

# Naturfag og matematik i de gymnasiale uddannelser

## Hvad kan forskningen fortælle?

Denne artikel er blevet til på baggrund af en henvendelse fra Samfundsøkonomen, der ønsker input til, hvordan man fremmer gymnasieelevers interesse for naturfag og matematik i gymnasiet, og hvordan man samtidigt sikrer, at eleverne bliver gode til disse fag.



**HELLE MATHIASEN**

Professor,  
Institut for naturfagernes Didaktik,  
Københavns Universitet  
Email: helle.mathiasen@ind.ku.dk



**BRITTA EYRICH JESSEN**

Postdoc,  
Institut for naturfagernes Didaktik  
Københavns Universitet  
Email: britta.jessen@ind.ku.dk

## Indledning

Der er mange parametre i spil, når de stillede spørgsmål skal besvares med udgangspunkt i et didaktisk perspektiv. Undervisningsformer- og -organisering, evalueringsformer, læringsressourcer og undervisningsmaterialer samt undervisningsindhold er alle didaktiske parametre, der indgår i et komplekst samspil med lærere og elever. Hvilket samspil, der er mulighed for, påvirkes yderligere af eleverne og deres forudsætninger samt lærerne og deres faglige, relationelle og didaktiske kompetencer. Hertil kommer rammebetingelsernes påvirkning af, hvad der kan foregå i undervisningen. Rammebetingelser drejer sig bl.a. om de fysiske rum, teknologianvendelse, tid, fagets rolle i gymnasieuddannelsens styringsdokumenter som bekendtgørelser, læreplaner og vejledninger etc. Alle disse faktorer er gensidige afhængige i den forstand, at en beslutning om fx en specifik undervisningsform har implikationer for bl.a. valg af opgave, der skal løses. Elevforudsætninger inviterer til overvejelser om tilrettede læringsressourcer i relation til mulige lærer- og elevroller. Et udgangspunkt, der ofte påpeges, er, at prøveformen for et fag er afgørende for de didaktiske valg og hvilke aktiviteter, der foregår i klasserummet. Den såkaldte back wash-effekt (Biggs, 1995, Webb, 1992). På nogle parametre vil dette kunne vise en bestemt undervisningspraksis. I matematik har dette fx resulteret i, at elever blev vist og trænet i bestemte teknikker og metoder relevant for eksamenslignende opgaver, men ikke nødvendigvis lærte de underliggende koncepter, der begrunder teknikkerne og metoderne, dvs. ikke lærte matematikken. Dette giver A. Schoenfeld (1988) et udtalt eksempel på, og selvom dette ikke er af nyere dato, så er problematikken lige aktuel. C. Suurtmann og kollegaer (Suurtmann et al 2016, s. 20) samler helt ny forskning, der peger på, at det fortsat er et problem, at eksamen foreskriver klasserumsaktiviteter. Ydermere foreslås det, at matematikdidaktisk forsk-

ning netop bør have fokus på at udvikle eksamensformater, der kan drive en udvikling i form af nytænkning om, hvordan der undervises. Elevforudsætninger, lærerkompetencer og styringsdokumenter er nødvendigvis afgørende for, hvordan praksis udmøntes, og hvilke læringsudbytter de enkelte elever kan vise fx ved en afsluttende eksamen.

Artiklen vil naturligvis kun give et overfladisk indtryk af den viden, der genereres indenfor uddannelsesforskning og fagdidaktik. Den refererede litteratur tjener derudover til at være en referenceliste til inspiration, hvis ønsket er en udfoldelse af artiklens tema set i et forskningsperspektiv. Inden for uddannelsesforskning diskuteres, hvad det betyder at være "god til et fag", og hvad "værdien" er af en stribe 12-taller, hvis ikke de følges af en selvstændighed ift., at eleven kan bruge den viden, 12-tallerne bl.a. afspejler i nye og ukendte kontekster. Interesse for faget kan ligeledes afspejles af elevernes engagement, stilen spørgsmål til og selvstændige forsøg på at besvare faglige problemer. Interesse og det at "blive god til" har en gensidighed indlejret (fx Skaalvik et al, 2015, Rask et al 2017). Vi tager udgangspunkt i et interessebegreb, der knytter an til elevernes interesse for faget, for faglige emner eller for aktiviteter knyttet til undervisningen i faget (fx Hidi & Renninger, 2006).

Mere konkret vil vi i denne artikel adressere de to spørgsmål, vi er blevet stillet:

1. Hvad ved man om, hvordan man fremmer gymnasieelevers interesse for naturfag og matematik?
2. Hvordan får man flere elever til at blive gode til det?

