give bedre svar til veninden, så skriv lidt om disse i nedenstående svarfelt.

- Skriv ud for hver undersøgelse hvilket spørgsmål det hjælper med at belyse.

Delopgave 4: Din/jeres anbefaling og begrundelserne for den

Overvej på basis af den indsamlede information om du/I vil anbefale veninden at få foretaget en mammografi. Giver den indsamlede viden anledning til andre anbefalinger til hende, så skriv også gerne disse.

- Anbefalinger til veninden.
- Hvorfor hun skal følge anbefalingen? Hvordan vil I argumentere
- over for hende?

Delopgave 5: De forskellige fags bidrag til din/jeres anbefaling

Du/I skal nu vurdere hvordan de forskellige naturfag har bidraget til din/jeres anbefaling og argumentation: Hvilke af de forskellige naturfag har været i spil? Hvordan har de hver især bidraget til at belyse problemstillingen?

- Vigtigste bidrag fra fysik/kemi (evt. også eksperimenter og modeller) (tilsvarende for biologi og geografi).

Tabel 1. *Processtilladsering og procesnær artefaktindsamling.*

Forskningsspørgsmålene i denne artikel knytter især an til delopgaverne 1, 2 og 4 – med delopgave 4 som den centrale problembaserede, SSI-orienterede og handlekompetence-rettede syntese. Som det vil fremgå af analysebeskrivelsen, så er det afgørende at processtilladseringen holder eleverne fast på både at komme med en anbefaling (syntese) og tillige levere en udfoldet argumentation (begrundelse). I resultatafsnittet vil der drypvist blive inddraget empiri om elevernes oplevelse af det alternative evalueringsformat.

Analytiske tilgange

A. Analysen af elevernes arbejdsspørgsmål m.m.

I deres review over elevens spørgsmål i science fremhæver Chin & Osborne (2008) at elevernes spørgsmål har flere funktioner som er væsentlige ifm. SSI og fællesfagligt arbejde: De giver indblik i elevernes aktuelle formåen og muliggør dermed evaluering mens de for eleverne både fokuserer og driver deres arbejde.

Vi har hurtigt indset at det er vanskeligt at vurdere elevernes formåen ud fra deres arbejdsspørgsmål alene. Uden mulighed for opfølgende dialog med eleverne har vi her indskrænket os til at vurdere elevernes spørgsmål ud fra prøvevejledningens kategorier (STUK, 2019): videns- og dataspørgsmål, forklarings- og forståelsesspørgsmål, holdnings- og vurderingsspørgsmål og handlingsspørgsmål. Eksempler fra denne analyse er vist i tabel 2:

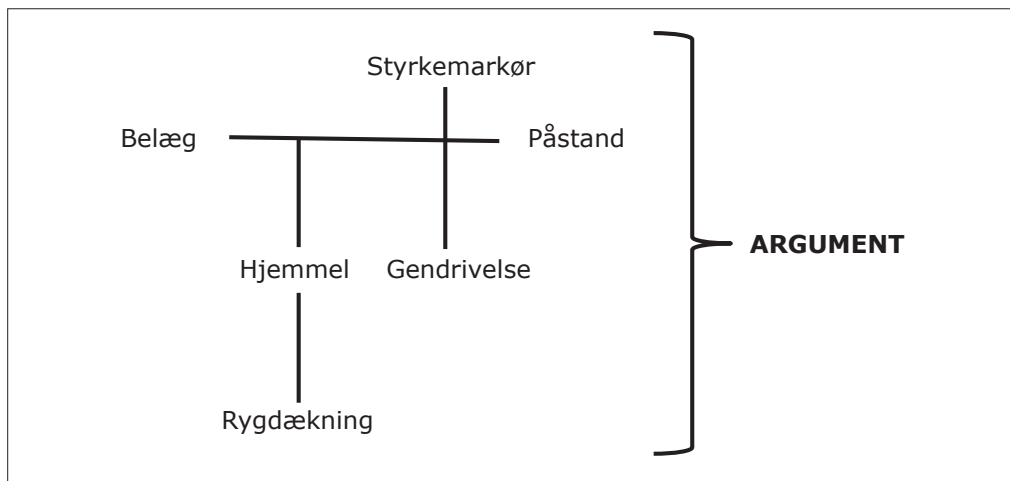
Elevformulerede arbejdsspørgsmål	Undervisningsfag	Spørgsmålstype
<i>Hvor stor er chancen for at få kræft af radonstrålerne?</i>	Biologi Fysik/kemi	Holdning og vurdering
<i>Og hvad ville konsekvenserne være af ikke at få taget en?</i>	Biologi	Forståelse og forklaring
<i>Hvor i landet kan man få en mammografi?</i>	Geografi	Viden og data
<i>Hvad er radon?</i>	Fysik/kemi	Viden og data

Tabel 2. Eksempler på kategoriserede arbejdsspørgsmål.

Det er selvsagt interessant hvorledes arbejdsspørgsmål gennem deres fokuserende funktion indvirker på elevernes formåen. I reviewet af Chin & Osborne er der indikationer (“suggesting ...”) af at der er en sammenhæng mellem kvaliteten af elevernes spørgsmål og deres tilgang til læring (“deep learning”) hhv. deres endelige begrebsforståelse (Chin & Osborne, 2008, p. 19). Dette aspekt har vi også forsøgt at forfølge i vores analyse idet vi forsøgsvist har undersøgt korrelationen mellem elevernes højeste taksonomiske niveau i spørgsmål ift. deres niveau af fællesfaglig argumentation (se nedenfor).

B. Analysen af elevernes anbefalinger og begrundelserne for disse

Toulmin-analyse af elevernes argumentation: Som det ultimative udtryk for elevernes evne til at belyse en fællesfaglig problemstilling har vi analyseret deres anbefalinger til den bekymrede veninde i SSI-casen og den tilhørende argumentation. Andre har tidligere analyseret elevers argumentation, herunder også socio-scientific argumentation (fx Osborne et al., 2004). Mange analyser har fokuseret på i hvilken udstrækning eleverne har været i stand til at generere en argumentation som i struktur og kompleksitet lever op til S. Toulmins argumentmodel (Toulmin, 1958). Modellens hovedkomponenter fremgår af figur 2:



Figur 2. Toulmins argumentmodel.

Den strukturelle kvalitet af et elevargument er typisk gjort op iht. følgende taksonomi (Osborne et al., 2004):

- Niveau 1 (uden belæg): Argumentationen består udelukkende af en eller flere påstande, men ikke belæg af nogen art.
- Niveau 2 (belæg med hjemmel): Argumentation på dette niveau indeholder en eller flere påstande med belæg og forskellige grader af hjemmel m.m. Men: ikke noget forsøg på gendrivelse.
- Niveau 3 (svag gendrivelse af hjemmel): Argumentation på dette niveau indeholder niveau 2-elementer, men tillige svage tilløb til gendrivelse.
- Niveau 4 (tydelig gendrivelse af hjemmel): Argumentation på dette niveau svarer til niveau 3, blot er der nu tale om en klart identificerbar gendrivelse. Argumentationen kan godt indeholde flere påstande og belæg m.m., men det er ikke afgørende.
- Niveau 5 (flere gendrivelser af hjemmel): Her er tale om en udvidet argumentation med flere påstande, belæg m.m. og dertilhørende flere gendrivelser.

Fra forskellig side (fx Christenson, 2015) er det blevet påpeget at elevernes argumentation godt kan være strukturelt i orden uden at den fagligt i øvrigt er gyldig. Med henvisning til en række andre studier fastslår Christenson således (p. 27): “Det er vigtigt med analytiske rammesætninger som gør det muligt på samme tid at sikre at eleverne laver reelle argumenter (strukturaspektet), og at disse giver mening fagligt (indholdsaspektet)” (vores oversættelse). Da vi deler dette synspunkt, har vi forsøgt på to forskellige måder at tilføje analysen efter Osborne-taksonomien et indholdsaspekt:

Inden for rammerne af Toulmin-analysen har vi helt enkelt tilføjet et par indholdsrettede krav så det ikke længere er nok at eleverne anfører et belæg eller en gendrivelse. Disse skal være både fagligt relevante, der skal være fagligt acceptabel hjemmel, og den faglige viden skal bruges på gyldig vis for at de tæller med. På denne måde sikrer vi at eleverne faktisk bruger faglig viden i deres argumentation, at denne faglighed er relevant, og at den bruges meningsfuldt. Med denne væsentlige indholdssikring finder vi i øvrigt Osborne et al.s taksonomi anvendelig omend den måske lægger for stor vægt på gendrivelse og differentierer for dårligt i det interval hvor flest elever præsterer. Her har vi fundet det relevant at underinddele alt efter om der gives flere belæg, evt. er tale om flere påstande med relevante og gyldige belæg. En argumentation hvor der faktisk er ét belæg med gyldig hjemmel, placeres således på niveau 2.1, mens ét argument med flere gyldige belæg berettiger til en indplacering på niveau 2.2.

Et eksempel på elevrespons og tilhørende Toulmin-analyse er vist nedenfor:

<p>P8: Anbefaling til veninden: Hun skal tage mammografiundersøgelsen.</p>	<p>P8: Argumentation: Skaden er langt større hvis hun har kræft og ikke får taget undersøgelsen, i forhold til hvis man tog prøven, og man ikke havde kræft. Man kan også med mammografi se om man har kræft, uden at det er muligt at man kan mærke det med de blotte fingre. Der er også den chance at der er radon i dit hus, og det kan betyde at der er en langt større chance for du har kræft, end hvis du ikke har været i kontakt med en for koncentreret mængde radongas, og eftersom man ikke kan smage/lugte det, er det for stor en chance for radon at det vil være for dumt ikke at få taget undersøgelsen. Det er også vigtigt at du kommer afsted og får taget den prøve så hurtigt som muligt, for jo længere man venter, jo sværere bliver det at kurere.</p>
---	---

Reformuleret analysestruktur som gør det muligt at overskue argumentationen:

Påstand: Du er tjent med at få en mammografi!

Belæg: fordi ...

1. Konsekvenserne af en udiagnosticeret kræft er store
Og de bliver kun større jo længere du venter – sværere at kurere.
2. Sundhedsrisikoen ved mammografi er i hvert fald mindre.

3. Det er en fremmelig diagnostisk metode (kan se kræft bedre end at mærke efter).
4. Du (grundet geografisk område) har en forhøjet risiko for kræft pga. mulig radon i undergrunden til dit hus.

Her er altså tale om en argumentation med hele fire belæg som alle er fagligt relevante og gyldige. Her godskriver vi eleverne for deres inddragelse af radon selvom en evt. radonforekomst snarere vil påvirke lungevævet end være en kilde til brystkræft.

Selvom argumentationen virker solid, så er der ikke tilløb til gendrivelse, så responsen holder sig på niveau 2. Alt i alt analyseres argumentationen til at være på niveau 2.4.

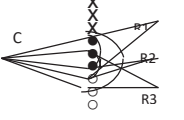
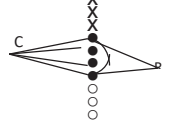
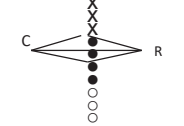
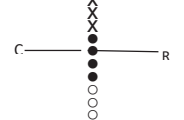
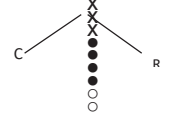
SOLO-analysen af den indholdsmæssige kompleksitet i elevernes begrundede anbefalinger: Vi har også analyseret elevernes svar ud fra den oprindelige SOLO-taksonomi (Biggs, 1982). I denne afgøres et svars kvalitet af hvor mange relevante videnselementer der indgår ("kapacitet"), om disse bringes relationelt i spil ift. hinanden ("Relationer"), og om dette sker konsistent og evt. overskridende. Nedenstående figur 3 illustrerer de forskellige SOLO-niveauer og den underliggende tænkning om kompleksitet i elevernes besvarelser.

Pointen er, at en SOLO-analyse i oprindelig forstand både er håndterbar og kan laves pålideligt hvis man forlods opregner de videnskomponenter som eleverne i sammenhængen (her altså 9. kl) burde kunne bringe i spil. I den aktuelle case fremgår disse "forventede vidensbrikker" i højrekolonnen af figur 3. Undervejs føjede vi ét nyt element til listen da et elevsvar fik os til at indse at det manglede. Afhængigt af om ét eller flere af disse dukker op i elevsvaret på rimelig vis, så er svaret på uni- hhv. multistrukturelt niveau. Hvis flere komponenter dukker op, tjekker man hvorvidt nogen af disse forbindes og/eller diskuteres op mod hinanden. I bekræftende fald er svaret relationelt. Hvis endelig der dukker relevante og udvidende svar op, så berettiger det til at svaret karakteriseres som udvidet & abstrakt ("extended abstract").

En SOLO-analyse af det tidligere anvendte eksempel på et elevsvar ("P8") identificerer dele af følgende vidensbrikker:

- 2: "i forhold til hvis man tog prøven og man ikke havde kræft."
- 4: Henvisning til radon som noget man bør medtænke/måle/ ...
- 7: "skaden er langt større ..."

Samtidig kobler den første svarsætning brikkerne 2 og 7, så svaret er ikke blot multistrukturelt, men faktisk *relationelt*.

SOLO-NIVEAU ● Relevant og forventet vidensbrik ○ Relevant vidensbrik som udvider, perspektiverer, generaliserer X Irrelevant vidensbrik	SVARSTRUKTUR Visualisering af spørgsmål (C=cue) og svar (R=response)	RELEVANTE OG FORVENTEDE VIDENSBRICKER I DEN KONKRETE SSI-SAMMENHÆNG
ABSTRAKT Overskridende det forventede, perspektivering og generalisation		1. Inddragelse af, at skadevirkningen af forskellige strålekilder kan estimeres vha. den ækvivalente strålingsdosis 2. relevant henvisning til typisk strålingsdosis og -type og den tilhørende risiko for strålingskader (herunder andre kræftformer) ifm. mammografi
RELATIONELT Et antal relevante elementer bringes i diskussion ift. hinanden og integreres evt.		3. relevant henvisning til strålingsdosis for Radon (enten typisk vha. radonkort eller aktuelt i form af undersøgelse) 4. at Radon-aktivitet med fordel kan måles & evt. reduceres 5. at Radon-eksponering først og fremmest udgør en risiko for lungerne
MULTISTRUKTURELT Flere relevante videnselementer, men ikke bragt i relation til hinanden.		6. at mammografi er en nyttig men ingenlunde sikker diagnostisk metode inddrages, dvs. viden om falsk positive og falsk negative undersøgelsesvar
UNISTRUKTURELT En enkelt relevant vidensbrik bringes på gyldig vis ind i svaret.		7. medtænkning af risikoen og de typiske konsekvenser af at gå rundt med en udiagnosticeret brystkræft, fx. risiko for spredning 8. Relevant inddragelse af vurdering af symptomer på en evt. spirende brystkræft.
PRÆSTRUKTURELT Kun irrelevante vidensbrikker bringes i spil		9. Relevant inddragelse af viden om kræftirisikoen for særlige brugergrupper (fx kvinder i den relevante aldersgruppe, rygere, arveligt belastede....) 10. overvejelser over sundhedsrisici ved at få foretaget en mammografi (uden henvisning til strålingsdosis)

Figur 3. SOLO-taksonomien efter Biggs (1982) og de vidensbrikker som har været udgangspunktet for artiklens SOLO-analyse.

C. Analytisk kvalitetssikring

Alle analyser af elevresponsene er gennemført af artiklens forfattere uafhængigt af hinanden. Interrater-reliabiliteten af de to analyser af elevernes begrundede anbefalinger blev således i *udgangspunktet* estimeret via Cohens kappa til hhv. 0.26 (Toulmin-analysen) hhv. 0.56 (SOLO-analysen). Mens værdien for SOLO-analysen er akkurat acceptabel efter gængse standarder (Cohen, 1960), så var pålideligheden af Toulmin-analysen klart under det acceptable. I forlængelse heraf blev begge sæt af scoringer diskuteret igennem indtil der var opnået enighed. Dette er dog en indikation af at Toulmin-analyse ikke er ukompliceret og kræver både eksplicitering af procedurer, træning og synkroniserende diskussion. Omvendt vil fx interesserede lærere rimelig hurtigt kunne lære sig at vurdere elevernes niveau på en SOLO-taksonomisk skala.

Hermed har vi ekspliciteret teoretiske forankringspunkter, designprincipper, et SSI-case-eksempel, en tænkning om "hård" stilladsering af elevernes arbejde samt forskellige analytiske tilgange til at kvalitetsbedømme elevsvar fra vores alternative

SSI-format. Tilsammen udgør det et foreløbigt svar på artiklens forskningsspørgsmål 1 om udformningen af et fællesfagligt SSI-prøveformat. I den afsluttende diskussion vil vi tilføje yderligere metodiske refleksioner.

Resultater (RQ2)

Hvilket billede tegner der sig af elevernes evne til situeret og selvstændigt at belyse en fællesfaglig problemstilling?

I det følgende vil vi lave tre nedslag i analysen af elevernes formåen i forskellige trin af deres arbejde med SSI-problemstillingen: deres evne til at formulere arbejdsspørgsmål, deres evne til at finde relevant og troværdig information samt mest udtømmende deres evne til at syntetisere argumenterede forslag til handling med afsæt i SSI-casen.

A Elevernes arbejdsspørgsmål

Analysen af elevernes arbejdsspørgsmål viser at eleverne kun undtagelsesvist får stillet spørgsmål som vi (med begrænsninger som biologi- hhv. fysik/kemi-undervisere) kan knytte til geografifaget. Til trods for at casen åbner for at spørge til både jordbundsforhold og demografi. Om det primært skyldes casen, eleverne og/eller den foregående undervisning har vi svært ved at afgøre. Evt. er geografispørgsmålene "gemt" i den nye "fællesfaglige" kategori, som vi måtte indføre for at opfange spørgsmål som kunne relateres til *flere* fag.

Eleverne stiller en overvægt af viden- og dataspørgsmål som kan besvares med ja, nej, et tal eller reference til leksikal viden. Selv når man betænker at en stor del af eleverne ikke forudgående var blevet undervist i det mest relevante indhold, så er det overraskende at det taksonomiske niveau fremstår så lavt. I følgeforskningen om den fælles prøve vurderes det at "det kognitivt-taksonomiske niveau i problemstillinger og arbejdsspørgsmål (...) er uangribeligt, tenderende til højt." (Rambøll et al., 2018, p. 33). Det modstridende indtryk her indikerer enten at eleverne lærer at formulere bedre spørgsmål i løbet af 9. klasse, eller at arbejdsspørgsmålene til prøven er kraftigt influeret af lærerne.

Vi har forsøgt at afdække om der er en sammenhæng mellem det taksonomiske niveau af elevernes arbejdsspørgsmål (viden og data: 1, forklaring og forståelse: 2 og vurdering: 3) og kvaliteten af de begrundede anbefalinger som eleverne når frem til (se nedenfor). Her finder vi en signifikant korrelation på 0.27. Så der er *en vis* sammenhæng, men kausaliteten er uklar: Handler det om at de gode arbejdsspørgsmål fokuserer arbejdet og dermed leder til mere argumenterede anbefalinger? Eller er det blot sådan at gode elever formulerer gode arbejdsspørgsmål og uafhængigt heraf argumenterer godt?

Spørgsmålstype	Antal spørgsmål i kategorien (total N=158)	Fag	Eksempel på arbejdsspørgsmål
Viden og data	24	Biologi	Har du børn i alderen under 20?
	50	Fysik/kemi	Hvor meget stråling udleder mammografimaskinen?
	9	Geografi	Er der meget radon i undergrunden?
	18	Fællesfaglig	Hvor kommer radon fra?
Forklaring og forståelse	18	Biologi	Hvad er fordele og ulemper ved mammografi?
	5	Fysik/kemi	Kan man fjerne radon i hjemmet eller på en måde formindske strålingen fra det?
	0	Geografi	
	24	Fællesfaglig	Hvad er farligt ved radon?
Vurdering og holdning	1	Biologi	Hvor stor chance er der for at man dør af brystkræft og lungekræft?
	1	Fysik/kemi	hvor farligt er radon?
	0	Geografi	
	8	Fællesfaglig	Hvad er det dårlige og gode ved mammografi?

Tabel 3. Kategoriseringen af elevernes arbejdsspørgsmål.

B Elevernes evne til at finde relevant og troværdig information

Selvom flertallet af eleverne ikke forlods har haft detailkendskab til det underliggende stofområde, så har en stor del af dem alligevel fundet relevant information som de med vekslende kvalitet tilegner sig og bruger i deres anbefaling og udfoldede begrundelser. Kilderne til denne viden er naturligt nok diverse lærebøger og internettet. Her er det interessant at alle elever anførte netsider som kilder, mens under halvdelen anførte lærebogskilder. Evnen til at lave en dækkende og kritisk netsøgning er således ultimativt vigtig for kvaliteten af elevernes stillingtagen og anbefaling. Vi har bedt eleverne redegøre for deres søgning (fx søgeord/streng). Af svarene fremgår det at de fleste anvender meget simple søgestrategier. Typisk søges direkte på enkelttermer,

fx “brystkræft”, “mammografi” eller “radon”. Alternativt søges overdrevent restriktivt på lange søgestrengene a la “chancen for at få kræft af stråling fra mammografi?”. Den første strategi lægger op til at man finder løsrevne vidensbrikker, den anden er i princippet relationel, men med stor risiko for at søgningen ikke giver nogen hits. På trods af disse noget ubehjælpssomme tilgange til søgning, så anfører praktisk taget alle en/flere internetkilder af både relevans og stor lødighed, fx cancer.dk, videnskab.dk, sundhedsstyrelsen osv. Når man læser deres uddybende svar på: *”Hvorfor er disse internetmaterialer gode? Hvad kigger I efter for at afgøre det?”*, så indser man at det langt hen ad vejen må være Googles fortjeneste idet ca. to tredjedele af eleverne blot henviser til at der står det de skal bruge. Et typisk elevsvar er således: *”Ja, det er de fordi de fortæller om hvad man har søgt på, og viser ikke bare en hel side reklamer”*. Et mindre antal elever betegner deres kilder som “ troværdige”, nogle tilmed med henvisning til relevante kriterier (fx at de har lavet mange undersøgelser), mens andre blot henviser til institutionen som (indlysende?) garant for den downloadede viden. Med fare for at generalisere ud over hvad et pilotstudie kan bære, så ligner det en tanke at elevernes fællesfaglige arbejde vil kunne styrkes hvis de lærer systematiske strategier til informationssøgning og kildekritik. For indeværende viser analysen af elevernes vidensgrundlag at den typiske elev i situationen og med Googles hjælp har formået at finde relevante vidensbrikker af rimelig kvalitet, men sikkert løsrevne fra hinanden og uden vished for at de dækker hele casens problemfelt.

Elevernes SSI-anbefalinger og tilhørende argumentation

Resultaterne fra Toulmin-analysen af elevernes begrundede anbefalinger går som tidligere omtalt både på at der strukturelt er tale om et argument (med belæg, hjemmel, rygdækning, gendrivelse), og på at indholdet fagligt er i orden (belæg, hjemmel m.m. er fagligt relevante og gyldige).