Indledningsvis vil vi beskrive, hvordan vi bruger begrebet interesse, og hvad det vil sige at blive "god" til naturfag og



matematik. Derefter vil vi trække på litteratur udarbejdet gennem de seneste år, hvor fokus er på naturfag og matematik og tematiserede didaktiske præmisser for udvikling af elevernes viden, færdigheder og kompetencer (European Communities, 2008). I den afsluttende perspektivering vil vi pege på forskningsresultater, der peger på læringsmæssige effekter i relation til udvikling af viden, færdigheder og kompetencer, og hvad der skal til for at forskningsresultater og hypoteser fremadrettet kan blive realiseret i større omfang i de gymnasiale uddannelser.

### Hvordan skabes ”interesse” for fag, og hvordan bliver man ”god” til fag?

Når elever selvstændigt udviser en nysgerrighed, der sætter dem i stand til at formulere spørgsmål i og til et fag og samtidig engagerer sig i nye studier af andres arbejder for at udvikle egne svar, kan man sige, at eleverne udviser interesse for faget på en måde, der kan betyde, at de udvikler en vis grad af en faglig viden, færdighed og kompetence, som kan betegnes som, at de betragtes som ”gode til faget”.

I en statusrapport over gymnasiets matematikundervisning og udviklingsbehov bliver der peget på et behov for, at eleverne er i stand til at handle selvstændigt og kreativt i matematik, når de starter på en videregående uddannelse i en hel række af matematikholdige uddannelser (Jessen, Holm & Winsløw, 2015). Eleverne fra gymnasiet er i alt for høj grad trænet i at løse standardopgaver, genkende opgavetyper og besvare disse med matematikværktøjsprogrammer som fx Maple, Nspire og wordmat. Elever, der har en høj matematikkarakter fra gymnasiet, fordi de er gode til at løse standardopgaver, risikerer at løbe ind i problemer på en videregående uddannelse, der kræver andet og mere end, at de løser opgaver som dem, de er blevet testet i gymnasiet. Dette er imidlertid ikke alene et forhold, der gør sig gældende for matematik. Omvendt viser flere forskningsprojekter, at hvis elever arbejder mere undersøgende og kreativt med faget, kan denne undervisningsform understøtte elevernes interesse for naturfag og matematik (Nielsen (red), 2016). En EU rapport fra 2007 peger på, at undervisningen i naturfag og matematik skal ændres ”fra primært deduktiv til en undersøgelsesbaseret tilgang, der øger interessen for naturfagene” (Rocard et al., 2007). EU har fulgt op med bevillinger til en række projekter, der arbejder med at muliggøre, implementere og evaluere undersøgelsesbaseret undervisning i naturfag og matematik (Fibonacci, PRIMAS, ASSIST-ME etc.). En ny dansk PhD-afhandling om undersøgelsesbaseret matematikundervisning i dansk gymnasiekontekst har vist, at undersøgelsesbaseret matematikundervisning gjorde eleverne mere engagerede i faget. Det fik dem til selv at formulere spørgsmål, som de besvarede og herigennem udviklede en større mangfoldighed af færdigheder og kompetencer, som de var i stand til at kombinere og bruge til at besvare standard såvel som ikke-standard opgaver med (Jessen, 2017). Det er dog ikke uden udfordringer, at implementere undersøgelsesbaseret undervisning fremfor en mere deduktiv tilgang i det danske uddannelsessystem, selv ikke i fag, der har eksperimenter som en integreret del af faget, fx fysik (fx Jacobsen, et al., 2009 og Jacobsen, 2010). Både elever og lærere går til fysikundervisning

på gymnasialt niveau med nogle gensidige forventninger til, hvad fagets eksperimentelle arbejde skal rumme. Det handler i høj grad om, at læreren guider eleverne, som til gengæld følger lærerens anvisning. Dette har vist sig at være i en sådan grad, at det eksperimentelle arbejde har fået en algoritmisk karakter (Jacobsen et al., 2009, s. 5). Jacobsen (2010, s. 342) stiller ligefrem spørgsmålstegn ved, om laboratoriearbejde er den bedste måde at imødekomme målsætningerne for fysikfaget på med de ressourcer, der gives for nuværende.