De fleste danske naturfagsundervisere vil nok være betydeligt mere opmærksomme på det indholdsmæssige end på det strukturelle i elevernes argumentation. Vanligvis vil de forvente at eleverne er i stand til fagligt at begrunde at noget sker (“kausal forklaring”). Argumentation er ikke det samme som forklaring, men på beslægtet vis gives også her en begrundelse i form af belæg, hjemmel m.m. Overføres forventningsniveauet for elevforklaringer til elevs argumentation, så vil de fleste lærere nok stille sig tilfredse med at elever kan håndtere argumentation på Toulmin-niveau 2-3, dvs. med visse faglige belæg, gyldig hjemmel og spæde tilløb til gendrivelse (gendrivelse fylder normalt ikke meget i den traditionelle forklaringsorienterede naturfagsundervisning).

Tabel 4 nedenfor viser resultaterne af vores Toulmin-analyse.

Toulmin-argumentniveau	Hyppighed
Niveau 1 (uden belæg)	8/34
Niveau 2 (belæg med hjemmel)	16/34
Niveau 3 (svag gendrivelse af hjemmel)	5/34
Niveau 4 (tydelig gendrivelse af hjemmel)	4/34
Niveau 5 (flere gendrivelse af hjemler)	1/34

Tabel 4. Fordeling af elevresponser på forskellige Toulmin-argumentniveauer.

Det fremgår at ca. halvdelen af eleverne præsterer argumentation på niveau 2.

Vores tal er ikke umiddelbart sammenlignelige med internationale undersøgelser af elevs SSI-argumentation da disse normalt stiller sig tilfredse med *at* der argumenteres med belæg osv., uden at forholde sig til den faglige kvalitet af belæg m.m. Med vores krav om *fagligt holdbar* argumentation er det selvfølgelig sværere at nå de højeste niveauer. Under en femtedel af eleverne får argumenteret på måder som inkorporerer en eller flere tydelige gendrivelse. Vanskeligheden ved denne (strukturelle) del af argumentation går igen i internationale undersøgelser både med yngre og alderssvarende samples (se fx Erduran et al., 2004). Mere opbyggeligt viser samme forskning også at dette aspekt kan trænes og læres.

Resultater fra SOLO-analyse af elevernes SSI-anbefalinger

Af tabel 5 nedenfor fremgår det at ca. to tredjedele af elevsvarene er klassificeret som værende uni- hhv. multistrukturelle. Dvs. at disse elever har fundet en eller flere relevante vidensbrikker som de uafhængigt af hinanden bringer i spil i deres udfoldede anbefalinger.

SOLO-taksonomisk niveau	Hyppighed
Niveau 1: Præstrukturelt	1/34
Niveau 2: Unistrukturelt	10/34
Niveau 3: Multistrukturelt	11/34
Niveau 4: Relationelt	10/34
Niveau 5: Udvidet abstrakt	2/34

Tabel 5. Fordeling af elevsvar på SOLO-taksonomiske niveauer.

De hyppigste vidensbrikker som indgår i elevernes svar, er 2, 7 og 9, dvs. inddragelse af risikoen for strålingskader ved mammografi, medtænkning af risikoen og de typiske konsekvenser af at gå rundt med en udiagnosticeret brystkræft, inddragelse af symptomer på brystkræft samt inddragelse af viden om kræfttrisikoen for særlige brugergrupper. Det er tydeligt at mange elever har taget grundlæggende pointer til sig, men det tilhørende fagligt-tekniske sprog (aktivitet, strålingsdosis, intensitet) bruges reelt ikke i elevernes svar. Således har eleverne fået godskrevet brik 2 når de har omtalt "risikoen", uden at de i øvrigt har nævnt noget om "strålingstype" og/eller "strålingsdosis". Fraværet af egentligt fagsprog afspejler rimeligvis at eleverne ikke forudgående var undervist i dette faglige indhold. Den ekstra pointe her må være at elevers kortvarige omgang med internetsider ikke er tilstrækkeligt til at etablere et aktivt fagsprog i relation til et fænomen.

Et par eksempler som illustrerer en vis spændvidde, både hvad angår den konkrete SSI-anbefaling og det SOLO-taksonomiske svarniveau:

Eksempel: unistrukturelt elevsvar:

Anbefaling: "Vi anbefaler at veninden skal til mammografiscreening."

Begrundelse: "Fordi jo tidligere man opdager sygdommen, jo tidligere overlever man den."

Her genfinder vi i en lidt sprogligt uskarp formulering vidensbrik 7 i SOLO-analysegrundlaget, som handler om "medtænkning af risikoen og de typiske konsekvenser af at gå rundt med en udiagnosticeret brystkræft".

Eksempel: relationelt svar

Anbefaling: "Vi syntes ikke du skal tage en mammografiundersøgelse da radon kun øger risiko for lungekræft og ikke brystkræft. Du er også kun 40 år gammel, så sandsynligheden for du har brystkræft, er lille."

Begrundelse: "Det er ikke godt for din krop at få stråling, så når sandsynligheden for du har brystkræft, er så lille, så synes vi ikke du skal tage den."

I dette tilfælde genfinder vi vidensbrikkerne 2 (risiko v. mammografi – implicit gemt i "det er ikke godt for din krop at få stråling"), 7 samt 9 (risiko for særlige grupper (50+). I begrundelsen kobles brikkerne 2 og 9 relationelt til hinanden.

Interessant, men ikke egentlig overraskende er der stor overensstemmelse mellem kvalitetsbedømmelsen af et elevsvar efter SOLO-taksonomien hhv. Toulmin-analysens niveauer. Korrelationen mellem scoringen på hver af de to skalaer viser sig at være 0.78. SOLO-analysen giver således et nogenlunde sammenfaldende indtryk af kvalitet i elevernes respons som den noget sværere Toulmin-analyse.

Alt i alt tegner der sig et billede af at mange elever faktisk formår at ekstrahere relevante vidensbrikker fra deres kildetekster og drage dem ind i deres argumentation på relevant vis. Det hører dog med til billedet at kun ca. 30 % af eleverne i vores sample formår at skabe sammenhængende relationel viden, og kun ca. 15 % udfolder en argumentation med antydning af for og imod.

Diskussion

Vores pilotstudie godtgør at det er muligt at udprøve elevernes evne til fællesfaglig problemløsning vha. en fællesfaglig SSI-case og en netbaseret indsamling af elevartefakter fra deres problemløsende arbejdsproces. Grundlæggende har både den elaborerede SSI-case, den procesnære artefaktindsamling og de anvendte analytiske tilgange vist sig at fungere. Hvad angår SSI-casen har studiet dog antydning at detaljer i formuleringen kan være afgørende for om alle tre udskolingsfag trækkes ind i opgaveløsningen på dækkende vis. Derfor vil det være relevant at udarbejde yderligere SSI-cases for på denne måde at afklare om et andet afsæt vil få geografi til at fremstå stærkere i elevernes besvareelser. Mere grundlæggende vil man også kunne evaluere samme elever på flere *forskellige* cases og derved afklare hvor robuste resultaterne er over for den anvendte case. Dette ville være et vigtigt bidrag til at belyse reliabiliteten af SSI-evalueringsformatet.

Det har aldrig været vores ambition at SSI-prøveformatet skulle erstatte den nuværende fællesfaglige prøve. Først og fremmest fordi vi anser denne for at matche de centrale mål for naturfagsundervisningen, men også fordi lokalt forankrede og dialogiske prøveformer generelt har høj validitet. Ved at spørge ind vil en lærer fx kunne afklare om et mangelfuldt elevsvar er udtryk for sproglige og/eller forståelsesmæssige problemer, på en måde, som vores ikkedialogiske SSI-evaluering ikke giver mulighed for. Alligevel har vi bestræbt os på at processen i vores SSI-format indeholder samme komponenter som processen hen mod den fælles afsluttende prøve – blot tidligt kondenseret. Dette åbner for at evalueringsformatet meningsfuldt vil kunne indgå i praksis, samtidig med at det har skaffet indsigter som fremadrettet kan kvalificere den prøverettede undervisningspraksis.

Hvad angår det første har underviserne i vores pilotafprøvningsklasser efterspurgt at få SSI-prøven til rådighed for at træne senere klasser mhp. den fælles mundtlige prøve fordi den nemt kan passes ind i undervisningen, træner relevante kompetencer og kan bruges formativt. Begrænsningerne er her dog at SSI-evalueringen kun indfanger en mindre del af undersøgelseskompetencen og i usikkert omfang involverer modelleringskompetence. Til gengæld vil evalueringsformatet automatisk betone literatursøgning og kildekritik på nye måder, naturfaglige dannelsesaspekter, som efter alt at dømmes forsømmes i gængs naturfagsundervisning. Derudover kræver formativ

anvendelse af prøven at underviseren trænes i at bedømme typiske elevsvar på åbne SSI-spørgsmål og give eleverne forbedrende feedback. Her indikerer vores pilotstudie at en evt. efteruddannelsesindsats nok bør fokusere på at naturfagsunderviserne lærer at bruge SOLO-taksonomien som redskab for bedømmelsen fordi den efter alt at dømme er nemmere at håndtere end bedømmelse efter Toulmin-kriterier, og fordi de to typer af bedømmelser alligevel korrelerer i betragtelig grad.

En mere ekstrem praksisanvendelse af SSI-formatet ville være at lade det erstatte den nuværende *skriftlige udtræksprøve*, som kritiseres massivt af lærerne for at være for forskellig fra den fælles mundtlige prøve. Med SSI-formatet ville man få et sammenhængende og fint samstemt evalueringssystem hvor de to delprøver vil kunne kompensere hinandens relative styrker og svagheder, fx mht. undersøgelseskompetence og forberedelses-impact. Omkostningen (set fra officielt hold) vil være at man dropper forestillingen om at meningsfulde læringsudbytter kan udmåles med selvrettende prøver.

Vores pilotstudie med SSI-evalueringssystemet har givet nye indsigter i hvorledes eleverne håndterer arbejdet med fællesfaglig problemløsning. Ved at indsamle og analysere empiri fra de forskellige trin i elevernes arbejdsproces giver evalueringssystemet indblik i hvad eleverne kan og gør på hvert enkelt trin, men det giver samtidig også mulighed for at kvalificere arbejdet med dette aspekt.

I det omfang man kan generalisere ud fra vores afgrænsede pilotstudie, så ligger der en vigtig praksisrettet indsats i at lære eleverne at søge og validere information på nettet. Meget tyder også på at man med fordel kan lære elever at skrive taksonomisk bevidste arbejdsspørgsmål *på et tidlige* tidspunkt. Det er påfaldende så få vurderingsspørgsmål vi ser på testtidspunktet i 9. klasse. Det er også påfaldende så svært det øjensynligt har været for elever at identificere og beskrive undersøgelser som kan være med til at belyse SSI-casen. Denne slags overvejelser vil kunne trænes som et relevant bidrag til undersøgelseskompetence, endda uden at eleverne rent faktisk gennemfører de konkrete undersøgelser. Endelig indikerer studiet at eleverne med fordel trænes i at diskutere for og imod for på denne måde at opbygge relationel viden og lægge grunden for argumenteret stillingtagen med øje for gendrivelse.

Samtidig med at vores studie således udpeger bud på forbedring af praksis, så er den opløftende erkendelse i nærværende pilotstudie at mange elever – med Googles hjælp – faktisk formår at finde og ekstrahere relevante vidensbrikker og drage dem ind ifm. en argumenteret stillingtagen. Tilmed uden nævneværdig fagfaglig ballast fra forudgående undervisning. Dette er i overensstemmelse med Lewis & Leach (2006), som fandt at elever kunne indgå i "reasoned discussion" ifm. en SSI-case på et moderat grundlag af viden. Målforestillingen om at elever kan opnå naturfaglig dannelse nok til at tage informeret stilling i SSI-tilfælde, forekommer pludselig ikke så urealistisk endda.

Konklusionen er herefter at vi har vist at man kan designe en meningsfuld og vel-fungerende SSI-baseret evaluering som er rimelig pålidelig og undervisningsmæssigt valid. Som noget hidtil uset har vi anvendt og vurderet flere analysemetoder – en metodetriangulering som øger pålideligheden af vores resultater. Med evaluerings-konceptets procesnære empiriindsamling har vi tillige identificeret dele af elevernes arbejdsproces som med fordel kan forbedres. Samtidig må vi erkende at vores afgræn-sede pilotstudie ikke formår at besvare samtlige spørgsmål som vi stillede i optakten. Fx har vi for få data til at lave en signifikant kønsopdelt analyse som afdækker om SSI-formatet – uden forberedelsesperiode – faktisk fjerner prøvebias til fordel for pigerne. Et næste forskningsskridt kunne således være at udvide samplet og forfølge dette spørgsmål. Det ville også være interessant at forfølge spørgsmålene: Hvor langt giver SSI-evalueringsformatet resultater som matcher elevernes afsluttende prøvere-sultater? Hvor robuste er “resultaterne” over for de SSI-cases som anvendes?

SSI-evalueringsformatet åbner således for både yderligere forskning og praksisper-spektiver.

Referencer

- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education for Everyday Life – Evidence-Based Practice*, 95(3), 518-542.
- Bekendtgørelse om folkeskolens prøver (2019). BEK nr 1128 af 14/11/2019. <https://www.retsinfo.r.dk/eli/lta/2019/1128>.
- Biggs, J. (1982). *Evaluating the Quality of Learning: The SOLO Taxonomy*. Academic Press.
- Chin, C. & Osborne, J. (2008). Students' questions: A potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1-39. <https://doi.org/10.1080/03057260701828101>.
- Christenson, N. (2015). *Socio-scientific argumentation. Aspects of content and structure*. Dissertation. Faculty of Health, Science and Technology. Karlstad University Studies. 2015:26.
- Cohen J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ Psychol Meas.* 20:37-46.
- Erduran, S., Simon, S. & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Educa-tion*, 88(6), 915-933.
- Garrecht, C.; Eckhardt, M.; Hoffler, T.N.; Harms, U. (2020). Fostering students' socioscientific decision-making: exploring the effectiveness of an environmental science competition. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 2, article 5.
- Gipps, C. (1999): *Review of Research in Education*, 24, p. 355-392.
- Karisan, D.; Zeidler, D.L. (2017). Contextualization of Nature of Science within the Socioscientific Issues Framework: A Review of Research. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 2, 139-152.

- Kolsto, S.D. (2006). Patterns in Students' Argumentation Confronted with a Risk-Focused Socio-Scientific Issue. *International Journal of Science Education*, 28(14), 1689-1716.
- Krogh, L.B.; Elgaard, J.F.; Secher, A.; Daugbjerg, P. (2021). Pigerne stikker af fra drengene i karakterer til den fællesfaglige prøve. *MONA (Matematik Og Naturfagsdidaktik)*, 1, 6-26.
- Lewis, J. & Leach, J. (2006). Discussion of socio-scientific issues: The role of science knowledge 1. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1267-1287.
- Osborne, J., Erduran, S. & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Rambøll; VIA; KP. (2020). *Indførelse af den fælles prøve i fysik/kemi, biologi og geografi – prøvens betydning for elevernes læring og motivation*. <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/publikationer/2020/juni/200616-statusrapport-endelig-juni2020.pdf>.
- Rambøll, V. U. og U. (2018). *Statusnotat – evaluering og følgeforskning: Indførelsen af den ny fælles prøve i fysik/kemi, biologi og geografi – prøvens betydning form og indhold undervisningens form*. <https://uvm.dk/-/media/filer/uvm/aktuelt/pdf18/180319-statusrapport-faelles-naturfagsproeve.pdf>.
- Sadler, T.D.; Barab, S.A. & Scott, B. (2007). What do students gain by engaging in socio-scientific inquiry. *Research in Science Education*, 37, 371-391.
- STUK (2019). *Fælles prøve i fysik-kemi, biologi og geografi – prøvevejledning*. <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/udd/folke/pdf19/nov/191121-faelles-proeve-i-fysik-kemi-biologi-og-geografi-proevevejledning-ua.pdf>.
- Toulmin, S. (1958). *The Uses of Argument*. Cambridge University Press.
- Zeidler, D.L.; Applebaum, S.M.; Sadler, T.D. (2011). Enacting a socio-scientific issues classroom – transformative transformations. In T.D. Sadler (Ed.), *Socio-scientific Issues in the Classroom*. Springer.

English abstract

We have designed and pilot-tested an internet-based assessment of students' competence for making informed decisions regarding socio-scientific issues. Students are guided through steps resembling, but condensing, an interdisciplinary oral science-exam in Denmark. Student artefacts are collected from each step to get insight into how they manage to search and validate information, consider inquiries, and in the end are able to argue for their decisions. We present the assessment format along with our analytical approaches (SOLO and Toulmin). We also present results from a pilot-study with students from four schools, demonstrating comforting as well as problematic sides of students' performance.

Målet er en kompetenceorienteret matematik- og naturfagsundervisning i grundskolen – hvad er midlet?



Karin Lilius,
Professions-
højskolen Absalon



Kari Astrid Thynebjerg,
Professionshøjskolen
Absalon

Abstract: *Formålet med et kompetenceløftsforløb er at deltagerne kan generalisere på tværs af kontekster og aktiviteter for derigennem at kunne implementere de ændringer i egen praksis der afspejles i målene for kompetenceløftet. Forskning indikerer at lærernes udbytte af kompetenceløftsforløb er mangelfuldt (Lindhardt, 2020, Rambøll, 2018, 2019 og 2020). Gennem interview og spørgeskemaer til lærere på kompetenceløftsforløb identificerer vi mulige årsager til den manglende generalisering af mål for kompetenceløftsforløb. Med afsæt i datamaterialet identificerer vi fem transformationskriterier for udvikling af kompetenceløftsforløb som i højere grad kan understøtte lærernes generalisering af målsatte kompetencer.*

Formål

Kompetenceløft har som formål at deltagerne kan generalisere på tværs af kontekster og aktiviteter så de kan implementere de ændringer i egen praksis der afspejles i målene for kompetenceløftet. Forskellige interessenter har iværksat kompetenceløftsforløb for at imødekomme behovet for at løfte lærernes kompetencer til at undervise kompetenceorienteret. De mange kompetenceløftsforløb har tilsyneladende ikke den ønskede effekt på undervisningen i skolerne (TIMMS (2019), Rambøll & KP (2019) Rambøll (2018 og 2020)).

Vi vil forsøge at identificere årsager til den manglende generalisering af målene for kompetenceløftsforløb ved at analysere data fra interview og spørgeskemaer fra kompetenceløftsforløb op mod de gennemførte kursers forløbsstrukturer.

På baggrund af analysen kommer vi med anbefalinger til kriterier for udvikling af forløbsstrukturer der i højere grad kan muliggøre den tilsigtede ændring i lærernes praksis.

Kobling til praksis og relevans

TIMMS-undersøgelsen (2019) viser at der fra 2015 til 2019 er et væsentligt fald i *dygtigheden* i matematik blandt danske 4.-klasseselever (Kjeldsen et al 2019). Christensen (2021) redegør for at der er overgangsproblemer i matematik fra grundskolen til gymnasierne. Problemerne kan ikke forklares ud fra de aktuelle styringsdokumenter idet der ses en god sammenhæng i beskrivelsen af matematikundervisningen på de forskellige niveauer. I sit conferenceoplæg *Hvilke faktorer kan være afgørende for, at vi lykkes med at iværksætte blivende fagdidaktiske forandringer gennem udviklings- og forskningsprojekter?* redegør Lindhardt (2020) for udfordringer med en manglende effekt af kompetenceløftsforløb i matematik. Lindhardts datagrundlag er indsamlet fra gennemførte kompetenceløftskurser og -forløb for matematiklærere i grundskolen. Forskningen kunne ikke bidrage med et entydigt svar på, hvorfor lærernes udbytte af forløbene var begrænset. Med afsæt i datagrundlaget har Lindhardt udviklet projektet *Bedre Anvendelsesorienteret og Eksperimenterende Matematikundervisning*. Der foreligger endnu ikke data fra projektet, og det er derfor ikke muligt at inddrage det i denne artikel.

Følgforskningen i forbindelse med afvikling af den fælles prøve i naturfagene antyder at eleverne efter ni års skolegang har udviklet de naturfaglige kompetencer i varierende grad og på et overvejende overfladisk niveau (Rambøll, 2018 og 2020). Rapporten *Undersøgelse af kompetencebehov blandt naturfagslærere i grundskolen* (Rambøll, 2019) identificerer en divergens mellem lærernes oplevelse af at undervise kompetenceorienteret og vurderingen af kompetenceorienteringen i deres undervisning. *Statusnotat Evaluering og følgeforskning – Indførelse af den fælles prøve i fysik/kemi, biologi og geografi – Prøvens betydning for elevernes motivation og læring* (Rambøll, 2020) fremhæver at der hos lærerne er en konflikt mellem et traditionelt fagsyn, der har fokus på faglig viden og forståelse, og det fællesfaglige fokus på kompetencer og håndtering af almindendannende problemstillinger. Det defineres i Rambøll-rapporten (Rambøll & KP, 2019) som et kompetencegab. Der ses endvidere indikationer på at der fortsat er brug for kompetenceudvikling af lærere, fx i forhold til at integrere de fire naturfaglige kompetencer i undervisningen og til at vurdere elevernes mestring af disse under prøven (Rambøll, 2020).

Videnbasering

Til opbygning af et teoretisk grundlag for analyse af kompetenceløftsforløb og til anbefalinger for en fremtidig forløbsstruktur for kompetenceløft af lærere har vi søgt forskningslitteratur der behandler læreres læring og professionelle udvikling. Den udvalgte litteratur har fokus på modeller for læring, motivation og forandringsprocesser til karakterisering og udvikling af kompetenceløftsforløb. I den udvalgte litteratur forsøger vi at identificere løsninger på de opmærksomhedspunkter (lærernes udbytte af kompetenceløft, konflikten mellem et traditionelt fagsyn og et fællesfagligt fokus på kompetencer og kompetencegab) der beskrives både i Rambøll-rapporterne (2018 & 2020), Rambøll & KP (2019) og i evalueringer af kompetenceløftsforløb. Vi inddrager ikke teorier om professionelle læringsfællesskaber som de er beskrevet hos bl.a. Albrechtsen et al (2016), da vi i denne artikel kun beskæftiger os med den enkelte lærers tilegnelse af kompetence gennem den personlige kvalificering af færdigheder.

Lærernes læring og professionelle udvikling

Effektiv naturfagsundervisning kan gøre en forskel for elevernes udbytte af undervisningen. Udfordringen er hvordan kompetenceløftsforløb struktureres så naturfagslærerne udvikler sig til effektive undervisere. Erfaringer viser at dette også globalt set er svært at opnå da efteruddannelse med afsæt i forskningsviden *i* og *om* lærerne har vist sig ikke nødvendigvis at resultere i at lærere udvikler sig til mere effektive undervisere (Johnson, 2009).

Et skift fra forskning *i* og *om* lærerne til forskning *med* og *af* lærerne har flyttet fokus til *karakteren af lærernes viden* i stedet for *hvor godt lærerne udfører deres arbejde*. Skiftet har ført til en forståelse af undervisning som mere end overlevering af information (Wallace & Loughran, 2012). Grundlaget for lærernes kompetenceudvikling er muligheden for en dialog om praksis i et fællesskab der kan opmuntre og støtte deres risikovillighed (Wallace & Loughran, 2012). Brug af *cases* fremhæves af Wallace & Loughran (2012) som en effektiv måde at støtte og stilladsere refleksioner fra lærernes undersøgelser af egen praksis. Når lærerne udvikler en detaljeret case, har aktiviteten potentiale til at lærerne ser deres undervisning i et nyt perspektiv. Dermed bliver udviklingen af en case i sig selv en drivkraft til forandring.

De komponenter der skal drive den enkelte lærers udvikling gennem det reflektive arbejde, er ifølge Wallace & Loughran at læreren skal være: *klar* – besidde visioner, *villig* – have motivation, *i stand til* – både vide og kunne gøre, *reflektere* – lære af erfaring samt *fælles* – fungere som medlem af et professionelt fællesskab (Wallace & Loughran, 2012). Tre af de fire komponenter hos Wallace & Loughran genfindes i Ryan og Decis tre grundlæggende psykologiske behov fra *Self Determination Theory (SDT)*. I SDT argumenteres for at alle har brug for at føle sig *kompetente*, *autonome* og *relaterede til andre* for at opnå *motivation* til at deltage i en aktivitet. Faglige sammenhæn-

ge der sikrer opfyldelsen af de tre grundlæggende psykologiske behov, vil understøtte menneskets drivkraft, fremme en mere optimal motivation samt give de mest positive psykologiske, udviklingsmæssige og adfærdsmæssige resultater (Ryan & Deci, 2008 i Thynebjerg & Lilius, 2021). Lærernes læring gennem refleksion over elevernes læring tager udgangspunkt i sammenhængen mellem scienceundervisning og sciencelæring (Wallace & Loughran, 2012).

Professionel udvikling, forandringsprocesser og undervisningstilgange

Simon & Campbell (2012) identificerer otte betingelser for lærernes succesfulde professionelle udvikling. Se tabel 1.

Otte betingelser for lærers succesfulde professionelle udvikling	
1	En opfattelse af undervisning som et dynamisk samspil med elever og andre lærere, hvor læreren er villig til at afprøve ændringer hvis effekt er uvis, i egen undervisning
2	Rum til refleksion over nye mønstre af forandring
3	En oplevelse af formål der fremmer ønsket om at ændre sig
4	Et fællesskab at dele erfaringer i
5	Mulighed for at afprøve hvad der fungerer eller ikke fungerer i klasselokalet
6	Konceptuelle input til udvidelse af teorigrundlag
7	Feedback på det afprøvede fra elever
8	Tilstrækkelig tid til at tilpasse sig ændringer

Tabel 1. Simon & Campbells (2012) identificerede betingelser for succesfuld professionel udvikling (vores oversættelse).

Simon & Campbell (2012) argumenterer for at lærerens professionelle udvikling sker inden for tre domæner: Det *personlige*, det *sociale* og det *professionelle* domæne. Første skridt mod udvikling drives af en frustration i det *personlige* og det *sociale* domæne når læreren oplever at undervisningen ikke har den ønskede effekt. Frustrationen kan motivere til afprøvning af nye idéer i praksis som læreren kan reflektere på baggrund af. Det fører til indtræden i det *professionelle* domæne. Gennem processen kan læreren udvikle kompetence til at håndtere følelsesmæssige frustrationer og bekymringer, fx tab af kontrol, faglig usikkerhed og usikkerhed om hvordan der skal intervereres. Processen kan dermed føre til en ændring i forståelsen af hvad det vil sige at være sciencelærer (*personligt*), og en oplevelse af værdien af professionelle fællesskaber (*socialt*). Slutteligt kan processen facilitere nye professionelle udviklingsaktiviteter og føre til lærerens ændrede adfærd og professionelle udvikling (*professionelt*).

Svensson (2017) redegør for tre undervisningstilgange (tabel 2): I *transmissive* undervisningstilgange er overlevering af viden og metoder centrale mål for læring. Den transmissive undervisningstilgang anses ifølge Svensson (2017) som den traditionelle. I *transitionelle* undervisningstilgange er målet færdigheder og kunnen gennem en interaktion mellem læringsstof og den lærende. I *transformativ* undervisningstilgange er målet udvikling af identitet, formål og mening gennem ukendte hændelser og refleksion.


Undervisnings-tilgange	Typiske lærings-aktiviteter	Relaterede metaforer for læring	Læringsteorier	Primære læringsudbytter/vidensmåder
Transmissiv	Forelæsninger, læreroplæg, læsning, guidet opgaveløsning	Læring som optag, læring som guidet konstruktion	Mesterlære	Værktøjer, modeller, strategier, metoder
Transitionel	Elevstyret, problemløsning, samarbejde, teamwork	Læring som deltagelse, læring som skabelse af mening	Situeret læring	Færdigheder, kunnen
Transformativ	Ukendte følelsesmæssige hændelser, refleksion	Læring som ændring/transformation	Transformativ læring, udviklende læring	Identitet, formål, mening, forventning, mål

Tabel 2. Teoriramme for tre undervisningstilgange (vores oversættelse af Svensson, 2017).

Modeller for kompetenceløftsforløb

Kennedy (2005) har identificeret ni kursusmodeller ud fra deres typiske karakteristika. De ni modeller er i tabel 3 vist udspændt i et spektrum ud fra den undervisningstilgang (beskrevet af Svensson (2017)) de afspejler: Fra transmissiv over transitionel til transformativ. Kurser kan afspejle flere undervisningstilgange afhængigt af afviklingen. Transitionelle modeller har mulighed for at understøtte de to andre undervisningstilgange. Anvendelsen af transformativ undervisningstilgange har en høj kapacitet for udvikling af professionel autonomi, mens transmissive undervisningstilgange modsat har en lav kapacitet. Modellerne gør brug af en øget grad af kollegiale relationer gennem hver gruppering på undervisningstilgang: Fra individuel over hierarkisk til ligeværdig (Kennedy, 2005). Beskrivelsen af kursusmodellerne er hentet fra artiklens beskrivelser, og den sociale relation er tilføjet da vi knytter professionel udvikling op på arbejdet i de tre domæner.

Kursusmodel	Karakteristika	Afspejlede undervisnings-tilgang	Sociale relation	Kapacitet for udvikling af professionsrettet autonomi
Træningsmodel	Agendaen bestemmes af udbyder. Afvikles typisk af eksperter uden for skolen. Lærerne indtager en passiv modtagende rolle. Opdatering af færdigheder og mulighed for at demonstrere dem. Mangler sammenhæng med klasserummet	Transmissiv	Individuel	Lav
Diplommodel	Dokumentation af ny erhvervet kunnen. Udbydes typisk eksternt. Tit forveksles begrebet <i>professionalisme</i> med <i>akademisk</i>		Individuel	
Underskudsmodel	Adresserer en observeret mangel ved lærernes undervisning. Forventningen til kompetent undervisning er typisk uklar inkl. hvilke aktørers forståelse den afspejler		Hierarkisk	
Kaskademodel	Deltagelse i træningsevents og viden- deling til kolleger. Typisk formidling af undervisningens <i>hvad</i> og <i>hvordan</i> , men sjældent <i>hvorfor</i>		Ligeværdig	
Kompetencebaseret model	Forskningsbaseret. Lærerens effektivitet sættes i direkte forbindelse med elevens læring. Medfører et behavioristisk islæt		Transitional	Individuel
Mentor- model	Par af lærere. En fungerer som mentor for den anden	Hierarkisk		
Praksisfællesskabs- model	Hensigten er udvikling af gensidigt engagement. Justering af praksis. Udvildelse af lærerens værktøjskasser	Ligeværdig		
Aktions- forsknings- model	Studiet af en praksissituation som læreren er en del af, med hensigten at øge undervisningseffektiviteten	Transformativ	Individuel	
Transformations- model	En kombination af transformative aktiviteter og udøvelse af praksis		Ligeværdig	Høj



Tabel 3. Spektrum over kursusmodeller efter undervisningstilgang (vores oversættelse og bearbejdelse af Kennedy, 2005).

Erfaringer fra tidligere kompetenceløft

De danske didaktiske modeller for kompetenceløftsforløb for naturfagslærere QUEST og KiU er gjort til genstand for følgeforskning. Både QUEST og KiU, igangsat hhv. 2012 og 2014, blev udviklet på baggrund af internationale forskningsbidrag (Nielsen & Krogh, 2017).

Forskningsbaseringen i QUEST og KiU er kondenseret til fem såkaldte konsensuskriterier for vellykket kompetenceløftsforløb der skal bidrage til ændringer i undervisningen lokalt på skoler, se tabel 4.

QUEST og KiU: Fem konsensuskriterier for vellykket kompetenceløftsforløb	
1	Fokus på det konkrete faglige indhold og relevant fagdidaktik
2	Lærernes aktive læring og kooperative læreprocesser
3	Deltagelse af flere kolleger fra samme skole
4	Længerevarende forløb med tid til iværksættelse af nye tiltag lokalt og til refleksion
5	Sammenhæng mellem det der arbejdes med på kurser, og det der afprøves lokalt.

Tabel 4. Fem konsensuskriterier for vellykket kompetenceløftsforløb.

Følgeforskningen viser at der er udfordringer med lærernes udbytte af KiU for undervisningsfaget natur/teknologi. Lærerne oplevede at de fagdidaktiske input ikke var meningsfulde, de manglede motivation, og den forventede samarbejdsgevinst udeblev stort set. QUEST havde ikke de samme udfordringer, muligvis fordi lærere i QUEST i overvejende grad deltog frivilligt og oplevede et større samarbejde med fagkolleger efter forløbet. Både QUEST- og KiU-lærerne fremhævede forløbenes konkrete hands-on-eksperimenter og tillagde tilsyneladende den udvalgte fagdidaktiske litteratur mindre værdi (Nielsen & Krogh, 2017).

Fremgangsmåde

Med afsæt i opmærksomhedspunkterne nævnt i statusnotat fra Børne- og Undervisningsministeriet (UVM) (Rambøll, 2020) er vores fokus på ændring af lærerens lærings-syn fra et traditionelt til et kompetenceorienteret. De tre forskellige kompetenceløftsforløb analyseres op mod Simon & Campbells (2012) otte betingelser for succesfuld professionel udvikling og de fem konsensuskriterier fra QUEST og KiU (Nielsen & Krogh, 2017). Udfordringer af såvel administrativ (vejledninger, manglende jobbeskri-

velser etc.) som økonomisk karakter inddrages ikke. Vi adskiller dermed forhold der umiddelbart kan gøres noget ved, fra forhold der skal løses længere oppe i systemet. Fokus vil derfor ligge på hvordan lærerens læringssyn og underviserkompetence kan udvikles, mens vi ikke beskæftiger os med eventuelle administrative benspænd som løses på et politisk niveau.

Med baggrund i forskningslitteratur vil vi diskutere hvilke betingelser der bør være til stede hvis lærerne skal have mulighed for at ændre deres praksis, og dermed har vi fokus på hvordan kompetenceløftsforløb kan struktureres så disse betingelser bliver opfyldt.

Indsamling af data

Vi har valgt at inddrage tre kompetenceløftsforløb fra *Center for skole og læring*, *Professionshøjskolen Absalon*: Kompetenceløft gennem deltagelse på Grunduddannelsen (FK-undervisningsfag), et komprimeret forløb på Center for efter- og videreuddannelse (NT-forløbet) samt et kursus på Center for undervisningsmidler (kommuneprojektet) for evt. at kunne identificere afgørende forskelle der kan danne udgangspunkt for en anbefaling af kriterier for fremtidige kompetenceløftsforløb.

Data er indsamlet som hhv. kvalitative spørgeskemaer til NT-forløbet og kommuneprojektet og et fokusgruppeinterview med FK-undervisningsfag. Undervisningen på NT-forløbet og kommuneprojektet afvikledes online, og spørgsmålene i tabel 5 blev af logistiske årsager besvaret online i form af et kvalitativt spørgeskema.

Data	Efteruddannelsesforløb i fysik/kemi på grunduddannelsen	NT Online-efteruddannelsesforløb i undervisningsfaget natur/teknologi	Kommunalt fysik/kemi kompetenceløftprojekt
Spørgeskema	Ikke anvendt	6 ud af 6 uddannede lærere	7 ud af 20 uddannede lærere
Fokusgruppeinterview	8 ud af 10 uddannede lærere	Ikke anvendt	Ikke anvendt

Tabel 5. Dataindsamling på kompetenceløftsforløbene

Data	Spørgsmål stillet til de deltagende lærere
Spørgeskema	<ol style="list-style-type: none"> På hvilken måde har kurset med fokus på naturfag medvirket til en ændring i din undervisningspraksis? <ol style="list-style-type: none"> Hvis du ændrede praksis, hvad var så årsagen? Hvis du ikke ændrede praksis, hvad var så årsagen? Hvilke forslag har du til ændringer/forbedringer til fremtidige kurser, så de bedre tilfredsstiller dine behov for meningsfuld udvikling i din lærerrolle?
Fokusgruppe interview	<ol style="list-style-type: none"> Hvor mange gange har du deltaget i kompetenceløftkurser/forløb i naturfag og/eller matematik for lærere? (På hvis initiativ og hvorfor) <ol style="list-style-type: none"> Hvordan var kurset/forløbet struktureret? (antal gange/ timer/ undervisningsform/ fokus for kurset personligt, socialt og professionelt) På hvilken måde har kurset med fokus på naturfag medvirket til en ændring i din undervisningspraksis? <p>Hvis du ændrede praksis, hvad var så årsagen?</p> <p>Hvis du ikke ændrede praksis, hvad var så årsagen?</p> Hvilke forslag har du til ændringer/forbedringer til fremtidige kurser, så de bedre tilfredsstiller dine behov for meningsfuld udvikling i din lærerrolle?

Tabel 6. Spørgsmål i dataindsamling fordelt på indsamlingsmetode.

Spørgsmålenes sigte er at afdække lærernes professionelle udvikling af kompetence og ændring i forståelse fra en transmissiv til en transformativ undervisningstilgang. Svarene analyseres derfor op mod de otte nødvendige betingelser for læring (tabel 4) samt muligheden for professionel udvikling gennem de tre domæner (Simon & Campbell, 2012). Tilstedevær eller fravær af betingelserne samt muligheden for at arbejde i alle tre domæner anvendes som indikatorer for om lærerne opnår et reelt kompetenceløft, og kan give indsigt i forløbsstrukturernes effekt.

I fokusgruppeinterviewet med lærerne på FK-undervisningsfag er tilføjet et spørgsmål der fokuserer lærerne mod samtalen om deres oplevelse af kompetenceløftskursers læringspotentialer. Samme fokusering er allerede til stede hos lærerne på NT-forløbet og kommuneprojektforløbet da spørgeskemaerne udfyldes i forlængelse af et netop afsluttet kompetenceløftsforløb.

De forskellige dataindsamlingsmetoder giver forskel i besvarelsernes dybde hvorfor FK-lærernes svar fremstår mere reflekterede. Vi mener at FK-lærernes svar bidrager til nuanceringen af undersøgelsen på en positiv måde hvorfor denne bias accepteres.

Præsentation af de tre kursers forløbsstrukturer

Den valgte kursusmodel, undervisningstilgang, muligheden for sociale relationer og det tidlige forløb udgør tilsammen forløbsstrukturen for et givet kursus. Elementerne er indbyrdes afhængige, og fx har den valgte kursusmodel betydning for hvilken

undervisningstilgang der er realiserbar (tabel 2). I det følgende redegøres for de undersøgte kompetenceløftsforløbs varighed, erklærede mål og mødefrekvens samt de anvendte metoder til dataindsamling.

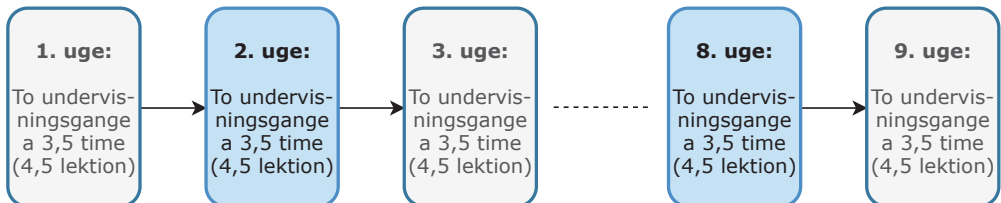
De tre undersøgte forløbs varighed og begrundelse for deltagelse fremgår af tabel 7.

Kursus Variable	Efteruddannelsesforløb i fysik/kemi på grunduddannelsen	NT online-efteruddannelsesforløb i undervisningsfaget n/t	Kommuneprojektet – Kommunalt fysik/kemi-kompetenceløft
Forløbslængde	Tre moduler a 76 lektioner fordelt over 15 uger med 4,5 lektioner pr. gang	To fysiske opstarts dage og i alt 30 uger a 2 timers undervisning i tremandsgrupper	Tre gange med samlet 9 timers undervisning og 3 timer med fokus på læremidler – Online pga. corona
Frivillighed	Ja	Ja, på nær én	Nej (tvunget, men valgfrihed blandt flere fag)

Tabel 7. Varighed og begrundelse for deltagelse på de undersøgte kompetenceløftsforløb.

FK-undervisningsfag forløber over 1½ år fordelt på tre moduler med fysisk fremmøde to gange ugentlig á 4,5 lektioner. Modulernes længde er på 76 lektioner. Dertil omlægges 20 vejledningstimer til undervisning samt vejledning under de studerendes arbejde med tre deltagelsespligtige opgaver pr. modul. Undervisningen udvides dermed fra 76 til 96 lektioner.

Målet for alle tre moduler i FK-undervisningsfag er at den studerende begrundet kan anvende naturfagsdidaktisk viden og færdigheder til at planlægge, gennemføre, evaluere og udvikle undervisning i fysik/kemi. De specifikke mål for hvert modul kan ses i studieordningen for FK-undervisningsfag (Studieordning, 2020). Holdet har deltagelse af 26 studerende hvoraf de ti uddannede lærere indgår i undersøgelsen. De ti lærere deltager alle efter eget valg i kompetenceløftet. Kun en enkelt af de ti lærere underviser ikke i fysik/kemi.



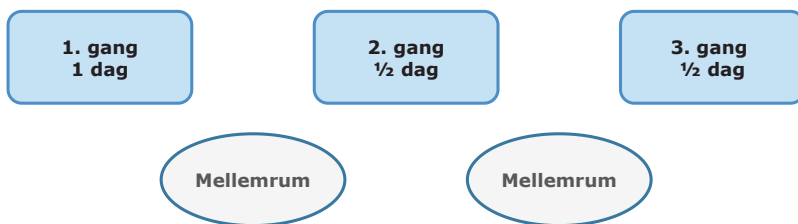
Figur 1. FK-undervisningsfag modulstruktur.

NT-forløbet havde til formål at lærerne opnåede undervisningskompetence til undervisningsfaget natur/teknologi. Det var et komprimeret forløb (20 mod normalt 30 ECTS-point) på tre moduler a ti onlineundervisningsgange a tre timer over ét studieår samt to fulde indledende dage. Målet for alle tre moduler i undervisningsfaget natur/teknologi er at den studerende begrundet kan anvende naturfagsdidaktisk viden og færdigheder til at planlægge, gennemføre, evaluere og udvikle undervisning i natur/teknologi. De specifikke mål for hvert modul kan ses i studieordningen for undervisningsfaget natur/teknologi (Studieordning, 2020). Deltagerne havde undervisning i natur/teknologi i mindst en klasse på deres respektive skoler gennem forløbet. NT-forløbet har strukturelle og designmæssige ligheder med KiU (Nielsen & Krogh, 2017).



Figur 2. NT-struktur.

Kommuneprojektet var bestilt fra kommunalt hold til alle rekvirentkommunens skoler. Det forløb over to måneder med fysisk fremmøde tre gange a hhv. seks, tre og seks timers varighed og med et interval mellem kursusgangene på ca. én måned. Mellem kursusgangene mødtes lærerne i kursusgrupperne for at arbejde videre med og afprøve det undervisningsforløb de havde udviklet på kurset. Målet var at lærerne skulle opnå et kompetenceløft inden for et målsat område (udvikling af elevernes modelleringskompetence) som blev aftalt mellem undervisere og to udvalgte lærere.



Figur 3. Kommuneprojektets struktur (projektets egen model).

Analyse og resultater

De tre kompetenceløftsforløb har samme undervisere og er dermed i deres udgangspunkt identiske ift. den didaktiske tilgang og læringssyn hvilket gør dem sammenlignelige. Det der adskiller dem, er muligheden for udfoldelse af undervisningstilgang baseret på kursusmodel og det tidslige forløb. Vi undersøger dermed alene effekten af forløbsstrukturene.

For at kunne vurdere kursernes potentiale til at udvikle lærernes kompetencer analyserer vi indledningsvist de tre kompetenceløftsforløb op mod Svenssons et al.s teoriramme for undervisningstilgange (2017) samt Simon & Campbells teori (2012) om professionel udvikling gennem tre domæner. Efterfølgende inddrager vi Simon & Campbells (2012) otte nødvendige betingelser for lærernes læring og de fem konsensuskriterier for et vellykket kompetenceløftsforløb (Nielsen & Krogh, 2017).

Foruden dataindsamling gennem fokusgruppeinterview med FK-lærerne og kvalitative spørgeskemabesvarelser fra NT-lærerne og lærerne på kommuneprojektet inddrages undervisernes informering om indhold i alle tre forløb.

I analysen af FK-modulerne anvendes Studieordningen (2020), til NT-forløbet anvendes informationer fra annonceringen på hjemmeside (pha.dk) og i analysen af kommuneprojektet anvendes informationer til undervisere på projektet.

Analyse af kompetenceløftsforløb op mod teori om undervisningstilgange og domæner

Både FK-undervisningsfag og NT-forløbet tilbyder en kombination af transformativ aktivitet og refleksion på baggrund af praksis og kan dermed karakteriseres som transformationsmodeller med elementer fra aktionsforskningsmodellen (tabel 3) (Svensson et al., 2017). Når lærerne reflekterer over ukendte hændelser i praksis, tilbydes mulighed for udvikling af identitet og mening.

Lærerne møder med forventningen om en transmissiv undervisningstilgang og oplever en frustration der oftest udtrykkes som modstand mod læring og forandring. Frustrationen skyldes fravær af oplevet mening fordi undervisningen og dens indhold ikke stemmer overens med den oplevede virkelighed i skolen (kompetencegabet). Gennem fælles refleksion arbejder lærerne sig gennem frustrationerne og oplever en stigende grad af mening (kompetencegabet lukkes):

“Læring tager tid, tid til at arbejde sig gennem frustrationerne [...] Man oplever frustrationen først meget længe, og så begynder man at komme over det.” (FK-lærer 3).

Alle tre domæner (Simon & Campbell, 2012) indgår i FK-undervisningsfag og NT-forløbet gennem arbejdet med formative evalueringsprocesser. Der arbejdes i faste grupper som ved hver undervisningsgang sætter mål for deres arbejde frem mod opnåelse af

målene for undervisningen (*socialt*). Lærerne sætter egne individuelle mål for opnåelse af gruppens mål, og studiegrupperne arbejder med en høj grad af selvbestemmelse med aktiviteter (*personligt og socialt*). Gruppernes planlægningen og afprøvningen af undervisning i praksis på FK-undervisningsfag og NT-forløbet inddrager både det *sociale* og *professionelle domæne* (Thynejbjerg & Lilius 2021).

“Med det her – med fare for at lyde meget hippieagtig, så har det her – det har sat både mig og eleverne fri. Den her måde at arbejde på, at gå ind og sige: I er selv med til at definere målene. Det har været en proces, for jeg gider også godt at sørge for at de når så langt som muligt, men det har taget lidt tid at nå dertil, men det sætter jo mig fri. [...] Det har taget lidt tid at nå hertil, men jeg ved godt hvad jeg helst selv vil – nu.” (FK-lærer 8).

Kommuneprojektet kan karakteriseres som en underskudsmodel med elementer fra aktionsforskningsmodellen (tabel 3). Undervisningstilgangen er tilrettelagt til at være transformativ gennem undersøgelse af egen praksis, gruppernes egen målsætning og evaluering af målopnåelse. Lærernes deltagelse er ikke frivillig, og deres forventning er en transmissiv undervisningstilgang:

“Jeg har ikke fået noget nyt som jeg ikke allerede vidste, tænkte, eller gjorde i forvejen.” (kommuneprojekt lærer 2).

De tre domæner for professionel udvikling er indtænkt i designet. Arbejdet med udvikling af forløb i grupper inddrager de *personlige* og *sociale* domæner, og oplægget til afprøvning og refleksion af udviklede undervisningsforløb sikrer inddragelse af det *professionelle domæne*.

Besvarelser fra spørgeskemaerne antyder at kommuneprojektet har ringe effekt:

“Jeg føler ikke umiddelbart at jeg har fået noget brugbart ud af dette kursusforløb.” (kommuneprojekt lærer 1).

“Måden [lærerens egen] at undervise på er ikke synderligt ændret da jeg mangler at komme mere i dybden.” (kommuneprojekt lærer 3).

Strukturen adskiller sig på en væsentlig parameter fra de to andre kompetenceløftsforløb idet det kun forløber over to måneder hvilket diskuteres under tidsaspektet.

FK-undervisningsfag og NT-forløbet synes i højere grad at kunne skabe mulighed for generalisering af udviklede professionelle kompetencer:

“Jeg tror at jeg fra start har tænkt at jeg skulle have mere fagligt serveret eller på en eller anden måde gennemgået mere slavisk vel vidende at det er mig selv der lærer, og at det

er mit eget ansvar. Det er jo absurd når jeg kommer til kurset med en viden om at det er elevernes kompetenceudvikling der er altafgørende.” (NT-lærer 4).

De kompetenceløftsforløb vi har undersøgt, er i overvejende grad struktureret ud fra modeller der *kan* understøtte transformativ undervisningstilgange og generalisering af kompetencer gennem de tre domæner.

Forløbsstrukturernes opfyldelse af de fem konsensuskriterier

I forhold til de tre kompetenceløfts forløbsstrukturers opfyldelse af de fem konsensuskriterier for kompetenceløftsforløb (tabel 4) (Nielsen & Krogh, 2017) ses at: FK-undervisningsfag opfylder ikke kriteriet om deltagelse af flere kolleger fra samme skole, for NT-forløbet opfyldes dette kriterie kun i et enkelt tilfælde, og for kommuneprojektet opfyldes kriteriet om et længere forløb ikke.

Analyse af de tre kompetenceløftsforløbs potentialer for læring forhold til de otte nødvendige betingelser for lærernes læring

Med udgangspunkt i udsagn fra lærerne på de tre kompetenceløftsforløb og med afsæt i Simon & Campbells (2012) otte nødvendige betingelser for lærernes læring vil vi analysere læringspotentialet som lærerne oplevede det.

Punkt 1: En opfattelse af undervisning som et dynamisk samspil med elever og andre lærere hvor læreren er villig til at afprøve ændringer hvis effekt er uvis, i egen undervisning.

Lærerne på FK-undervisningsfag og NT-forløbet tilkendegiver at forløbene påvirker deres måde at tænke undervisning på, og er bevidste om at undervisning bliver til i et dynamisk samspil med eleverne, og accepterer elementer af uvished i deres undervisning. Kommuneprojektets lærere giver udtryk for at de opfatter det der sker på forløbet, som irrelevant. De efterspørger noget brugbart hvilket er i modstrid med at undervisning bliver til i et dynamisk samspil.

“I et forløb på 1½ år får jeg tid til at modnes og finde ud af at OK der er noget her der virker, og jeg kan gå ud og afprøve det og vende tilbage, og så kan jeg stille og roligt få vendt min undervisning.” (FK-lærer 4).

“Det er svært at gennemføre en undervisning baseret på forudproducerede undervisningsmaterialer – og samtidig opfylde gældende krav til undervisningen. Det er sjovere at freestyle og selv finde på i mødet med eleverne end at følge en lærebog, så når jeg kan, så er det hvad jeg foretrækker.” (NT-lærer 3).

“At der på en eller anden måde blev knyttet noget på som reelt er relevant og kan bruges til noget, i stedet for at skulle sidde med fremmede mennesker og planlægge et fiktivt forløb.” (kommuneprojektlærer 7).

På FK-undervisningsfag nævnes kolleger på egne skoler som væsentlige sparringspartnere mod en ændret fælles praksis.

“Altså det her kursus, det ændrer noget. Og det gør det også for mine kolleger, de får ikke lov at dø i synden.” (FK-lærer 2).

“Jeg er naturfagskoordinator – og det er interessant at prøve at få indført det som vi arbejder med her. Det er helt sikkert at det er noget som vi vil bruge, det vi lærer her. Det kommer videre ud på vores skole.” (FK-lærer 5).

Punkt 2: Rum til refleksion over nye mønstre af forandring.

Lærerne på både FK-undervisningsfag og NT-forløbet oplever rum til refleksion, en refleksion der er tæt koblet til deres egen praksis. Dette kan bidrage til generalisering af de udviklede kompetencer. Kommuneprojektlærerne giver udtryk for *ikke at komme i dybden* og efterspørger en transmissiv undervisningstilgang. Begge perspektiver vanskeliggør refleksioner der kan understøtte mønstre af forandring.

“Jeg var frustreret i starten: Og så er det at det er kompetencerne der er i spil. Skal jeg ikke lære noget? Og jo, det skal jeg, bare på en anden måde. Det her med at skulle sadle om, selv at sige, jamen jeg får sgu ikke serveret noget – at jeg skal selv ud og jage det jeg skal vide noget om – selv sætte mål for hvordan jeg får noget på fad, så at sige.” (FK-lærer 1).

“Jeg er blevet mere bevidst om at være mere skarp på de fire naturfaglige kompetencer, få flere undersøgelser og modellering i undervisningen og give mere slip i forhold til min styring og give eleverne mere medbestemmelse.” (NT-lærer 5).

“Måden at undervise på er ikke synderligt ændret da jeg mangler at komme mere i dybden og afprøve forskellige ting i undervisning pga. corona.” (kommuneprojektlærer 5).

Punkt 3: En følelse af formål der fremmer ønsket om at ændre sig.

På FK-undervisningsfag og NT-forløbet har lærerne et ønske om opnåelse af undervisningskompetence i de respektive fag. Både FK- og NT-lærerne giver udtryk for at de gennem undervisningen oplever en kvalificering af deres undervisning i faget, en forståelse af kompetenceorienteret undervisning, og hvordan en sådan tilrettelægges. Lærere på kommuneprojektet giver udtryk for mangel på oplevet formål.

“Det er stadig en proces, men det skal nok komme til at lande godt. Og hvis jeg ikke havde det sådan, ville jeg jo også spilde min tid.” (FK-lærer 7).

“Fokus på kompetenceområder giver i min holdning bedre mening i forhold til at uddanne elever.” (NT-lærer 5).

“På ingen måde. Jeg føler ikke umiddelbart at jeg har fået noget brugbart ud af dette kursusforløb.” (kommuneprojekt lærer 7).

Punkt 4: Et fællesskab til at dele erfaringer i.

På alle tre kompetenceløftsforløb arbejder lærerne i studiegrupper. De formative evalueringsprocesser som definerer arbejdet i de faste grupper på både FK-undervisningsfag og NT-forløbet, giver mulighed for refleksion over undervisningen og implementeringen på skolerne. Dermed bidrager det til at kvalificere og professionalisere læringsfællesskabet på kompetenceløftsforløbene. Kommuneprojektets lærere tilskriver også fællesskabet værdi fordi de får et netværk at sparre med.

FK-lærerne er fokuserede på det samarbejde de skal ud at udvikle på skolerne, mens NT- og kommuneprojektets lærere nævner fællesskabet på forløbene.

“Altså det her kursus, det ændrer noget. Og det gør det også for mine kolleger, de får ikke lov at dø i synden.” (FK-lærer 2).

“... der er brug for tid til forberedelse – herunder tid til at mødes med andre studerende.” (NT-lærer 5).

“Sparring med kolleger, der også arbejder på specialskole.” (kommuneprojekt lærer 2).

Punkt 5: Mulighed for at afprøve hvad der fungerer eller ikke fungerer i klasselokalet.

Både i FK-undervisningsfag, NT-forløbet og kommuneprojektet havde lærerne mulighed for at gennemføre undersøgelser i egen praksis. På baggrund af dem kunne de reflektere over sammenhængen mellem teori og praksis gennem udvikling af cases. FK-undervisningsfagets og NT-forløbets lærere afprøvede løbende de tilegnede kompetencer i egen undervisning. Kommuneprojekt lærerne skulle i “mellemrummene” afprøve de udviklede undervisningsforløb, men blev ramt af coronarestriktioner. Det vanskeliggjorde afprøvning inden for projektets løbetid, og ingen af grupperne gennemførte afprøvningen med udgangspunkt i kurset.

“Jeg er i fuld gang med at implementere det derude. Jeg vil ikke sige at jeg er landet, og wauw, det virker. Og oplevelsen af kaos er forøget markant i min undervisning, men jeg tør jo godt stole lidt på at det virker. Jeg ved det ikke endnu, men jeg prøver. Så man kan sige at det her i hvert fald er med til at min praksis ændrer sig. Jeg er ikke der hvor det fungerer endnu – men det her er – det er noget der ændrer min undervisning.” (FK-lærer 4).

“... flere små undersøgelser vi skal prøve af med vores elever og vende tilbage med i vores gruppe/kursus.” (NT-lærer 6).

“At eleverne var hjemsendt og derfor ikke kunne udføre det planlagte.” (kommuneprojekt-lærer 5).

Punkt 6: Konceptuelle input til udvidelse af teorigrundlag.

Deltagelse på FK-undervisningsfag og NT-forløbet kræver at der arbejdes aktivt med både fagdidaktisk forskningslitteratur og undervisningsfagernes kernefaglighed som forberedelse til undervisningen. Ved fremmødet bringer FK-lærerne det forberedte i anvendelse i de selvvalgte aktiviteter de udvikler, med afsæt i de kommunikerede overordnede mål for undervisningen. NT-lærerne forbereder i gruppen input til undervisningen på baggrund af mål og litteratur. De overordnede mål for undervisningen i både FK-undervisningsfag og NT-forløbet er formuleret så de sikrer et samspil mellem det fagdidaktiske og det kernefaglige tema for undervisningen.

Citater fra både FK- og NT-lærere afspejler at kernefaglighed, didaktik og praksis integreres i deres forståelse af fagene. I kommuneprojektet skulle lærerne forberede sig ved at læse et par artikler som udgjorde det teoretiske udgangspunkt for den praksis de skulle arbejde med, men lærerne giver udtryk for at didaktisk teori er irrelevant, og efterspørger i højere grad input med kernefaglig viden samt hands-on-idéer.

“Det her med at undersøge ting, at arbejde hen imod de her kompetencer, det synes jeg faktisk også er fint.” (FK-lærer 7).

“At gøre min undervisning bedre, få flere motiverede elever og forhåbentlig mere af den gode læring.” (NT-lærer 6).

“At kursus var mere målrettet noget fagfagligt og ikke nødvendigvis ren didaktik. Måske et fokus på HVORDAN man underviser eleverne i de naturfaglige kompetencer, med gode idéer og tips.” (kommuneprojekt-lærer 7).

Punkt 7: Feedback fra elever på afprøvede idéer.

Lærerne på alle tre forløb har mulighed for at implementere og afprøve de kompetencer der arbejdes med på forløbet, i deres praksis og dermed mulighed for løbende feedback fra deres elever.

Lærerne på FK-undervisningsfag og NT-forløbet nævner at de tilpasser deres undervisning efter feedback fra deres elever. Kommuneprojekt-lærerne anfører at afprøvningen ikke lod sig gøre hvorfor de heller ikke fik elevfeedback.

“Jeg tager løbende noget med, og jeg synes også det er noget der virker – særligt det her med evalueringsformen faktisk, det her med at de skal give hinanden feedback. Det er dejligt be-

friende. Det fungerer meget bedre med peer feedback end når jeg har skrevet noget, og de har fået en karakter [...] Det vil de faktisk også meget hellere. De er meget mere på. (FK-lærer 7).

“... turboforløbet [har] givet mig et overblik over hvad børnene skal lære – hvad der har givet anledning til at tilpasse undervisningsidéer til de konkrete elever og basere undervisningen på eleverne og deres hverdagsforståelse og interesser.” (NT-lærer 3).

“... eleverne var hjemsendt og derfor ikke kunne udføre det planlagte.” (kommuneprojekt-lærer 5).

Punkt 8: Tilstrækkelig tid til at tilpasse sig ændringer.

Lærerne på FK-undervisningsfag og NT-forløbet anser i høj grad tid som en betydende faktor. På det komprimerede NT-forløb giver lærerne udtryk for at de var pressede på tid. Kommuneprojektet var kort, og lærerne nåede ikke at forstå at det handlede om at udvikle kompetencer:

“... så jeg tror det skal have en vis varighed, det er simpelthen ikke nok at sådan komme et par eftermiddage og lige høre lidt. Så bliver det så overfladisk, og man får det ikke ind under huden. Man kan da godt se en PowerPoint med kompetencerne, hvordan kan man gøre det og opstille nogle problemformuleringer, og så kan de arbejde sådan, og hvordan kan man gøre i forhold til en fremlæggelse og postersession og alt det. Men hvis man ikke – Altså det rykker ikke – det rykker ikke [...] det skal være af en vis varighed, for hvis vi var stoppet til jul, så havde vi ikke været der overhovedet – vi havde ikke rykket nok.” (FK-lærer 3).

“Mere tid til hvert emne.” (NT-lærer 6).

“Når nu verden er i undtagelsestilstand – så overvej hvad vi vil presse ind i en i forvejen presset hverdag.” (kommuneprojekt-lærer 4).

For lærerne på kompetenceløftet FK-undervisningsfag er der ingen udfordringer i at opfylde de otte nødvendige betingelser for lærernes læring (tabel 1) (Simon & Campbell, 2012). På NT-forløbene kan deltagerantallet være lavt hvilket udfordrer et fællesskab at dele erfaringer i og dermed dynamikken i undervisningen. Kommuneprojektet udfordres blandt andet af at det korte forløb giver lærerne begrænset tid til tilpasning af ændringer.

Lærernes læringssyn ved kursernes start var præget af en traditionel forståelse af at viden kan overføres (*transmissivt*), men over tid og gennem refleksion ændres det mod et *transformativt* læringssyn og en kompetenceorientering i deres egen undervisning. Denne transformation sker ikke for kommuneprojektets lærere. Dermed kan læringspotentialet betegnes som højt i FK-undervisningsfag og NT-forløbet, men lavt for kommuneprojektet (tabel 3).

Diskussion

Vores analyse indikerer at kompetenceløftsforløbenes længde (tid), mødefrekvens, frivillighed og rum til refleksion på baggrund af afprøvninger i praksis er essentielle for at transformativ kursusmodeller kan skabe mulighed for udvikling af de målsatte kompetencer.

FK-undervisningsfag og NT-forløbet er eksempler på kompetenceløftsforløb med frivillig deltagelse over længere tid og med høj mødefrekvens. Begge kompetenceløftsforløb er sammensat af kursusmodeller der ligger i den transformativ del af spektret. De tilbyder en kombination af transformativ aktiviteter og tilknytning til praksis. Lærerne har uden for selve kursustiden mulighed for praksisafprøvning af teoretiske fagdidaktiske input. Afprøvningsne formuleres som cases og gøres til genstand for refleksive processer i studiegrupperne. Studiegrupperne får derved karakter af praksisfællesskaber. Begge kompetenceløftsforløb tilbyder dermed en kursusmodel der antager både en individuel og ligeværdig transformativ undervisningstilgang.

Effekten af kommuneprojektet må anses for at være tvivlsom. Det er som udgangspunkt en underskudsmodel, og motivationen er præget af *ufrivillighed*. Projektstrukturen lægger op til at arbejde med cases der kan skabe mulighed for transformativ læring. Afprøvning og refleksion over egne tiltag i professionelle fællesskaber er således tænkt ind. Underskud på tid og lav mødefrekvens underminerer de elementer af transformativ læring der kunne være initieret.

De otte nødvendige betingelser (Simon & Campbell, 2012) tilgodeses alle i både FK-undervisningsfag og NT-forløbet, mens QUEST og KiU's fem konsensuskriterier kun delvist tilgodeses. Fælles deltagelse af flere kolleger fra samme skole viser sig i vores analyse ikke at være en nødvendighed hvis det sikres at der er tid (længerevarende forløb), høj mødefrekvens og rum til at lærerne får forandringerne *ind under huden*.

Hos Ryan & Deci (2008) er frivillighed en forudsætning for at opleve motivation (Ryan & Deci 2008 i Thynebjerg & Lilius, 2021) hvilket genfindes hos Wallace & Loughran (2012) udtrykt gennem begrebet *villig*. En frivillig deltagelse sikrer dermed mulighed for at lærerne er klar til de udfordringer og forandringer der er målet for kompetenceløftet.

Tilstrækkelig tid til at tilpasse sig ændringer er ifølge Simon & Campbell (2012) en nødvendig betingelse for lærernes læring. Det bekræftes i vores undersøgelse.

Tidsaspektet påvirker det *personlige domæne* i professionel udvikling ved at skabe rum for at arbejde med de frustrationer som er en del af forandringsprocessen, og giver dermed plads til refleksioner. Desuden har tidsaspektet en indflydelse på det *sociale* og det *professionelle domæne* da det har betydning for hvor ofte og hvor meget tid der er afsat til fagligt samarbejde i studiegrupperne med refleksionsprocesser.

Tilstrækkelig tid er nævnt som en forudsætning i de fem konsensuskriterier fra QUEST og KiU (Nielsen, 2017) og i Lindhardt (2020), men tid synes ikke at kunne gøre

det alene. Vores analyse indikerer at en høj mødefrekvens (ugentligt) er væsentlig for forandringsprocessen og for at kunne skabe et rum for fælles refleksion. Rum forstås i denne sammenhæng som en undervisning der afspejler et transformativt undervisningssyn, hvilket er en betingelse for at opnå et kompetenceløft.

En væsentlig del af strategien bag kompetenceløftsforløb af typen kaskademodel er videndeling med kolleger. Et konstruktivistisk læringsyn og en transformativ forståelse af læring er uforenelig med en forståelse af viden som genstand for deling. Et kompetenceløftsforløb bør i sagens natur "løfte" deltagerens kompetence inden for det givne område. Da kompetencer er personligt kvalificerede færdigheder der udvikles og anerkendes som en personlig proces i en social kontekst, kan kompetencer i sagens natur ikke "videndeles". En kvalificeringsproces (*det professionelle domæne*) må indebære mulighed for at udtrykke og formidle, tolke og vurdere både individuelt og i en social kontekst (Jørgensen, 2001) hvilket forudsætter personlige og fælles refleksioner (*det personlige og sociale domæne*).

Konklusion

De kompetenceløftsforløb vi har undersøgt, er alle tilrettelagt ud fra kursusmodeller som kan lægge op til transformativ undervisningstilgange. Da refleksion og udvikling af kompetencer tager tid, udebliver resultater for korte kompetenceløftsforløb og kompetenceløftsforløb med en lav mødefrekvens. Det ser desuden ud til at høj motivation er afgørende for at lærerne accepterer at skulle arbejde med sig selv i et ændringsperspektiv hvor frustration er en uundgåelig del af processen.

Analysen af vores data indikerer at kompetenceløftsforløb der har en varighed på tre gange tre måneder, kan fungere såfremt mødefrekvensen er minimum en gang ugentligt. Lærerne bør samtidig have mulighed for afprøvning af den didaktiske teori og den berørte kernefaglighed i praksis. De naturfaglige undervisningsfags tilrettelægning på læreruddannelsen med en mødefrekvens på minimum en gang ugentligt over 1½ studieår og mulighed for afprøvning i praksis giver lærerne samme gode muligheder for den ønskede udvikling af kompetence. En høj mødefrekvens bør derfor indgå i de nødvendige betingelser for den enkelte lærers læring. Korte kurser (fx af typerne trænings- og underskudsmodel) er ikke egnede til stilladsere udvikling af kompetence, men kan fungere som inspiration i forbindelse med præsentation af nye materialer og nye metoder samt ved introduktion til ny lovgivning.

Det er desuden væsentligt at holdstørrelsen muliggør gruppedannelser så der skabes mulighed for at arbejde refleksivt i fælles evalueringsprocesser.

Anbefalinger

Vores anbefalinger har en almen voksendidaktisk karakter hvilket sikrer at de kan anvendes ved udvikling af kompetenceløftsforløb i både naturfagene og i matematik. Anbefalingerne hviler ikke på ny viden, men kan opfattes som et kondensat af tidligere anbefalinger. Deltagelse af flere kolleger fra samme skole har i vores undersøgelse ikke vist sig nødvendig for at opnå mulighed for lærernes udvikling af kompetence. Vi afviser desuden at videndeling kan indgå som en grundlæggende præmis i et kompetenceløftsforløb. De to forhold er derfor udeladt i de fem nedenstående kriterier.

Kompetenceløftsforløb bør tilrettelægges ud fra kursusmodeller som inkluderer og baseres på følgende fem kriterier, for at muliggøre en transformativ undervisningstilgang og opnåelse af den tilsigtede kompetenceudvikling:

- Frivillighed der sikrer at lærerne har et personligt ønske om at ændre sig og dermed en forståelse af at de er i evig professionel vækst (*det personlige domæne*).
- Lange kompetenceløftsforløb der sikrer mulighed for at lærerne kan arbejde sig igennem den frustration som opleves i mødet med en transformativ undervisning (*det personlige domæne*).
- Høj mødefrekvens der muliggør stilladsering af gruppearbejde til sikring af kompetenceudvikling (*det personlige og sociale domæne*).
- Inddragelse af cases, konstruerede eller formuleret ud fra egen praksisafprøvning der sikrer at teori- og praksisforståelse kan udvikles i en vekselvirkning hvorigen- nem lærerne kan udvikle kompetence (*det personlige, sociale og professionelle do- mæne*).
- Fælles refleksion gennem formative evalueringsprocesser i og på tværs af grupper der sikrer kvalificering og generalisering af udviklet kompetence (*det personlige, sociale og professionelle domæne*).

Det er afgørende at undervisere på kompetenceløftsforløb kan rumme frustrationen hos lærerne – især ved forløbets start. Ved at se frustrationen som et udtryk for udvikling/transformativ læring og dermed et positivt tegn på forandring kan man undgå at forfalde til at give lærerne det de efterspørger af transmissiv karakter. Med en transformativ undervisningstilgang og tilstrækkelig tid kan lærerne få kompeten- celøftsforløbenes målsatte kompetencer *ind under huden*.

Referencer

Albrechtsen, T., R., S., Hansen, R., Qvortrup, A., Hargreaves, Nielsen, A., B., L., S. Shulman, L., S., Carlsen, D., Holmboe, P., Laustsen, M., S., Tjalve, L., T., Ahrenkiel, L., Jensen, M., S., Petersen, M., R., Hachmann, R., Little, J., W. (2016) Professionelle læringsfællesskaber og fagdidaktisk viden, Dafolo Forlag, Frederikshavn.

- Berry A., Loughran J. (2012) Developing Science Teacher Educators' Pedagogy of Teacher Education. In: Fraser B., Tobin K., McRobbie C. (eds) Second International Handbook of Science Education. Springer International Handbooks of Education, vol 24. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_28.
- Christensen, B. K., (2021), *Overgangsproblemer i matematik*, Tidsskriftet MONA 2021-2. Faghæftet for fysik/kemi <https://emu.dk/grundskole/fysikkemi/faghaefte-faelles-maal-laeseplan-og-vejledning?b=t5-t181> (tilgået juni 2021).
- Faghæftet for matematik <https://emu.dk/grundskole/matematik/faghaefte-faelles-maal-laeseplan-og-vejledning> (tilgået juni 2021).
- Johnson, C. C. (2009) An Examination of Effective Practice: Moving Toward Elimination of Achievement Gaps in Science, *Journal of Science Teacher Education*, 20:3, 287-306, DOI: 10.1007/s10972-009-9134-y.
- Jørgensen, P. S., (1999). Hvad er kompetence? *Uddannelse*, 3, s. 4-13.
- Jørgensen, P. S., (2001). Kompetence – Overvejelse over et begreb, *Nordisk Psykologi*, 53, s. 181-208
- Kennedy, A., (2005) Models of Continuing Professional Development: a framework for analysis, *Journal of In-Service Education*, 31:2, 235-250, DOI: 10.1080/13674580500200277.
- Kjeldsen, C., C., Kristensen, R., M., Christensen, A., A., (2019), *Matematik og natur/ teknologi i 4. klasse – Resultater af TIMSS-undersøgelsen*, Aarhus Universitetsforlag https://dpu.au.dk/fileadmin/edu/Udgifter/Rapporter/TIMSS_2019_ebog.pdf.
- Koballa, T. R., Bradbury, L. U. (2012) Mentoring in Support of Reform-Based Science Teaching. In: Fraser B., Tobin K., McRobbie C. (eds) Second International Handbook of Science Education. Springer International Handbooks of Education, vol 24. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_25.
- Lindhardt, B. K., (2020) Hvilke faktorer kan være afgørende for, at vi lykkes med at iværksætte blivende fagdidaktiske forandringer gennem udviklings- og forskningsprojekter? *Konferenceoplæg Kobæk Strand 2020*.
- Mogensen, A., Nielsen, B. L. og Sillasen, M. K. 2015. *Processer der forandrer – fagteamsamarbejde efter QUEST-modellen*, MONA-1-2015.
- Nielsen, B. L. Krogh, L. B. 2017. *Professionel udvikling for naturfagslærere – tematiseret med data fra KiU og QUEST*, MONA-4-2017.
- Nielsen, B. L., Sillasen, M., Nielsen, K., Pontoppidan, B., Mogensen, A., (2013), *QeSt – et stor-skalaprojekt til udvikling af naturfagsundervisning*, MONA-2-2013.
- pha.dk, *Professionshøjskolen Absalon, TEO*, <https://phabsalon.dk/videreuddannelse/skole-og-laering/fag-og-dannelse/online-uddannelse-i-skolens-fag/> (lokaliseret 27. maj 2021).
- Rambøll, Krogh, L. B.; Daugbjerg, P.; Goldbech, O., Ormstrup, C. (2018), *Indførelse af den ny fælles prøve i fysik/kemi, biologi og geografi – prøvens betydning for undervisningens form og indhold*, Undervisningsministeriet, 2018 <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/aktuelt/pdf18/180319-statusrapport-faelles-naturfagsproeve.pdf?la=da> (tilgået juni 2021).

- Rambøll, Københavns Professionshøjskole (2019), Undersøgelse af kompetencebehov blandt naturfagslærere i grundskolen, Undervisningsministeriet, 2019 <https://www.stukuvn.dk/-/media/filer/uvvm/publikationer/2019/dec/191203-undersogelse-af-kompetencebehov-blandt-naturfagslaerere-i-grundskolen.pdf> (tilgået juni 2021).
- Rambøll, Krogh, L. B.; Daugbjerg, P.; Goldbech, O. (2020), Statusnotat Evaluering og følgeforskning – Indførelse af den fælles prøve i fysik/kemi, biologi og geografi-Prøvens betydning for elevernes motivation og læring, Undervisningsministeriet 2020.
- Ryan, E. L. & Deci R. M. (2008): Self-Determination Theory: A Macrotheory of Human Motivation, Development, and Health, Canadian Psychology 2008, Vol. 49, No. 3, 182-185.
- Simon, S., Campbell, S. (2012) Teacher Learning and Professional Development in Science Education. In: Fraser B., Tobin K., McRobbie C. (eds) Second International Handbook of Science Education. Springer International Handbooks of Education, vol 24. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_22.
- Studieordning (a) – Professionshøjskolen Absalon 9. udgave september 2019 s. 127-137
- Studieordning (b) – Professionshøjskolen Absalon 10. udgave september 2020 s. 139-149, s. 216-227 https://phabsalon.dk/fileadmin/user_upload/Laereruddannelsen/Studieordning_laereruddannelsen_2020.pdf.
- Svensson, O. H., Lundqvist, M., & Middleton, K. (2017). Transformative, Transactional and Transmissive Modes of Teaching in Action-based Entrepreneurial Education, Research.chalmers.se https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/248686/local_248686.pdf.
- Thynejbjerg, K. A., Lilius K. M. (2021), Lærerstuderendes udvikling af autonomi, MONA-2-2021.
- Wallace, J., Loughran, J. (2012) Science Teacher Learning. In: Fraser B., Tobin K., McRobbie C. (eds) Second International Handbook of Science Education. Springer International Handbooks of Education, vol 24. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_21.

English abstract

Courses for teachers' professional development (PDC's) in Denmark intend to enable participating teachers to generalize developed competencies across contexts and activities in order to be able to implement changes in their own practice intended by these courses. However, research indicates that PDC's have little impact on teachers' practice (Lindhardt, 2020, Rambøll, 2018, 2019 and 2020).

Through analyzing responses on questionnaires and interviews from teachers who attend or recently have attended PDC's, we identify why PDC's in science and mathematics do not lead to the intended changes in teachers' practices. Based on the data material, we propose five transformation criteria for designing PDC's to improve teachers' generalization of the competencies intended.

Engineering i stx – et prototypisk proof-of-concept



Lars Brian Krogh,
lektor, VIA
University College



Anne Hansen,
Engineer the Future

Abstract: Pilotprojektet Engineering i gymnasiet (stx) var tænkt at afdække potentialt og vanskelighederne ved at indføre engineeringtilgange i den naturvidenskabelige stx-undervisning, der traditionelt er fokuseret omkring teorier og teorirettede undersøgelser. Naturfaglige lærere fra tre gymnasier deltog i projektets workshops, praksisafprøvnings og materialeudvikling. Der blev indsamlet empiri på lærer- og elevniveau vha. surveys, observation og interviews. Både lærere og elever oplever at engineeringforløb bidrager til faglig læring, især metodisk, til elevmotivation og til generiske kompetencer. Projektet peger dog også på behovet for fortsat udvikling af mindre tidskrævende engineeringformater samt indsatser ift. stilladsering og evaluering af engineeringens særlige udbyttmål. Som prototype fungerer det!

Indledning

Idéen om at indføre engineering-elementer til naturvidenskabsundervisningen er først og fremmest opstået i USA hvor en række tiltag fra ITEEA (International Technology and Engineering Educators Association) har været med til at bane vejen. ITEEA argumenterer bl.a. for at engineering (“to do technology”) er en del af en opdateret dannelse som alle dagens elever bør tilegne sig (ITEEA, 2007). Derudover pointerer de at engineering har potentialt til at styrke og integrere faglige elementer fra en række fag, herunder de andre STEM-fag. Efterfølgende er engineering slået igennem i læreplanerne i det store amerikanske curriculumtiltag *Next Generation Science K-12*. Her er det et centralt mål at eleverne gennem naturfagsundervisningen lærer otte specifikke *science and engineering practices*. I læreplanerne er engineering-kompetencer således ligestillet med de naturvidenskabelige kompetencer med den begrundelse at engineering og teknologi giver eleverne en kontekst hvori de kan anvende og udvikle deres naturvidenskabelige kompetencer og interesse (National Research Council, 2012, p. 12).

Herhjemme indgår engineering i strategipapiret “Sammen om naturfag” fra 2017 (Bohm et al., 2017), som anbefaler et tættere samspil mellem naturvidenskab, teknologi,

engineering og matematik i undervisningen (STEM, p. 7). Samtænkningen har her det dobbelte sigte at styrke danske elevers almendannelse samt fremme rekrutteringen til naturvidenskabelige og teknologiske uddannelser og erhverv. Senest har Danske Gymnasier i deres naturvidenskabsstrategi fra 2020 anbefalet "at de almengymnasiale uddannelser implementerer en ny engineering- og praksisorienteret undervisningsform, der er inspireret af måden, ingeniører arbejder på, og som skal højne elevernes nysgerrighed, viden og bevidsthed om, hvilke problemer naturvidenskab kan bidrage til at løse" (Danske Gymnasier, 2021, pressemeddelelse 8.1.2021).

Mere konkret har projektet *Engineering i skolen* (EiS) tidligere introduceret engineering i naturfagsundervisningen i grundskolen. EiS-projektet, der indledtes i 2017, var et treårigt samarbejde mellem Engineer the Future, Astra, Naturvidenskabernes Hus og professionshøjskolen VIA. Indsatsens overordnede formål var at kompetenceudvikle grundskolelærere i engineering sideløbende med udvikling og afprøvning af en engineeringdidaktik og engineeringundervisningsmaterialer. Tiltaget blev eksternt evalueret af Naturfagernes evaluerings- og udviklingscenter (NEUC), der betegnede EiS som "et usædvanligt gennemtænkt tilbud til naturfagslærerne (Sølberg et al., 2019). Hvad angår elevernes udbytte fastslog NEUC at

"På tværs af indsatser oplever lærere, at eleverne kan udvikle generiske kompetencer (f.eks. problemløsning, samarbejdsevne og formidlingsevne), faglige kompetencer (inklusive praktiske kompetencer) og personlige egenskaber såsom vedholdenhed og selvtillid gennem engineering" (ibid., p. 7).

Som en konsekvens af succesen med EiS blev projektet i 2020 udvidet til et tiårigt program, der foreløbig har forestået efteruddannelse af naturfaglige grundskolelærere i 20 kommuner over hele landet. Projektet har også foranlediget at engineeringmetoden er skrevet ind i de nye faghæfter for naturfagene i grundskolen. Engineering har således vist sig at være et frugtbart tilskud til den naturfaglige undervisningspraksis i grundskolen. Samtidig er der udbredt enighed om at engineering er en særdeles velfungerende signaturpædagogik for *det tekniske* gymnasium (htx) hvor fagene teknologi og teknik er som skabt til denne tilgang. Umiddelbart lader erfaringerne herfra sig dog ikke overføre til de naturvidenskabelige fag i stx hvor hovedfokus i læreplanerne traditionelt er på begrebslige forklaringer og teoridrevne undersøgelser. Dertil kommer at den typiske htx-underviser også har en anden undervisningsbaggrund og indkulturering end den typiske stx-underviser, samt at de specialiserede produktionsværksteder på htx giver muligheder for engineering som laboratorier og makerspaces på typiske almene gymnasier ikke kan leve op til. Derfor har det kritiske spørgsmål været om engineeringtilgangen overhovedet fungerer i det almene gymnasium.

Projektet Engineering i gymnasiet i Region Midt

I kølvandet på EiS viste flere regioner og gymnasier interesse for at undersøge engineeringens potentiale i det almene gymnasium. Som en måde at gøre den naturvidenskabelige undervisning mere virkelighedsnær, anvendelsesorienteret og motiverende for den brede elevgruppe på. Og som en måde at bringe de problemorienterede kompetencer i spil, som eleverne har kæmpet for at tilegne sig gennem deres grundskoleforløb. Samt ikke mindst som et bud på hvorledes man i stx kan arbejde fagnært med at udvikle elevernes innovative og karriereorienterede kompetencer – tværgående kompetencer, der er blevet centrale udfordringer med den seneste gymnasireform.

Derfor indledtes i 2019 et toårigt pilotprojekt med det overordnede formål at undersøge potentialet for engineeringmetoden i det almene gymnasiums naturvidenskabelige undervisning. Projektet *Engineering i gymnasiet* (EiG-stx) fik støtte af Region Midt og blev til i et samarbejde mellem Engineer the Future, VIA University College og tre almene gymnasier fra regionen (se boks 1).

ENGINEERING I GYMNASIET (EiG-stx)

Projektperiode: 2019-2020

Partnere: Odder, Egaa og Silkeborg Gymnasium samt Engineer the Future og professionshøjskolen VIA. Sidstnævnte varetog efteruddannelsen i engineering samt evaluering af projektet.

Deltagere: 13 lærere + 590 elever med vægten på fagene fysik og bioteknologi, i mindre grad kemi og biologi.

Formål: At undersøge potentialet for engineeringmetoden i gymnasiets naturvidenskabelige undervisning, udvikle 'best practice' for implementering samt kompetenceløfte lærerne i engineeringmetoden.

Målene for pilotprojektet:

- 1) Efteruddannelse af naturvidenskabslærerne i engineering
- 2) Et første bud på en stx-rettet engineeringdidaktik
- 3) Udvikling af undervisningsforløb baseret på engineering
- 4) Evaluering af engineeringmetodens værdi i naturvidenskabelig undervisning i stx.

Indhold og struktur: 4 fælles workshops fordelt over 1 ½ skoleår. Afprøvning af engineering i praksis i perioderne mellem workshops, understøttet af konsulentbesøg.

Boks 1. Central information om projektet *Engineering i gymnasiet – stx*.

I det følgende vil vi fremlægge evalueringsdata som belyser engineeringens potentiale i stx, samtidig med at de også indkredser visse udfordringer ift. en mere udstrakt anvendelse af engineering i det almene gymnasium.

Projektets evalueringssetup

Projektet var systematisk evalueret, både formativt for at tilgodese den interne projektudvikling og summativt mhp. den afsluttende projektevaluering. Der blev således indsamlet følgende empiri:

- *Præ- og postelevsurveys.* I denne artikel vil vi først og fremmest inddrage resultater fra postsurveys som eleverne udfyldte umiddelbart efter at de havde gennemløbet et specifikt engineeringforløb. Fokus var her primært på at indfange deres oplevelse af det konkrete forløb samt deres oplevede læringsudbytte af forskellig art. Med enkelte undtagelser var der tale om lukkede likertskalaspørgsmål som muliggør en kvantitativ analyse af rimelig kvalitet idet der indgår 374 elevbesvarelser i denne del af empirien.
- *Præ- og postlærersurveys.* Her var præsurveyen primært tænkt at indkredse lærernes forståelse af engineering og erfaringer med engineeringlignende undervisning samt deres holdninger til denne type undervisning ved projektets start. Slutsurveyen følger op på enkelte af startsurveyens spørgsmål, men indfanger derudover læreroplevelsen af elevernes udbytte af engineering og deres eget udbytte af pilotprojektet. Begge surveys indeholder et miks af lukkede og åbne spørgsmål idet samplestørrelsen (N=12) her begrænser nytteværdien og udsigelseskraften af rent kvantitative mål.
- *Semistrukturerede undervisningsobservationer af engineering implementering med efterfølgende kontekstnære debriefinginterviews* som blev audiooptaget. Hver debriefingsamtale varede ca. 60 min. I alt blev der gennemført otte observationer med tilhørende debriefing på de tre gymnasier.
- *Semistrukturerede slutinterviews* med udviklingsgrupperne på hvert af de tre gymnasier. Her var der bl.a. fokus på lærernes oplevelse af elevernes udbytte af engineering og deres eget udbytte af forskellige aspekter af engineering-workshopforløbet. Vigtig var også deres overvejelser om hvorvidt/hvorledes projektet havde bidraget til at tackle en række specifikke udfordringer som var identificeret tidligt i forløbet.
- *Postinterviews med fem undervisere fra Region Nord* som havde sagt ja til at afprøve et af Region Midt-forløbene i deres undervisning. Dette var tænkt som en slags kvalitets- og robusthedstest på de udviklede materialer idet lærerne kun havde en enkelt eftermiddagsworkshop som introduktion til engineering inden de kastede sig ud i deres afprøvning.
- *6+ udarbejdede, afprøvede og reflekterede engineeringforløb.* Der er faktisk udviklet og beskrevet mere end seks engineeringforløb i projektet (derfor 6+), men de seks forløb som endte med at indgå i “afregningen” til opdragsgiver, blev i særlig grad elaboreret. I beskrivelsen indgår også lærernes postrefleksioner. Disse blev løbende fastholdt i procestemplates for hvert forløb.

Det er på dette empiriske grundlag at vi i næste afsnit vil forsøge at besvare i hvilken udstrækning engineering giver mening og fungerer også i en gymnasial stx-sammenhæng.

Engineering i stx – den praktiske udmøntning, udfordringerne og det oplevede elevudbytte

Artiklen bidrager i særdeleshed til at afklare engineeringens potentiale som undervisningstilgang i det almene gymnasiums naturvidenskabelige undervisning ved at belyse spørgsmålet ud fra de to sammenvævede perspektiver:

- *Undervisningsperspektivet: Hvordan implementeres engineering i den naturvidenskabelige undervisning hos et diversit udvalg af lærere? Hvordan tager pilotlæreres tidlige engineeringpraksis sig ud? Og hvilke udfordringer tegner der sig i denne praksis?* Empirisk indgår lærerinterviews, observationer, elevpostsurveyen, de udviklede forløb og tilhørende aktionslæringstemplates alle i udfoldelsen af dette perspektiv.
- *Læringsperspektivet: Hvad er elevernes læringsudbytte af engineering – efter elevernes hhv. lærernes opfattelse.* Her skal udbytte forstås meget bredt som omfattende både fagfaglig læring, situeret interesse og mere blivende karriereinteresse ift. både naturvidenskab og ingeniørvidenskab samt kreativitet og andre 21st century skills/generiske kompetencer. Empirisk trækker dette perspektiv især på elevpostsurveyen samt interviews og postsurveysvar fra lærerne.

I det følgende vil disse perspektiver blive udfoldet hver for sig.

Undervisningsperspektivet: Tidlig engineeringpraksis, udfordringer og undervisernes oplevelse af engineeringefteruddannelsen

Implementerede forløb og tidlig engineeringpraksis: Lærerne er gået ind i projektet med stor entusiasme, og hver lærer har været involveret i udvikling af mindst to forskellige engineeringforløb med en vis tidsforskydning. Det er blevet til en række ganske forskellige forløb, nogle i enkeltfag (fysik, biotek, kemi, naturvidenskabeligt grundforløb) og andre i fagligt samspil. Forskellene er så store at det er svært at tale om én tidlig engineeringpraksis blandt pilotlærerne. Men for at give et samlende fagdidaktisk blik på lærernes tidlige praksis er de seks indsamlede forløb karakteriseret på centrale engineeringdimensioner, se figur 1. De anførte forkortelser (EDP, FITS) er nærmere beskrevet nedenfor.

I workshopforløbet har mange af figurens kolonneoverskrifter været adresseret. Der har således været planlagte workshopaktiviteter mhp. at afklare hvordan den gode

engineeringaktivitet ser ud, og hvor bredt et engineeringprodukt kan forstås. Blandt anbefalingerne for en god engineeringudfordring er at den skal være autentisk og relevant for elevernes livsverdener. En anden anbefaling er at udfordringen er så åben og lavtstruktureret (“ill-structured”) at der i situationen er flere måder at løse udfordringen på. Samtidig skal den åbne for problemløsning på flere forskellige niveauer og give plads til både fejl og optimering. Hvad angår forståelsen af et engineeringprodukt blev der rammesæt drøftelser af om et produkt af engineering kunne være andet og mere end “en dims”, fx et stykke problemløsende software, en optimeret proces eller en problemtacklende konsulentrapport. Som det fremgår af engineeringudfordringskolonnen i skemaet, udtrykker forløbene en rummelig fortolkning af hvad man kan forstå ved et engineeringprodukt. Gennem workshopforløbet blev vigtigheden af at etablere “upfrontrelevans” og skabe elevengagement ift. engineeringaktiviteten hos eleverne betonet adskillige gange. Med henvisning til grundskoleprojektet EiS blev det bl.a. omtalt at man kan bruge narrativer i forløbsopstarten til at formidle at nogle i den virkelige verden har et problem som det vil være relevant at løse. Narrativet personliggør udfordringen samtidig med at det sparer undervisningstid idet eleverne ikke selv skal ud at identificere behovet for en løsning. Lærerne er samtidig blevet opfordret til at afprøve andre – og evt. mere stx-rettede – formater for en god forløbsopstart. De afleverede forløb afspejler i ligeligt omfang at relevansen etableres gennem narrativer og besøg i/fra virkeligheden som behovsskabelse. I samme omfang ser man (tidlige) forløb hvor etableringen af upfront-relevans totalt mangler.

Som en del af workshop-forløbet har adskillige bud på EDP-modeller været vist, bl.a. modellen fra EiS (Auener et al, 2018, p. 10) og den såkaldte FITS-model (van Breukelen et al., 2016). FITS-modellen udmærker sig ved at være optimeret mht. læringseffektivitet, hvad angår fagfaglig læring. I modsætning til EiS-modellen angiver FITS-modellen ikke bare de centrale engineering-processer, men inkorporerer bud på hvornår fagfaglige inputs er velanbragte. Den arbejder tillige bevidst med transfer af viden mellem et generelt naturvidenskabeligt undersøgelsesdomæne og et praktisk design-domæne, hvor tommelfingerregler gør god fyldest. Endelig har den indbygget en række stilladserende deltrin, bl.a. sessioner hvor eleverne deler ideer og viden. Skolerne endte med at afprøve tre forskellige modeller, som de hver især var pænt tilfredse med. Lærergruppen, som afprøvede FITS-modellen, fandt den således meget brugbar, især til egen planlægning. Til elevbrug endte de med at udvikle en forenklet repræsentation af FITS-modellen. Uafhængigt af den valgte EDP-model blev denne typisk blot præsenteret som en synliggørelse af “hvordan ingeniører arbejder – hvilket I skal prøve nu!”. Den efterfølgende anvendelse af EDP-modellen var meget forskellig, nogle steder blev den blot fremvist i optakten for ikke at spille nogen rolle efterfølgende. Andre steder blev eleverne løbende (fx i en logbog) holdt fast på at reflektere, hvor de var i deres EDP-proces.

Forløb	Timeforbrug (ca.)	Engineeringudfordring	Indledende rammesætning & relevansskabelse	Engineering-processmodel (EDP)	
1	825 min. (11 lektioner a 75 min.)	Byg et strengeinstrument som kan spille en simpel melodi.	Direkte til udfordring	FITS-model fra workshop EksPLICIT for elever	
2	525 min. (syv lektioner a 75 min.)	En testet prototype for hvordan folk kan færdes sikkert på isen på en sø.	Afsæt i et avis-narrativ	FITS-model fra workshop EksPLICIT for elever	
3	560 min. (otte lektioner a 70 min.)	Design et vaske-middel som kan fjerne en bestemt type snavs.	Direkte til udfordring	EDP fra Engineering i skolen. Ekspliteret	
4	1750 min. (25 a 70 min. fordelt på flere fag)	Lav et escape-room til brug m. 8.-klasseselever på besøg.	Besøg i escape-room. Escaperoom bruges ifm. folkeskolebesøg på science-dag.	Ingen EDP. (implicit innovations-model)	
5	140 min. (50 + 90 min.)	Udvikl metode til at bestemme lysintensitet på Mars.	NASA-narrativ om livsmuligheder for cyano-bakterier på Mars	Engineering i naturvidenskab (EiN, lokal model) Ekspliteret	
6	990 min. (11 lektioner a 90 min.)	Lav, og afprøv en model af en (tre-d) PET-scanner.	Hospitalsbesøg m. besigtigelse af scanner	Engineering i naturvidenskab (EiN, lokal model) Ekspliteret	

Figur 1. Karakterisering af elaborerede forløb på centrale engineeringdimensioner.

	Mål	Stilladseringer	Underviserpostrefleksioner
	En række fagfaglige Elevmotivation Samarbejds- og “engineering-kompetencer” (uspecificeret)	Fagfagligt ressourcerum (omfattende)	Få reelle frihedsgrader og mådelig elevrelevans – men alligevel stort engagement. Masser af praktiske optimeringer. FITS er velfungerende.
	Fagfaglige (begreber, metoder, anvendelse) Specifikke EDP-processer 21st cent. skills	Ressourcerum (moderat) Elevlogbog Skridt m. delafregning	Mådelig elevrelevans, men “høj motivation for at finde på en løsning selv”. Der er behov for at øge elevernes fokus på at processen er det vigtigste.
	Kun fagfaglige mål angivet	Ressourcerum m. bl.a. vejledninger Uddelte grupperoller	Alle efterlyser mere tid – eleverne når kun undersøgelsesdelen. Udfordringen revideres så den er mindre (udvikl. “undersøgelsesprotokol”)
	Handlekompetence, samarbejde, problemløsning og andre 21st century skills At udvikle faglig opgave	Flere “generalprøver” – med respons og optimering	Elever med “stort ejerskab, ansvar og stolthed” Men: relativt lavt fagfagligt niveau
	En række fagfaglige mål Optimering af undersøgelsesmetode	Skriveramme – med tænkeprompts undervejs i processen	Beregningsdel for krævende Det tager væsentlig længere tid end vanligt. Der bør laves engineering-specifikke skriveprompts.
	Kun fagfaglige mål specificeret Omfattende traditionelle rapportkrav	Ressourcerum (fagfagligt)	Eleverne “nød projektarbejds selvstændige karakter”. Uklart om eleverne har lært mere eller mindre end vanligt.

Som det fremgår af de listede mål for forløbene, har disse – med escaperoomforløbet som den klare undtagelse – været dominerede af fagfaglige mål, først og fremmest begrebslige læringsmål, men i enkelttilfælde også mål knyttet til undersøgelse. Praktisk taget al synlig forløbsplanlægning er startet i et ønske om at tilgodese bestemte fagfaglige mål. I flere af forløbene er der (vagere) formuleringer af mål som samarbejde, problemløsningsevne, innovationsformåen. I workshopforløbet efterlyste vi eksplicit medtænkning af engineeringrelaterede læringsmål som et forsøg på at høste mulige ekstra sidegevinster af den fagnære engineering. Men kun én lærergruppe angav og forfulgte efterfølgende specifikke engineeringmål. Dette er konsistent med at pilotprojektets lærere allerede i deres præsurvey tilkendegav at være interesserede i engineering som en motiverende tilgang til at lære naturvidenskab. Ingen satte engineering i forbindelse med rekruttering til ingeniørstudier og karrierer hvilket af flere i interviews blev begrundet med at de opfattede at deres stx-naturvidenskabelige undervisning havde – og burde have – et anderledes bredt sigte.

Som en konsekvens af det fagnære fokus er det ikke overraskende at *fagfaglig* stilladsering i form af fagtekster og øvelsesvejledninger i et ressourcerum i udgangspunktet havde størst bevågenhed fra lærerside. Efterhånden som projektet skred frem, og flere fik praksiserfaringer for at der kunne være behov for andre typer af stilladseringer også, så blev der udviklet et rigere spektrum af såkaldt “hård stilladsering”. Hård stilladsering er støtteforanstaltninger som kan indtænkes i læringsmiljøet og undervisningsplanlægningen på forhånd når først man har et kendskab til typiske elevvanskeligheder ved en aktivitet (Saye, J.; Brush, 2002). Logbøger, skriveprompts, grupperoller og en opdeling af læringsvejen i skridt med tilhørende delprodukter osv. er alle eksempler på hårde stilladseringsformater som er velkendte fra den vanlige undervisning. Flere lærergrupper oplevede her at de generelle stilladseringer må tilpasses engineeringaktiviteten. Fx kan man ikke bare “genbruge” skriveprompts fra naturvidenskabelige undersøgelser til engineeringaktiviteter.

Identificerede udfordringer: Så vidt den første karakterisering af den engineering-praksis som blev udviklet i gruppen af pilotlærere hvoraf de fleste var rutinerede naturfagsundervisere, men engineeringnovicer. Med redskabet *Engineering Infused Lesson Rubric* (EILR) fra (Peterman et al., 2017) får man et skærpet analytisk blik på såvel den udviklede praksis som de udfordringer der synes at være for en mere vidtgående anvendelse af engineering i den naturvidenskabelige undervisning i stx. Redskabet EILR er iterativt udviklet af amerikanske forskere i vekselvirkning med undervisere som et bud på en syntese af kendetegn ved best practice ifm. engineering-forløb. Det har bl.a. været brugt til at karakterisere kvaliteten af engineeringforløb i stil med de i projektet udviklede. De fleste af kvalitetsdimensionerne knytter an til aspekter som allerede har været omtalt i det foregående, fx:

- Mål der både forfølger det faglige *og* det engineeringrettede.
- Udfordringer som er autentiske, har frihedsgrader og ikke kan løses overbevisende uden anvendelse af faglig viden.
- Undervisning hvor fag og engineeringdesign er stærkt koblet, hvor der er tid til udfoldelse af hele EDP-processen (inklusive optimering), og hvor der er bevidste stilladseringer (inklusive procesaspekter).
- Systematisk evaluering af læringsudbyttet – både fagfagligt og designrettet.

Med EILR som en slags analytisk *og* normativ rettesnor har det været muligt at reflektere over kvaliteten af de udviklede forløb, men nok så vigtigt har det skærpet blikket for hvor engineering først og fremmest har været udfordrende for vores brede lærergruppe i forløbet og for den etablerede naturvidenskabelige undervisningstradition, som de repræsenterer. Det er således med afsæt i store dele af projektets empiri at vi har identificeret den række af markante udfordringer for etableringen af engineering i naturvidenskabelig stx-undervisning som vi nu kort vil omtale. Når de nævnes her, er det ikke fordi de er uomgængelige eller uoverkommelige, men fordi de fortjener opmærksomhed og opfølgning i evt. kommende engineering i stx-projekter.

- Udfordringen *multidimensional læring*. Som allerede omtalt har traditionelle fagfaglige aspekter i betydelig grad overskygget dedikerede forsøg på at forfølge blødere og mere diffuse mål såsom elevmotivation, samarbejde, vedholdenhed osv. Planlægningen udspringer typisk af fagfaglige betragtninger, udfordringer og produktformer tvistes i retning af traditionelle faglige formater, opsamling sker med vægt på fagfaglige aspekter osv. I særdeleshed udelades engineeringrettede mål. Udfordringen skyldes formentlig lige dele uvidenhed om hvorledes disse anderledes mål forfølges, og manglende stx-naturvidenskabelig lærerpræference mht. at ville prioritere dem. Vidensafdækninger af den internationale litteratur på området (Daugbjerg, P.S. et al., 2021) antyder ellers at man bør kunne fastholde et sædvanligt fagligt niveau samtidig med også at realisere visse af de øvrige udbytter. Det kræver imidlertid målrettet multi purpose-planlægning hvis man vil høste sådanne læringsudbytter.
- Udfordringen *faglig integration*. I lyset af det foregående er der ingen risiko for at det fagfaglige indhold bliver væk i stx-udmøntningen af engineering. Fra EILR ved vi at det er kritisk at engineeringdesignet og det fagfaglige integreres på en måde så det faglige bringes ind når det er relevant, og i det omfang det er relevant for problemløsningen. Andre studier (fx Crotty et al., 2017) har vist at læringsudbyttet (i hvert fald det engineeringrelaterede) bliver størst såfremt engineering-udfordringen præsenteres først og både motiverer og fokuserer den efterfølgende læring. Tendensen

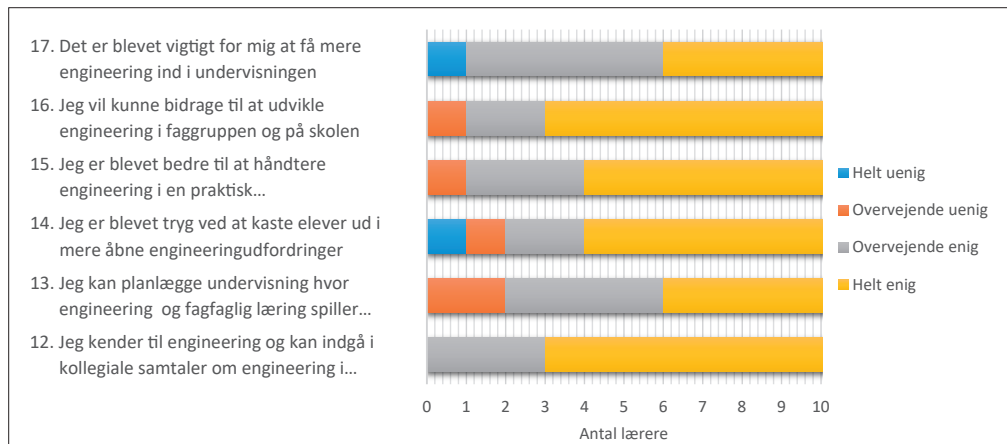
i pilotprojektet har overvejende været den omvendte: at engineering-udfordringen er kommet efter at der er etableret en fagfaglig basisviden, som eleverne så er tænkt at anvende ind i deres problemløsning. Fag først, og så en problemløsende design-fase er ikke optimalt for hverken elevmotivation eller for integrationen af de to komponenter. Og praktiseret på denne måde bliver engineering “blot” en ekstra og tidskrævende bearbejdning af det tillærte. En mere udstrakt anvendelse af fx FITS kunne have hjulpet her. I FITS-modellen etableres det fagfaglige fundament gennem koordinerede elevundersøgelser *efter* at engineering-udfordringen er introduceret: *hvad har vi brug for at vide mere om, for at lave en god problemløsning?* Det fagfaglige vidensgrundlag målrettes og drives således af den specifikke engineering-udfordring, så integrationen sikres.

- Udfordringen *tid til udfoldelse af engineering som proces*. Det har været et tilbagevendende tema i projektet at engineering tager tid. Som en lærer udtrykker det i sin slutevaluering: “Det kræver meget tid til et forløb og er ikke noget der kan gøres med alle forløb.” Når man ser de typiske lektionstal i figur 1, så forekommer (igen med escaperoomet som undtagelse) tidsforbruget vel egentlig ikke voldsomt, men tiden går selvfølgelig fra noget andet i et pensum der opleves presset. Samtidig tilkendegiver eleverne i postsurveyen at de gerne ville have haft *endnu mere* tid, først og fremmest mhp. at nå at optimere deres løsningsforslag. For nogle lærere i projektet har den naturlige konklusion været at engineering bedst bruges drypvist, fx en enkelt gang i C-niveausammenhæng og et par gange på de højere niveauer. For andre har løsningen snarere været at udvikle såkaldt “micro-engineering” ved at lokalisere de områder i pensum hvor det kan lade sig gøre at gennemløbe en rimelig EDP på nogle få timer. “Problemet er at finde de rigtige udfordringer” er en lærergruppe enige om i deres slutinterview. Der har også været forsøg på kun at inddrage *dele af* EDP i det enkelte forløb for på denne måde at spare tid i det enkelte forløb. Her er faren først og fremmest at forløb der stopper før eleverne står med et brugbart slutprodukt, næppe vil motivere eleverne. Tillige rejser det spørgsmålet om hvad der i hvert fald skal være med i en trunckeret version for at det overhovedet giver mening at tale om engineering. Her har forståelsen været at det særegne ved engineering er at der sker *konstruktion* af prototypiske problemløsninger, hhv. at der arbejdes *iterativt, systematisk og fagligt baseret* med disse problemløsninger. Som et minimum må i hvert fald ét af disse to træk være udfoldet for at man kan sige at elevernes arbejde er engineering-*inspireret*.
- Udfordringen *åbne arbejdsprocesser og processtilladsering*. I åbne survey-responser i projektopstarten udtrykte flere lærere udviklingsbehov a la: “Prøve det af så jeg ved hvad det præcis er, og bliver mere tryk ved det.” Og “At være ved at lærersvaret

ofte kan være: “det ved jeg ikke, men du kan jo starte med at undersøge her ...””. For nogle lærere er det således udfordrende at arbejde med de åbne arbejdsprocesser hvor lærerautoriteten ikke er funderet i at kende “de rigtige” svar og forklaringer. Opløftende svarer 8/10 af underviserne til slut at de er blevet trygge ved at kaste eleverne ud i mere åbne engineeringudfordringer. Helt i tråd med Banduras teori om self-efficacy (Bandura, 1997) må denne gunstige udvikling tilskrives lærernes individuelle, relative succesoplevelser med engineering-afprøvnings tillige med adgangen til andenhåndserfaringer gennem kollegiale udvekslinger, på workshops og i den lokale udviklergruppe. Disse erfaringsudvekslinger vurderes usædvanlig højt i den afsluttende evaluering.

- Hvad angår stilladseringen er det omtalt hvorledes opmærksomheden på og repertoire af hård stilladsering af elevernes arbejde med designudfordringer styrkedes i takt med at lærerne fik større indsigt i elevernes vanskeligheder. En pointe udkrystalliseredes dog så sent at den aldrig reelt nåede at blive tacklet i projektet: Længerevarende engineeringarbejde er udfordrende gruppedynamisk og stiller mere vidtgående krav til elevernes samarbejdsevner, konfliktløsning m.m. end traditionel undervisning, herunder også traditionelle eleveksperimenter. I det omfang eleverne ikke er rustede til at håndtere denne slags udfordringer, så flytter “aben” blot over på lærerens skuldre. Procesværktøjer og træning i at bruge disse er efter al sandsynlighed de bedste bud på at imødegå udfordringen.
- Udfordringen *evaluering af læringsudbyttet af engineering*. I pilotforløbene har eleverne typisk præsenteret deres produkter og fået ad hoc-feedback i sammenhængen. Typisk uden at kriterierne for denne feedback har været tydelige. Derudover har vi ikke set egentlig evaluering af elevernes læring, ikke engang i mere fagfaglig forstand. I projektet blev flere engineeringevalueringsværktøjer ellers introduceret og diskuteret, men de proces- og kompetencerettede blev aldrig brugt. Da andre gymnasierettede projekter (fx Krogh, L.B.; Waadegaard, N.; Nielsen, 2019) har konstateret en tilsvarende ulyst til systematisk og læringsrettet evaluering hos naturvidenskabelige stx-undervisere, er det fristende at se dette som et særligt træk ved denne del af stx-kulturen hvilket imidlertid stadig er bekymrende ud fra et engineeringrettet udviklingsperspektiv idet denne type evaluering er altafgørende for at man som praktiker kan bedrive udvikling af egen praksis (Timperley et al., 2007).

Lærernes oplevede professionelle udbytte af EiG-stx: De identificerede udfordringer ændrer imidlertid ikke ved at grundfortællingen om lærernes evne til at håndtere engineering i undervisningen er ganske positiv hvilket også aflæses af deres afsluttende selvevaluering, jf. figur 2.



Figur 2. Lærernes oplevede udbytte af projektdeltagelsen (N=10).

Den langt overvejende del af lærerne mener således at de ved afslutningen af workshopforløbet har fået begreb om engineering, vil kunne planlægge engineering, har opnået en vis formåen mht. at implementere engineering i praksis og tilmed vil kunne bidrage til udvikling af engineering i faggruppen og på skolen. Selvom samplet er småt, og der er tale om lærerselvurderinger, så indikerer det alligevel at et workshopforløb som det gennemførte formår at klæde stx-underviserne på til i rimelig grad at løfte opgaven med engineering i undervisningen. Lige så opløftende, omend mere overraskende, er det at samtlige (fem) nordjyske naturvidenskabelige undervisere har følt sig rustet til at afvikle eksisterende Region Midt-forløb alene på baggrund af én eftermiddags kondenseret workshop. En moderat efteruddannelsesindsats kunne umiddelbart synes at være nok. Men som en af lærerne pointerede: *“Hvis man skulle til at udvikle nye forløb, så kan det godt være man får brug for mere sparring!”*. Hvis man – som normalt på gymnasieområdet – forventer at lærere kan udvikle egen undervisning, så bør man nok ikke nedgradere efteruddannelsen i engineering nævneværdigt ift. pilotprojektets format.

Læringsperspektivet: Hvordan oplever elever og lærere læringsudbyttet af engineering?

I projektet er det således lykkedes at udvikle engineeringefteruddannelse og undervisningsmaterialer som – trods de nævnte udfordringer – gør det *realistisk* at implementere engineering i den naturvidenskabelige undervisning i stx. Men det bliver først for alvor *attraktivt* at gøre det hvis både elever og lærere oplever at det gør noget godt for elevernes udbytte af undervisningen. I projektet har vi ikke objektive mål for elevernes forskellige læringsudbytter, men til gengæld gode empiriske muligheder for at belyse deres *oplevede* udbytte hvad angår fagfaglig læring, elevmotivation

og 21st century skills/generiske kompetencer. Disse tre udbyttekategorier vil blive udfoldet i det følgende.

Oplevelsen af fagfaglig læring – hos elever og lærere: I den slutsurvey som eleverne udfyldte straks efter hvert enkelt engineeringforløb, er eleverne pænt positive over for deres fagfaglige læring. Fx tilkendegiver 69 % af 374 elever positiv tilslutning til udsagnet *Jeg lærte en masse fagligt i forløbet*. Samtidig svarer 66 % positivt på at *Engineering-opgaverne hjalp én til at forstå andre dele af faget*, hvilket indikerer at en praktisk og anvendelsesorienteret tilgang til naturfagsundervisningen godt kan være en vej til øget faglig forståelse.

De deltagende lærere er tilsvarende positive idet ni af 12 lærere ved projektafslutningen tilslutter sig at engineering “understøtter elevernes læring af et centralt fagligt indhold”, mens 8/12 tilslutter sig at *Eleverne lærte et nyt fagfagligt indhold gennem engineeringaktiviteterne*. En underviser [Region N] fastslår at “de har lært mere end de ville gøre i den almindelige undervisning (...) fordi det er en mere aktiv læringsform end til daglig hvor de måske sidder og hører mig fortælle, og så skal de lave nogle opgaver”. Der er dog igen det ene forbehold at “Ulempen er (...) det her det tager lidt længere tid!”.

Lærerne er aldeles enige om (både i surveyresponser og i de afsluttende interviews) at eleverne blev bedre til selv at undersøge og håndtere naturvidenskabelige metoder. Det kommer fx til udtryk i lærerudsagn a la: “De er blevet meget, meget bedre til at lave øvelser”, eller at “se dem i laboratoriet (...) de næste gange efter man har kørt sådan nogle meget frie, innovationsproduktrettede forløb (...) de går til det eksperimentelle på en helt anden måde” udtrykker meget godt lærernes begejstring for engineeringens indvirkning på elevernes evne til at undersøge.

Flere lærere har observeret at engineering bringer en/flere svagere elever på banen, men det er ikke en konsekvent iagttagelse. På samme måde har flere observeret at stærke elever i udgangspunktet er forbeholdne over for at ændre undervisningen i engineering-retning, men som én konstaterer: “Udfordringen ligger hos “de flittige piger”, som lige skulle indse at der var noget fagligt i det her.”

Engineering og elevmotivation – ifølge elever og lærere: En afdækning af internationale studier om elevers udbytte af engineering i naturvidenskabelige fag på gymnasieniveau peger mest overbevisende på at engineering gør noget godt for elevernes motivation (Daugbjerg et al., 2021). Vi finder tilsvarende stærke indikatorer for en motiverende effekt i elevernes postsurveysvar på forskellige affektive udbytteparametre, jf. boks 2.

- 82 % synes at det var spændende at arbejde på den måde som ingeniører gør.
- 86 % finder at engineering var med til at skabe en god variation.
- 80 % synes at engineering var sjovt.
- 72 % vil gerne have mere engineering i undervisningen.

Datagrundlag: 374 elevsvar. Heraf Biotek: 16, Fysik: 228, Kemi: 58 og NV: 72. Klasse-trin: 1. g: 123, 2. g: 212, 3. g: 39.

Boks 2. Elevernes oplevelse af motivation ifm. engineering.

Eleverne er også blevet stillet det åbne spørgsmål "Hvad var det bedste ved forløbet?". Med lidt forskellige flavours handler langt de fleste elevsvar om at engineering-aktiviteterne giver dem en autonomi som de ikke oplever ellers. Typiske eksempler på elevsvar kunne være: "At vi fik frie tøjler", "det med selv at finde en løsning", "vi fik lov til at være kreative", "det selvstændige arbejde", "at arbejde anderledes [åbent] med forsøg".

Et dryp malurt er der dog i bægeret af elevmotivation: Kun 51 % af eleverne følte at de "lærte noget som er relevant og kan bruges i livet uden for skolen". Rimeligvis som et udtryk for at eleverne nok havde mødt engineeringudfordringer der var virkelighedsnære, men oftest var disse kun svagt koblet til elevernes hverdag og livsverdener.

Lærerne er tilsvarende positive, fx er 11/12 i slutsurveyen enige i at "Eleverne blev mere motiverede for at deltage i faget, i kølvandet på engineering". I åbne svar og slutinterview tilføjes dette nogle nuancer, bl.a. pointeres det af flere at elever ikke er ens, og at de dygtige elever ikke nødvendigvis blev mere motiverede af engineering. Lærerne udøver også selvkritik. Bl.a. reflekterer en lærer at en aktuell udfordring ikke gav nok frihedsgrader til at stimulere elevmotivation. En anden fastslår at elevernes mestringsforventninger (tiltroen til at ville lykkes og den deraf afledte motivation) forudsætter at processen understøttes på bedste vis.

Engineering og udvikling af 21st century skills/generiske kompetencer hos eleverne.

Som vi tidligere har omtalt i beskrivelsen af målene for de gennemførte forløb, så var der i flere tilfælde løseligt beskrevne mål knyttet til ønsket om at fremme elevernes kreativitet, problemløsningsevne, samarbejdsevne og vedholdenhed. Kun i enkelte tilfælde ser vi mere målrettede forsøg på at fremme sådanne læringsudbytter i lærernes planlægning. Set i det lys er elevernes egen udbytteoplevelse særdeles pæn idet den langt overvejende del finder at de er blevet bedre til at arbejde innovativt og problemløsende, samtidig med at deres vedholdenhed er styrket. Derudover mener et stort flertal at engineering har tvunget dem til at samarbejde på forpligtende vis (se boks 3).

- 83 % mener at man skulle være kreativ for at løse de stillede opgaver.
- 84 % tilkendegiver at de blev nødt til at arbejde sammen for at løse opgaven/problemet ordentligt.
- 69 % føler at de blev bedre til at arbejde innovativt og problemløsende.
- 77 % tilslutter sig at de lærte at man ikke skal lade sig slå ud af at tingene ikke lykkes i første omgang.

Boks 3. *Elevernes oplevede udbytte mht. generiske kompetencemål.*

På ny er der god overensstemmelse mellem elevoplevelse og læreroplevelse. Fx mener *alle* lærere afslutningsvist at eleverne er *blevet bedre til produktrettet, iterativ problemløsning*, og at de fik “stimuleret deres kreativitet og innovationsevne”. Alle på nær én mener også at eleverne *lærte, at fejl kan være lærerige, blot man bliver ved og lærer af dem*.

Alt i alt er der altså tale om en ganske opløftende udbytteoplevelse på et bredt spektrum af læringsmål – og betryggende nok hos både lærere og elever.

Perspektiver og kommentarer

I USA er engineering skrevet ind på (noget nær) lige fod med naturvidenskab i det største curriculumprojekt på tværs af staterne, Next Generation Science Standards (NGSS), som gælder til og med gymnasieniveauet (Purzer & Quintana-Cifuentes, 2019). Den hastigt voksende forskning med udspring i NGSS-projektet indikerer at det er bæredygtigt at indlejre engineering i den naturvidenskabelige undervisning i USA, især ser det ud til at gavne elevernes motivation (Daugbjerg et al., 2021). Dette har været en del af baggrunden for at igangsætte nærværende pilotprojekt som væsentligst har haft til hensigt at afdække i hvilken udstrækning bæredygtigheden også gælder i en dansk stx-kontekst.

Med *Engineering i gymnasiet*-projektet er det lykkedes at sætte et antal flueben ift. en sådan bæredygtighed:

For det første har projektet udviklet og afprøvet et koncept for engineering-efteruddannelse af stx-lærere som har vist sig dueligt og værd at optimere på i efterfølgende projekter, fx det igangværende engineering stx-projekt i Region H. I kølvandet på efteruddannelsesforløbet har lærerne generelt været positive over for at få mere engineering ind i undervisningen, og de har både tilkendegivet og demonstreret i praksis at de er nået et godt stykke i retning af at kunne planlægge, gennemføre og bidrage til udvikling af engineering i den naturvidenskabelige undervisning. Som en konkret manifestation heraf er der i projektet udviklet et antal afprøvede forløb som

bredt eksemplificerer hvorledes engineering kan implementeres. Forløbene – og de tilhørende refleksioner – er et startsted og en støtte for nye lærere som vil afprøve engineering. Endelig er der udviklet en stx-engineeringdidaktik, ve1 som afsæt for videre udvikling af engineering i praksis (Krogh 2021). Projektet har ikke løst samtlige undervisningsmæssige problemer, men det har formået at identificere centrale udfordringer, og den forskningsbaserede engineeringdidaktik giver ganske kvalificerede bud på hvorledes udfordringerne fremadrettet vil kunne imødegås.

Det måske vigtigste flueben handler om elevernes læringsudbytte. Her peger projektets empiri på at engineering kan have positiv effekt på såvel stx-elevernes fagfaglige læring (især hvad angår det undersøgende og metodiske) som deres motivation og på centrale 21st century skills. Dette være sagt med forbehold for at udbyttet ikke objektivt er evalueret, men indkredset som et oplevet udbytte. Pålideligheden styrkes dog af at elevernes og lærernes oplevelse er overensstemmende og triangulerer hinanden. Man bør her holde sig for øje at pilotprojektets lærersample kun er af moderat størrelse.

Det er på dette grundlag at vi i overskriften tillader os at konkludere at der er proof-of-concept ift. at indføre engineering i den naturvidenskabelige stx-undervisning. Det giver mening for lærerne og udbytte for eleverne – og det lader sig realisere!

På den korte bane er det forhåbningen at projektets resultater vil inspirere et større antal naturvidenskabelige stx-undervisere til at afprøve engineering i deres egen undervisning som en saltvandsindsprøjtning til arbejdet med undersøgelsesmetoder og frihedsgrader, innovation i naturvidenskabelige fag og til gavn for elevernes motivation.

I et større perspektiv er projektet potentielt af stor vigtighed idet det funderer og styrker *Danske Gymnasiers* nye strategiske målsætning om at udvikle en “en ny didaktisk praksis i naturvidenskabsfagene” (Danske Gymnasier, 2020, p. 4) – med vægt på netop engineering og praksisorienterede undervisningsformer. Aktuelt arbejdes der på forskellig vis på at etablere et større og sammenhængende program omkring den videre udvikling af engineering i stx. Såfremt denne ambition realiseres, vil EiG-stx-projektets efteruddannelseskoncept, elaborerede forløb og engineeringdidaktik tillige med de høstede erfaringer og identificerede udfordringer være et uomgængeligt afsæt.

Det er ikke så ringe endda, at et prototypisk udviklingsarbejde med engineering leverer både vigtige afklaringer og betydningsfulde implikationer for praksis!

Referencer

- Auener, S.; Daugbjerg, P.S.; Nielsen, K.; Sillasen, M. K. (2018). Engineering i skolen – hvad, hvordan, hvorfor. https://astra.dk/sites/default/files/eis_rapport_2.0_-_full_pdf_version_0.pdf
- Bandura, A. (1997). *Efficacy – the exercise of control*. W. H. Freeman.

- Bohm, M.;Salomonsen, D.;Quistgaard, N.;Binau, C.F.;Wøhlk, E.;Jensen, L.V.J.;Kronvald, O. (2017). *Sammen om naturvidenskab – Anbefalinger til en National Naturfagsstrategi*. Astra.
- Crotty, E. A., Guzey, S. S., Roehrig, G. H., Glancy, A. W., Ring-Whalen, E. A., & Moore, T. J. (2017). Approaches to Integrating Engineering in STEM Units and Student Achievement Gains. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 7(2). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1148>
- Daugbjerg, P.S.;Krogh, L.B.;Nielsen, K.;Sillasen, M. (2021). *Engineering i gymnasiet – vidensgrundlag*. VIA UC i samarbejde med Villum Fonden og Engineer the Future. ISBN: 978-87-995920-5-0
- Danske Gymnasier, D. (2020). *Danske Gymnasiers naturvidenskabsstrategi: Naturvidenskab til fremtiden*. https://www.danskegymnasier.dk/wp-content/uploads/2021/02/FINAL_DG_Naturvidenskabsstrategi_2020_enkel-1.0.pdf
- ITEA (2007). *Standards for technological literacy – content for study of technology*. International Technology Education Association. <https://www.iteea.org/File.aspx?id=67767>
- Krogh, L.B.;Waadegaard, N.;Nielsen, K. (2019). SUN-projektet: skolebaseret udvikling af naturfag og kapacitet i gymnasiet. *MONA (Matematik Og Naturfagsdidaktik)*, 3, 47-67.
- Krogh, L.B. (2021). *Engineering i stx – didaktik.ve1*. VIA UC og Engineer the future. https://www.ucviden.dk/ws/portalfiles/portal/116504694/Engineering_i_stx_didaktik.ve1_Krogh_F2021.pdf (fuld version).
- National Research Council. (2012). *Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. (C. on a C. F. for N. K.-12 S. E. S. B. On & D. of B. and S. S. and E. Science Education (eds.)). The National Academies Press.
- Peterman, K., Daugherty, J. L., Custer, R. L., Ross, J. M., Peterman, K., Daugherty, J. L., Custer, R. L., & Ross, J. M. (2017). *Analysing the integration of engineering in science lessons with the Engineering-Infused Lesson Rubric. 0693*. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1359431>
- Purzer, S., & Quintana-Cifuentes, J. P. (2019). Integrating engineering in K-12 science education: spelling out the pedagogical, epistemological, and methodological arguments. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0010-0>
- Saye, J.;Brush, T. (2002). Scaffolding critical reasoning about history and social issues in multimedia-supported learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 77-96.
- Sølberg, J.;Binau, C.F.;Trolle, O.;Elmeskov, D.;Quistgaard, N.;Mortensen, K.;Marckmann, B. (2019). *Evaluering af Engineering i skolen*. Naturfagenes evaluerings- og udviklingscenter. <https://neuc.dk/wp-content/uploads/2020/06/evaluering-af-engineering-i-skolen.pdf>
- Timperley, H., Wilson, A., Barrar, H., & Fung, I. (2007). *Teacher Professional Learning and Development – Best Evidence Synthesis Iteration*. Ministry of Education, New Zealand. http://www.educationcounts.govt.nz/_data/assets/pdf_file/0017/16901/TPLandDBESentireWeb.pdf

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). <https://doi.org/10.15663/ajte.v3i1.37>

English abstract

The pilot-project Engineering i gymnasiet explored potential and barriers for infusing engineering design into science teaching in Danish general high school (stx) which traditionally emphasizes theories and theoretically-driven inquiries. Science teachers from three high schools participated in workshops and in developing and trying out teaching materials. Data were collected from teachers and students through surveys, observations, and interviews. Both teachers and students found that engineering contributes to the learning of science, particularly it's methods, to students' motivation, and to generic competences. Development is needed regarding less time-consuming engineering activities, scaffolding, and assessment of engineering-related outcomes – but the prototype works!

Aktuel analyse

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

Lad os gøre overgangsproblemer i matematik til et overgangsfænomen!



Brian Krog
Christensen,
Silkeborg
Gymnasium

Abstract: I den foreliggende artikel repeteres en række problemer som elever oplever i matematik ved overgangen fra grundskole til gymnasium, hvorpå der bl.a. på baggrund af en spørgeskemaundersøgelse anføres en række eksempler på tiltag der kan have potentiale i forhold til at reducere overgangsproblemerne.

Indledende opgave til læseren

Indledningsvist bedes du overveje følgende spørgsmål, der besvares senere i artiklen: Til hvilken aldersgruppe forestiller du dig at man typisk kan stille denne matematikopgave?

Angiv uden brug af lommeregner følgende tal i rækkefølge efter deres størrelse:

$$1, \frac{3}{4}, \frac{-4}{-5}, \frac{5}{4}, \frac{3}{-4}$$

Hvad er problemet?

Det har gennem mange år været kendt at elever oplever overgangen fra grundskole til gymnasium som ekstraordinært svær i matematik sammenlignet med andre fag (Niss, 2002; Mathiassen, 2009; Ulriksen, 2014). Undersøgelser viser, at særligt tempoet, abstraktionsgraden, fagsproget, kravene til præsentation af tankegang, IT-programmer samt algebra og beviser volder problemer i begyndelsen af gymnasietiden (Blomhøj, 2007; Ulriksen, 2014; Jessen, 2015; Christensen, 2021).

Det er en selvfølge at overgangsproblemerne bedst reduceres ved en bevidst, målrettet og gerne evidensbaseret indsats i forhold til disse både på grundskole- og gymnasieniveau. I denne artikel fokuseres på tiltag der kan iværksættes med henblik på at reducere overgangsproblemerne i matematik mens eleverne er i grundskolen. Dette fokus skyldes at den foreliggende analyse ligger i forlængelse af MONA-artiklen *Overgangsproblemer i matematik* (Christensen, 2021) hvor resultatet af et femårigt udviklingsprojekt præsenteres. I udviklingsprojektet er grundskoleelever i udskolingen blevet undervist af gymnasielærere i et valgfag kaldet 'gymnasiematematik' hvor der er blevet undervist med en gymnasial tilgang til faget. Det konkluderes på baggrund af forsøget at blot 15-20 klokketimer med gymnasieorienteret matematikundervisning har en ganske positiv effekt i forhold til elevernes oplevelse af overgangen fra grundskole til gymnasium. Specifikt har valgfagseleverne markant færre udfordringer i forhold til algebraisk symbolmanipulation, bevisførelse og ligningsløsning. Samtidig har eleverne der har fulgt valgfaget gymnasiematematik, det mindre svært med det øgede tempo på gymnasiet, inklusiv forøgelsen i frekvensen af mødet med nye begreber. Det er bemærkelsesværdigt at den positive effekt af valgfagsundervisningen kommer til udtryk et år eller mere efter eleverne har haft valgfaget.

Når der i det følgende omtales en undersøgelse, og når der indgår elevcitater, henvises til den serie af årlige spørgeskemaer om overgangsproblemer i matematik der indgår i evalueringen af ovennævnte udviklingsprojekt. Datagrundlaget består således af spørgeskemabesvarelser fra 2231 1.g-elever på Silkeborg Gymnasium, svarende til 85 % af 1.g-eleverne i perioden 2016-20 (Christensen, 2021).

Forsøget med valgfaget gymnasiematematik viser altså at man faktisk kan gøre noget der reducerer oplevelsen af overgangsproblemer. Men når man anbefaler forskellige tiltag på grundskole- eller gymnasieniveau der kan reducere overgangsproblemerne, mødes man nogle gange af matematiklærere med spørgsmålene: Skal det ikke være sværere at have matematik på gymnasiet end i grundskolen? Må eleverne ikke mærke at de går fra et uddannelsesniveau til det næste? Jo, men det er væsentligt at være bevidst om at læringsudbyttet er stærkt korreleret til elevernes self-efficacy, altså til elevernes tro på at de kan mestre en given faglig udfordring (Bandura, 2006; Boaler, 2016; Andresen, 2017, s. 13). Tilsvarende er det vigtigt at man ikke bidrager til en (over det meste af verden) udbredt forestilling om at matematik er uretfærdig idet nogle har særlige anlæg for faget mens andre ikke har nær så gode muligheder for at lære det (Törner, 2013; Boaler, 2016). Hvis overgangen mellem grundskolen og gymnasiet i matematik opleves som værende *for svær*, er der risiko for at unødvendigt mange unge mennesker mister troen på egne evner med et læringstab til følge. Eksempelvis beskriver en elev med matematikkarakteren 4 fra grundskolen sin oplevelse således i begyndelsen af 1.g i forbindelse med undersøgelsen af overgangsproblemer: *Hver gang jeg rent faktisk føler mig selvsikker i*

matematik, viser det sig at det ikke var sådan man skulle gøre det, og det får mig til at føle mig rigtig dum og usikker igen.

Forslag fra elever vedrørende reduktion af overgangsproblemer

Når man efterspørger gode råd fra 1.g-elever til hvordan matematikundervisningen i henholdsvis grundskolen og gymnasiet kan medvirke til at skabe en bedre overgang, kommer der udsagn af denne type:

Vi skulle have haft mere bogstavregning i folkeskolen så man vænner sig til den abstrakte tankegang. For i gymnasiet fjerner man de fleste reelle regnestykker og erstatter dem med bogstaver.

I grundskolen at arbejde med beviser og grunde til hvorfor vi fik de resultater som vi gjorde. Min matematiklærer i grundskolen fortalte os dog at vi ville møde beviser osv. på gymnasiet, men jeg kunne godt have brugt at vi arbejdede lidt med det.

Gymnasiet skulle have startet hvor man er kommet til i grundskolen. Niveauet stiger fra grundskolen til gymnasiet, og man er ikke blevet så meget bedre til matematik på en sommerferie.

Min matematiklærer i grundskolen var fantastisk. Han lærte os det på en måde som blev forståelig og sjov. Men klart så kunne det have hjulpet hvis han havde forberedt os der nu gerne ville starte på STX, ved at enten forklare de metoder vi brugte, og/eller bare generelt gået mere i dybden med ting.

Fortæl hvad man skal lære i matematik i gymnasiet, og hvad fra grundskolen man ville bygge videre på. Fortælle om forskellene på folkeskolen og gymnasiet og lave en lille 'intro'.

Essensen er at eleverne beder matematiklærerne bygge bro mellem de to uddannelsesniveauer. Og de opfordrer i al mindelighed til at broen bygges fra begge sider. Der er en slående overensstemmelse mellem elevernes opfordring og en række grundlæggende læringsteorier der betoner vigtigheden af at møde eleverne (tæt) på det kompetencemæssige niveau hvor de er (Dolin, 2006).

Netværksdannelse som brobygger

Det sidste citat ovenfor er repræsentativt for mange elevudsagn. Det handler om at når der nu er to fag i henholdsvis grund- og gymnasieskolen der begge kaldes matematik, men som af eleverne opleves som værende temmelig forskellige, så kunne forskellene i det mindste blive italesat. Men hvis matematiklærere i grundskolen skal være i stand

til at fortælle eleverne hvad der venter i gymnasiet, og hvis gymnasielærere skal kunne italesætte forskellen i tilgangen til matematik, kræver det et gensidigt kendskab til undervisningspraksis (inklusiv tolkning af fagets formål og undervisningsmål, undervisningsmaterialer, fagterminologi, brug af IT-værktøjer mv.) på forskellige niveauer. Et sådant kendskab kan eksempelvis etableres gennem systematisk og vedvarende samarbejde i netværk bestående af matematiklærere fra forskellige uddannelsesniveauer. I spørgeskemaundersøgelsen foreslås dette (indirekte) af en elev: *“Jeg synes ikke altid det virker som om ens folkeskolelærere og gymnasielærere altid har den samme agenda. Det er nogle lidt andre ting man fokuserer på, så det ville være en god ide at snakke bedre sammen mellem folkeskolen og gymnasium”*. Et styrket samarbejde er bl.a. anbefalet af en matematikkommission nedsat af Undervisningsministeriet med henblik på rådgivning forud for den seneste gymnasireform (Undervisningsministeriet, 2016, s. 29-31), og flere forskningsrapporter om overgangsproblemer peger på netværksdannelse som et oplagt udviklingsfelt:

Forskningsrapporten kan anbefale, at institutionerne omkring hver enkelt overgang, hhv. grundskole og gymnasium og gymnasium og universitet, indleder et forpligtende fortløbende samarbejde, hvor det ikke alene drejer sig om institutionsbesøg for elever, der skal på gymnasium eller universitet, men om at lærere på de implicerede institutioner indgår i samarbejdet. Det skal ikke kun ske for at gøre overgangen “smertefri” men også for at sikre gensidig viden om, hvordan fagene praktiseres, og hvilke betydningsindhold der ligger i faglige begreber og i pædagogiske begreber om fx projektarbejde og tværfaglighed. Det drejer sig om klart at kommunikere, hvilke krav og forventninger, der stilles på de to niveauer, og om at sikre sig, at der etableres et fælles fagsyn og læringssyn på tværs af niveauerne (Mathiasen, 2009, s. 166).

Skolernes erfaringer og vores tværgående analyser viser, at en meget væsentlig brik i forhold til at afhjælpe overgangsproblemer består i at øge lærernes viden om og forståelse af undervisningens form og indhold hos hinanden. Grundskolelærerne har glæde af at vide, hvad de elever, som fortsætter i gymnasiet møder af forventninger og rammer, og gymnasielærerne har brug for at vide, hvilke erfaringer eleverne bringer med sig, hvilket indhold og hvilke undervisningsformer de har mødt i grundskolen, og som gymnasiet kan arbejde videre på og forholde sig til. Især har de deltagende lærere oplevet møder på tværs af skoletrin og gensidige observationer i undervisningen som meget frugtbare.

Selvom langt fra alle elever i grundskolens afgangsklasser skal i gymnasiet, så gav de deltagende grundskolelærere udtryk for at indsigt i kravene på det niveau, der ligger over deres eget, kan bidrage til at kvalificere deres eget faglige arbejde og give dem selv større forståelse for deres fags betydning for eleverne. ... (M)an (kan dog) ikke gå ud fra, at skolerne har blik

for behovet, fordi skolerne kan have tendens til at betragte deres eget uddannelsestrin som en afsluttet helhed (Ulriksen, 2014, s. 16 & s. 87).

Der er allerede visse steder i landet velfungerende samarbejder mellem grundskoler og gymnasier om overgangsproblemer i matematik. Men der er helt sikkert et stort udviklingspotentiale, som med fordel kan bringes i spil med NCUM, det nye Nationale Center for Udvikling af Matematikundervisning, som katalysator. Det er netop en hovedopgave for NCUM at *“etablere solide tværgående netværk, så den matematikdidaktiske kultur i Danmark styrkes ved, at ... undervisere tilbydes mulighed for deltagelse i relevante aktiviteter ... og netværkssamarbejde”* (NCUM, 2020). Ved åbningskonferencen for NCUM anførte Carl Winsløw, Københavns Universitet da også overgangsproblemer som en af tre systemiske hovedudfordringer som NCUM bør medvirke til at håndtere (Winsløw, 2020). Men NCUM kan ikke klare opgaven alene. Det kræver ressourcer at samarbejde, så der er brug for opbakning fra ledelser på både grundskole- og gymnasieniveau, hvilket meget gerne skulle fremmes gennem en tydelig politisk prioritering på lokalt og nationalt niveau af overgangsproblematikken. Den politiske prioritering kan dels motiveres af et ønske om at forbedre elevernes lyst til og læring af matematik i sig selv. Men derudover kan en reduktion af overgangsproblemerne i matematik medvirke til implementering af en del af den nationale naturvidenskabsstrategi (Undervisningsministeriet, 2018), der bl.a. har som mål at en øget andel af gymnasieeleverne vælger en naturvidenskabelig studieretning og efterfølgende en videregående STEM-uddannelse. Baggrunden herfor er den udprægede anvendelse af matematik i de naturvidenskabelige og tekniske fag samt en veldokumenteret sammenhæng mellem udvikling af self-efficacy og kompetencer i forhold til matematik og tilbøjeligheden til at vælge en STEM-uddannelse (Blotnicky, 2018; Kaleva, 2019).

En arbejdsgruppe under Undervisningsministeriet der skulle forberede en national strategi for STEM-uddannelserne, har tidligere anbefalet at der på sigt etableres en såkaldt *overlapmodel* hvor (nogle) lærere har kompetence til at undervise på flere forskellige uddannelsesniveauer (Undervisningsministeriet, 2008, s. 32). I lyset af erfaringerne fra forsøget med valgfaget gymnasie matematik hvor gymnasielærere har undervist i et grundskolefag, forekommer det perspektivrigt at afprøve dette i videre format. Man kunne ligeledes lave forsøg hvor matematiklærere fra udskolingen i grundskolen på baggrund af et videreuddannelsesforløb underviser i grundforløbet på de gymnasiale uddannelser.

Udfordringer i forhold til sammenhæng i uddannelseskæden

Ulriksen konstaterer at grundskolerne kan have tendens til at betragte deres eget uddannelsestrin som en afsluttet helhed (Ulriksen, 2014), og begrundet dermed at det ek-

sempelvis kan være en udfordring at få matematiklærere i grundskolen til at tage det alvorligt og reagere på at matematiklærere i gymnasiet har den opfattelse at mange elevers grundlæggende færdigheder og forståelse af symbolsprog ikke er tilstrækkelig (Ulriksen, 2014, s. 68). Ovennævnte udfordring kan ligeledes hænge sammen med at nogle fokuserer meget på det forhold at en del grundskoleelever ikke efterfølgende skal på gymnasiet. Men det er faktisk omkring 75 % af en årgang der gennem de seneste år har søgt optagelse på en ungdomsuddannelse med matematik på gymnasialt niveau, altså STX, HHX, HTX, HF, IB eller EUX (Undervisningsministeriet, 2020).

Selv med en bevidsthed om at en meget stor andel af de unge søger en gymnasial uddannelse, vil der formodentligt i nogle kredse i grundskolen være en vis modstand mod tiltag hvor der skal praktiseres en mere gymnasial tilgang i matematikundervisningen. En modstand, der bl.a. udspringer af en oplevet forpligtelse til i den sidste del af grundskolen at bruge betydelige ressourcer på at klargøre eleverne til folkeskolens afgangsprøve. Det er meget forståeligt idet der dermed sigtes mod at eleverne skal opnå bedst mulige karakterer, og det er jo noget der danner grundlag for sammenligning af grundskolerne i diverse statistikker over "Key Performance Indicators". Men resultaterne fra Silkeborg viser at selv om eleverne klarer sig fint i grundskolen til afgangsprøven i matematik, kan en betydelig andel opleve væsentlige overgangsproblemer. Man kan derfor overveje om afgangsprøven korresponderer med formålsparagraffen for folkeskolen. For når nu et af hovedformålene med folkeskolen er at klargøre til videre uddannelse (Folkeskoleloven, 2020, §1), burde dette så ikke implicere at de faglige kompetencer og færdigheder der evalueres ved afgangsprøven, i vid udstrækning harmonerer med de krav der møder (75 % af) eleverne på det næste uddannelsesniveau? Spørgsmålet er væsentligt idet det er velkendt at form og indhold i forbindelse med afsluttende eksamener med tiden virker definerende for undervisningen (Binau, 2021).

Overgangsproblemerne indikerer at selv om der er en god sammenhæng i styredokumenterne for matematik på grundskole- og gymnasieniveau (Mathiasen, 2009; Christensen, 2021), og de overordnede faglige mål på forskellige uddannelsesniveauer forekommer at beskrive et kontinuert forløb, garanterer dette ikke en undervisningspraksis der sikrer eleverne passende færdigheder og kompetencer til det næste uddannelsesniveau. Ifølge Lindhart kan forskellene i udfoldningen af matematik til dels forklares ved forskellige faglige identiteter der gennem tiden etableres hos matematiklærere i henholdsvis grundskolen og gymnasiet (Lindhart, 2021). Flere undersøgelser indikerer da også at der allerede ved indgangen til studier på henholdsvis læreruddannelsen og universitetet er forskel på den typiske matematikfaglige profil for de kommende lærere i grundskolen og på gymnasiet (EVA, 2009; VIVE, 2019). Lindhart henviser ligeledes til forskellige dannelsesforståelser som en mulig del af forklaringen idet han peger på at der i grundskolematematikken lægges forholdsvis stor vægt på

elevernes fremtidige anvendelse af matematik som borger i et samfund, mens der på gymnasiet er en relativ større orientering mod indvielsen i faget og dets indre struktur. For en gymnasielærer kan det sidstnævnte på den ene side forekomme at være en lidt for snæver udlægning af dannelsesforståelsen i gymnasiet idet det fx af læreplanerne på både A-, B- og C-niveau på forskellig vis fremgår som et formål at eleverne skal lære om matematikkens betydning for fx teknologi samt samfundsmæssige og kulturelle spørgsmål, samtidigt med at matematikundervisningen skal bidrage til at klæde eleverne på til at indgå i et demokratisk samfund (Undervisningsministeriet, 2017). På den anden side har Lindhardt givetvis ret i forestillingen om at overordnede forskelle i de to lærergrupperes identiteter og fagforståelser har afgørende betydning for etablering af overgangsproblemer i matematik. Men hvilken gevinst har eleverne af at der findes en plausibel forklaring på at de oplever overgangsproblemer? At have en (del af en) forklaring på problemernes opståen kan for eleverne kun være vigtigt og relevant såfremt en række aktører handler på baggrund af den opnåede erkendelse.

I forlængelse heraf kan man spørge: Hvilken betydning kan det have for sammenhængen i uddannelsessystemet at forligskredsen bag folkeskolereformen (Undervisningsministeriet, 2017a) i 2017 med gode og på nogle måder forståelige intentioner og med opbakning fra en række interessenter (bl.a. Danmarks Lærerforening) besluttede at gøre færdighedsmålene i *Fælles Mål* vejledende frem for bindende? Måske er det i den forbindelse ikke hensigtsmæssigt at behandle alle fag ens. Måske har matematik en særlig kumulativ karakter. Og måske kan de særlige overgangsproblemer i matematik begrunde og delvist imødekommes med relativt præcise færdighedsmål knyttet til udvalgte dele af fagets områder (fx algebra) så udfoldningen af faget bliver lidt mere ensartet. Det kunne i hvert fald være interessant at gennemføre systematiske forsøg med kontrolgrupper mv. hvor effekten af sådanne tiltag med præcise færdighedsmål i forhold til blandt andet algebra undersøges. Sådanne færdighedsmål kunne i udskolingen være differentierede i forhold til elevernes fremtidsplaner mht. ungdomsuddannelse. Man skulle i den forbindelse undersøge hvordan der kan etableres en synergi mellem en kompetenceorienteret matematikundervisning og arbejdet med præcise færdighedsmål. Det kunne ligeledes være interessant at undersøge hvordan det ville virke hvis grundskolerne i forhold til matematik systematisk fik tilbagemeldinger om hvordan lige netop deres elever klarede sig og oplevede overgangen til næste uddannelsesniveau. For som det typisk er i dag, gælder det for både grundskoler og gymnasier at man ikke reelt og systematisk på skoleniveau evaluerer de centrale formål der handler om henholdsvis at klargøre til videre uddannelse og at udvikle studiekompetencer.

Udnyttelse af elevernes overskud i undervisningen

I overensstemmelse med tidligere fund (Hansen, 2011) fremgår det meget tydeligt af 1.g-elevs udsagn i undersøgelsen og gennem samtaler med eleverne i begyndelsen af gymnasieforløbet at mange elever føler at de havde et stort overskud i matematik i grundskolen, og at der kunne være gjort mere for at udfordre dem og klargøre til næste niveau. Dette kan illustreres med et par eksempler på elevs anbefaling til grundskolen i forhold til overgangsproblematikken:

Jeg tænker måske at der kunne have været en slags niveaudeling på den måde at hvis man kunne tænke sig at have matematik på højniveau, kunne man få nogle lidt sværere opgaver (Elev der fik 12 i grundskolen).

Lavet faglig udfordrende undervisning og ikke repeteret alt 10000000000000000000 gange (Elev der fik 10 i grundskolen).

Men hvis man i grundskolen med en orientering mod gymnasiet skal imødekomme sådanne elevønsker om niveaudeling og faglig udfordring, vil det kræve en vis omlægning af den måde hvorpå faget praktiseres. Dette kan være svært at få gennemført. Eksempelvis mødes man i forbindelse med drøftelser af overgangsproblemerne i matematik nogle gange med det synspunkt at det er urimeligt eller uforståeligt at gymnasielærere tillægger grundlæggende færdigheder i algebra særlig betydning, og at det ikke kan passe at elever i en tid med CAS-værktøjer mv. stadig skal kunne regne med brøker. På samme måde kan man også finde gymnasielærere der undrer sig over nogle af de matematikfærdigheder der prioriteres i forhold til visse videregående uddannelser. Det er naturligvis helt legitimt at udtrykke uenighed i forhold til indholds- og færdighedsmæssige prioriteringer. Men det må være vigtigt at fagpolitiske uenigheder ikke går ud over eleverne og de studerende. Dvs. hvis underviserne på det næste uddannelsesniveau generelt konstaterer at en given færdighed er væsentlig for at de kan arbejde videre med eleverne i forhold til de faglige mål, så skylder det underliggende niveau eleverne eller de studerende at tage dette alvorligt. Eventuelt samtidigt med at der argumenteres for en ændring af nogle af prioriteringerne i det samlede uddannelsessystem.

Det udspændte gymnasium

Det er antydnet i ovenstående at problematikken vedrørende overgangsproblemer ikke er isoleret til overgangen mellem grundskole og de gymnasiale uddannelser. Hovedvægten i denne artikel har af grunde der tidligere er redegjort for, ligget på tiltag der kan iværksættes i grundskolen. Der kan og bør naturligvis også på gymna-

sieniveau iværksættes målrettede tiltag der kan lette overgangen fra grundskolen i matematik. Men koblingen til det tertiære uddannelsesniveau udgør en udfordring for gymnasierne der således er udspændt mellem et behov for brobygning til grundskolen og formålet om at levere studiekompetente unge der kan håndtere kravene på de videregående uddannelser. For at illustrere dette vendes der nu tilbage til den indledende opgave i denne artikel om oplistning af nogle brøker i voksende rækkefølge. Brøkopgaven har nemlig i nyere tid indgået som en del af den første afleveringsopgave der skal laves af matematikstuderende (inkl. matematik-økonomistuderende og sidefagsstuderende) på Aarhus Universitet (Ugeseddel 2019). Det formodes at være overraskende for mange at det på universitetsniveau er nødvendigt at repetere helt basale forhold vedrørende brøker. Lederen af *Institut for Matematik* på Aarhus Universitet roser på den ene side de nye studerende:

Der er lige så mange af de dygtigste studerende som der plejer at være, og de er lige så dygtige som altid. De studerende er generelt utroligt velmotiverede og exceptionelt gode til at organisere deres arbejde både individuelt og i grupper (Møller, 2021).

På den anden side udtrykker institutlederen i overensstemmelse med flere tidligere evalueringer af overgangen til de videregående uddannelser (Hansen, 2011; Undervisningsministeriet, 2016) en vis frustration over de studerendes manglende grundlæggende færdigheder:

[Det er et] generelt problem for STEM-fagene: [De studerende] har ikke basalt matematisk håndværk som en del af deres faglige sprog (Møller, 2021).

Som eksempel på det manglende matematiske håndværk nævnes (ud over vanskeligheder med brøker) løsning af simple ligninger samt diskussion af proportionalitet og omvendt proportionalitet i forbindelse med opgaveløsning i et kemikursus. Det har ligeledes i erkendelse af de studerendes manglende faglige sikkerhed når de kommer fra gymnasiet, været nødvendigt at indføre differentiation af funktioner af én variabel i et indledende matematikkursus (Møller, 2021).

Samlet må man konstatere at en del tyder på at hidtidige forsøg på i forhold til faget matematik at skabe et sammenhængende uddannelsessystem med en passende progression ikke i nyere tid er lykkedes godt. Det forekommer at være tiltrængt med en ny gennemtænkning af matematik i det samlede uddannelsessystem: Hvem skal lære hvad, og hvilken betydning tillægger vi i den forbindelse 'at lære'? Hvorfor skal de lære det? Hvornår skal de lære det? Hvordan sikres en fornuftig sammenhæng i uddannelseskæden?

Referencer

- Andresen, B. (2017). Feedbackstrategier i matematik. *MONA 2017-3*.
- Bandura, B. (2006). Guide for Constructing Self-Efficacy Scales. I: Urdan, T. & Pajares, F. (red.), *Self-Efficacy Beliefs of Adolescents* (s. 307-337). Charlotte: Information Age Publishing.
- Binau, C.F., Dolin, J., Elmose, S., Nielsen, J.A. & Schmidt, J.R. (2021). Kompetenceorienteret undervisning i naturfagene. *MONA 2021-3*.
- Blomhøj, M. & Højgaard Jensen, T. (2007). SOS-projektet – didaktisk modellering af et sammenhængsproblem. *MONA 2007-3*.
- Blotnicky, K.A., Franz-Odenaal, T., French, F., & Joy, P. (2018). A study of the correlation between STEM career knowledge, mathematics self-efficacy, career interests, and career activities on the likelihood of pursuing a STEM career among middle school students. *International Journal of STEM Education*. (2018) 5:22.
- Boaler, J. (2016). *Mathematical Mindsets*. Josey-Bass, San Francisco.
- Christensen, B.K. (2021). Overgangsproblemer i matematik. *MONA 2021-2*.
- Dolin, J. (2006). *Læringsteorier*. I: Damberg, E., Dolin, J. & Ingerslev, G.H. (red.), *Gymnasiepædagogik – En grundbog* (s. 140-180). Hans Reitzels Forlag. København.
- Folkeskoleloven (2020). LBK nr. 1396 af 28. september 2020.
- EVA (2009). *Komparativt studium af de nordiske læreruddannelser*. Danmarks Evalueringsinstitut.
- Hansen, H.C. et al. (2011). *Moderne matematiske færdigheder fra skolestart til studiestart*. Undervisningsministeriet.
- Jessen, E.J., Holm, C. & Winsløw, C. (2015). *Matematikudredningen*. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.
- Kaleva, S., Pursiainen, J., Hakola, M., Rusanen, J. & Muukkonen, H. (2019). Students' reasons for STEM choices and the relationship of mathematics choice to university admission. *International Journal of STEM Education*. (2019) 6:43.
- Lindhart, L. (2021). Læreres betydning for overgangsproblemer i matematik. *MONA 2021-3*.
- Mathiasen, H. (2009). *Overgangsproblemer som udfordringer i uddannelsessystemet*. Forskningsrapport, Aarhus Universitet.
- <http://www.gymnasieforskning.dk/wp-content/uploads/2013/10/Udfordringer-i-overgange.pdf>.
- Møller J.S. (2021). Lidt om de studerende vi møder. Slides præsenteret på NCUM-møde 12. maj 2021. Aarhus Universitet.
- NCUM (2020). dpu.au.dk/forskning/nationalt-center-for-udvikling-af-matematikundervisning (hjemmesiden er besøgt d. 8/9-21).
- Niss, M. & Jensen, T.H. (2002). *Kompetencer og matematiklæring: Idéer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark*. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 18 – 2002. Undervisningsministeriet.

- Törner, G., Arzarello, F., Dreyfus, T. & Gueudet, G (2013). Solid Findings in Mathematics Education: Living with Beliefs and Orientations – Underestimated, Nevertheless Omnipresent, Factors for Mathematics Teaching and Learning. *European Mathematical Society Newsletter* 87:42-44.
- Ugeseddel (2019). *Matematisk Analyse 1, Efterår 19 – Ugeseddel 1*. Aarhus Universitet af 24. august 2019.
- Ulriksen, L., Ebbensgaard, A.B. & Jacobsen, J.C. (2014). Overgangsproblemer mellem grundskole og gymnasium i fagene dansk, matematik og engelsk. *IND's skriftserie*, nr. 37.
- Undervisningsministeriet (2008). *Et fælles løft – Rapport fra arbejdsgruppen til forberedelse af en National Strategi for Natur, Teknik og Sundhed*. Andersen, N.O. et al. Undervisningsministeriet.
- Undervisningsministeriet (2016). *Matematikkommissionen – Afrapportering*. Grønbæk, N. (formand) et al. Undervisningsministeriet.
- Undervisningsministeriet (2017). *Læreplan for matematik A/B/C*.
- Undervisningsministeriet (2017a). *Aftale om at løsne bindingerne i Fælles Mål*. www.uvm.dk/aktuelt/nyheder/uvm/2017/maj/170519-ny-aftale-giver-oeget-frihed-om-faelles-maal-i-folkeskolen (hjemmesiden er besøgt d. 8/9-21).
- Undervisningsministeriet (2018). *National naturvidenskabsstrategi*. Undervisningsministeriet.
- Undervisningsministeriet (2020). *Hvad vælger eleverne, når de forlader grundskolen efter 9. og 10. klasse i 2020? Notat*. Undervisningsministeriet.
- www.uvm.dk/aktuelt/nyheder/uvm/2020/mar/200326-de-unge-soeger-ungdomsuddannelser-ligesom-sidste-aar (hjemmesiden er besøgt d. 11/9-21).
- VIVE (2019). *Lærerruddannelse i et internationalt perspektiv – en kortlægning*. Viden til Velfærd. Det Nationale Forsknings- og Analysecenter for Velfærd.
- Winsløw, C. (2020). *Udfordringer til matematik*. Oplæg nr. 8 på åbningskonference for NCUM den 2. oktober 2020. www.dpu.au.dk/forskning/nationalt-center-for-udvikling-af-matematikundervisning (hjemmesiden er besøgt d. 21/1-21).



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.

Nyheder

Bliv ekspert i STEM-undervisning

Vil du ruste børn og unge til fremtidens udfordringer? På uddannelsen i STEM-undervisning får du kompetencer til at udvikle den naturvidenskabelige undervisning i grundskolen. Du kan tage uddannelsen uanset hvor i landet du bor. Undervisningen foregår både online, i regionen hvor du bor, samt i Odense på planlagte dage.

Du arbejder med at udvikle vedkommende undervisning i naturfagene og/eller matematik med udgangspunkt i samfundsrelevante problemstillinger – fx overvågning, genterapi og bæredygtighed. Du kan også designe og evaluere indsatser som fx kompetenceudvikling i lærerteams.

Uddannelsen kan tages som en to-årig kandidatuddannelse, hvor du læser på fuld tid, eller som en fireårig erhvervskandidatuddannelse på deltid hvor du studerer, samtidig med at du er i job.

Læs mere om uddannelsen på <https://studier.ku.dk/kandidat/stem-undervisning/>

Klar til Big Bang 2022

Nu er programmet til næste års Big Bang-konference færdigt, og der er åbnet for billetsalget. Konferencen bliver igen fysisk og vil samtidig have en digital del. Konferencen finder sted d. 6.-7. april i Odense Congress Center. Konferencen samler mere end 1500 mennesker inden for naturfagsområdet til to dage med fokus på deling af ny viden og erfaringer og udvikling af undervisning.

Se program og tilmeld dig på www.bigbangkonferencen.dk. Følg også konferencen på de sociale medier (#bbdk22).

Hvordan kan forskningsbaseret viden om astrofysik og kosmologi blive til formidlingsvenlig viden?

Postdoc Line Bruun Nicolaisen, lektor Marianne Achiam (begge Institut for Naturfagernes Didaktik, KU) og Tina Ibsen (tidl. Planetarium) undersøger i artiklen 'Transforming astrophysics in a planetarium' baggrunden for, hvorfor rumteknologi og kosmologi opfattes som spændende og relevant af nogle dele af befolkningen, men som kedeligt og uvedkommende af andre.

Planetarium og Institut for Naturfagernes Didaktik indgik i et samarbejde for at skabe udstillingen 'Made in Space', som skulle trække på den nyeste forskning

om astrofysik og kosmologi. I selve designprocessen blev brugerinddragelse, køn og inklusion bærende i udviklingen af udstillingen. Artiklen 'Transforming astrophysics in a planetarium' beskriver processen, hvorved forskningsbaseret viden om astrofysik og kosmologi blev til formidlingsvenlig viden om astrofysik og kosmologi. Denne proces foregik gennem en række workshops, hvor ikke-inkluderende diskurser (fx om kolonisering af rummet, rummet som et maskulint domæne, og den alvidende forsker over for den ignorante offentlighed) afløstes af mere inkluderende måder at tale om astrofysik og kosmologi (fx i form af deres æstetiske, fælles og følelsesmæssige aspekter). Kapitlet afsluttes med en diskussion af udviklingen af 'Made in Space' i et bredere institutionelt og samfundsmæssigt perspektiv.

Artiklen er skrevet som en del af forskningsprogrammet Vores Museum. Den er udgivet som kapitlet "Transforming astrophysics in a planetarium" (se www.ind.ku.dk/Nyheder/2021/made-in-space/), som indgår i en antologi om eksperimentel museologi, udgivet på forlaget Routledge.

Ny ekspertgruppe skal se på udfordringer i matematik

Hvordan bliver børn og unge bedre til matematik? Det skal en ekspertgruppe for matematik dykke ned i de næste måneder. Gruppen, der består af en række praktikere samt repræsentanter fra professionshøjskoler og universiteter,

har fået til opgave at pege på centrale udfordringer inden for matematikfaget i grundskolen, på de gymnasiale uddannelser og på erhvervsuddannelserne, herunder i overgangene mellem uddannelserne.

Arbejdet skal munde ud i en rapport med mulige løsningsforslag til at højne elevernes faglige niveau og motivation i matematik.

"Det er grundlæggende færdigheder og en vigtig dannelsesopgave, at børn og unge lærer matematik. Men vi er stadig en del mellemregninger fra at løse opgaven. Vi har samlet en stærk gruppe med erfarne lærere og undervisere på tværs af uddannelserne. Jeg ser frem til at modtage ekspertgruppens anbefalinger," siger børne- og undervisningsminister Pernille Rosenkrantz-Theil.

"Der er problemer med elevers læring af matematik i Danmark. Det er velkendt og dokumenteret af en række nationale og internationale undersøgelser blandt andet den seneste TIMSS-undersøgelse i 2019. Noget af det, vi ikke er så gode til, det er at løfte den negative sociale arv og udfordre de dygtigste elever. Det er derfor vigtigt og glædeligt med en national indsats, der skal identificere disse problemer og komme med forslag til, hvordan vi sammen kan håndtere dem fremadrettet. Jeg glæder mig også over, at indsatsen er på tværs af grundskolen og ungdomsuddannelserne, så vi kan få et samlet syn for sagen – og et syn, der ikke blot skyder problemerne et andet sted hen," siger formand for ekspertgruppen Charlotte Krog Skott.

Ekspertgruppens arbejde vil tage afsæt i følgende temaer i relation til matematikfaget:

- Fagets indhold
- Lærernes kompetencer
- Undervisningens tilrettelæggelse
- Brugen af analoge og digitale læremidler

Rapporten med mulige løsningsforslag og anbefalinger til at højne elevernes faglige niveau og motivation i matematik forventes offentliggjort i maj 2022.

I forlængelse af ekspertgruppens arbejde vil der blive taget stilling til, hvilke konkrete ændringer der eventuelt bør foretages af matematikfagets indhold på de enkelte uddannelser og på tværs.

Se mere om arbejdet og kommissoriet for gruppen på www.uvm.dk/aktuelt/nyheder/uvm/2021/okt/211011-ny-ekspertergruppe-skal-se-paa-udfordringer-i-matematik.

Ekspertgruppens medlemmer

- Formand Charlotte Krog Skott, docent ved Københavns professionshøjskole og viceleder i NCUM
- Næstformand Brian Krog Christensen, vicerector ved Silkeborg Gymnasium

Lærere fra grundskolen

- Lis Zacho, lærer og matematikvejleder på Lindevangskolen, Frederiksberg
- Mette Thompson, matematikkonsulent, Helsingør Kommune
- Rikke Teglskov, pædagogisk konsulent ved CFU/UCL

Lærere fra de gymnasiale uddannelser

- Anne Øhrstrøm, formand for Handelsgymnasiernes Matematiklærerforening og lærer ved UNord
- Mikkel Rønne, næstformand i matematiklærerforeningen og lektor ved Gefion Gymnasium
- Tina Bové Riisgaard, gymnasielærer Tørring Gymnasium

Lærere fra erhvervsuddannelserne

- Bodil Tange, erhvervsskolelærer ved Mercantec
- Lauge Sams Granerud, erhvervsskolelærer ved Roskilde Tekniske Skole
- Lone Abildgaard Hørup, erhvervsskolelærer ved Rybners

Repræsentanter fra professionshøjskoler og universiteter

- Carl Winsløw, professor, Københavns Universitet
- Pernille Bødtker Sunde, post.doc., ph.d., VIA University College
- Per Brockhoff, institutdirektør, Danmarks Tekniske Universitet