Vores fortolkning og anvendelse af vendingen ”at blive god til” ligger i forlængelse af vores fortolkning af interesse. Det handler om at være i stand til selvstændigt at sætte sin viden og færdigheder i spil i nye og ikke standardiserede kontekster. Dette svarer til at blive fagligt kompetent og have en ”indsigtsfuld parathed til at handle hensigtsmæssigt i situationer, som rummer en bestemt slags matematiske udfordringer” (Niss & Jensen, 2002, s. 43) og ”at have viden om, at forstå, udøve, anvende og kunne tage kritisk stilling til natur, naturfaglighed, naturvidenskab og teknologi i en mangfoldighed af sammenhænge hvori disse indgår eller kan komme til at indgå” (Busch, Horst og Troelsen, 2003, s. 39). Det er altså kombinationen af at have viden og færdigheder samt det at kunne sætte dem i spil i nye og forskellige kontekster. Vi vil ikke inddrage en ellers relevant diskussion om validitet i gængse prøveformer, når det drejer sig om evaluering af elevernes selvstændige og innovative brug af viden og færdigheder i nye kontekster, men blot bemærke at prøveformerne i høj grad er med til at forme fag og dets indhold og dermed, hvad og hvordan der undervises i fagene.

### Hvordan engagerer læreren sine elever?

Interesse for fagene ser vi som det engagement, eleverne udviser ved at ”gøre” fagene, som det ofte bliver udtrykt. Det handler om at give eleverne rammer, der kan invitere til at være fagligt nysgerrige, stille spørgsmål og selv forsøge at besvare dem. Interesse fører ikke nødvendigvis til et brændende ønske om at læse faget på en videregående uddannelse. Grundlæggende kan interesse for et fag skyldes en vifte af parametre. Flere undersøgelser viser, at læreren har en afgørende betydning, når det gælder den enkelte elevs interesse og engagement. Elevernes oplevelse af lærerens faglige engagement, og det at læreren ”vil” eleverne har stor betydning for en mulig interesse for et fag. Det drejer sig kort fortalt om, hvorvidt eleverne oplever, at læreren brænder for sit fag og for, at eleverne udvikler sig både fagligt, personligt og socialt. En longitudinel undersøgelse i gymnasiet viser, at mange elever giver udtryk for, at elementer af ”sjov” indgår i deres ønsker til den ”perfekte undervisning” (Mathiasen et al, 2011, 2012, 2013, 2014). Faget skal ikke nødvendigvis være ”sjovt” i forståelsen underholdning, men elevernes stemme er dog værd at reflektere over. Undersøgelsens analyse peger på, at eleverne søger meningen med undervisningsaktiviteterne og ønsker, at aktiviteterne kan vække deres faglige nysgerrighed og interesse for det konkrete faglige tema.

Litteraturen viser, at både interesse, nysgerrighed og en rammesætning, hvor undren er muligt, er et væsentligt fundament



for elevernes læring. En undervisning, der baserer sig på muligheden for at vække elevernes faglige undren, er derfor et læringsmæssigt fokus, der understøttes af litteraturen (fx Kruse, 2013, Minner, Levy & Century, 2010). I stedet for at læreren forklarer om faldloven og luftmodstandens betydning i frie fald i fysik, kan man eksempelvis eksperimentere med mufinsforme, der udfordrer elevernes intuition og skaber undren. Dette kan være en katalysator for, at eleverne selv eksperimenterer sig frem til de faglige pointer eksempelvis omkring tyngdekraft og luftmodstand. Ydermere kan forstyrrelser i hverdagsopfattelser give anledning til, at eleverne engagerer sig yderligere i at studere de fysiske sammenhænge i en vekselvirkning mellem studiet af lærebøger og andre ressourcer samt afprøvning eller eksperimenteren med den viden, der hentes i ressourcerne.

### Vedkommende undervisning for den enkelte elev

Enhver undervisningssituation er kontekstbunden og den konkrete kontekst, der er genstandsfelt for en empirisk undersøgelse er afgørende for resultaterne. Det er ikke muligt, som i økonomiske modeller, at "sætte alt andet lige" og så undersøge en parameter isoleret, da alle parametre indgår i komplekse relationer og udgangspunktet er, at vi ikke kan operere med en "generaliseret" elev eller lærer. Hver elev og lærer er unik, hvorfor en didaktisk tilgang, der tager udgangspunkt i "one-size-fits-all", ikke kan udfolde kompleksiteten i feltet (fx OECD, 2006). Det er der for så vidt ikke noget nyt i og fx Vygotskys pointering af, at det er afgørende vigtigt at tage udgangspunkt i elevens nærmeste udviklingszone (Vygotsky, 1978), er blevet en fast indholdsdel af bl.a. dansk gymnasialæreruddannelse via pædagogikum (Damberg et al., 2013).

Hermed aktualiseres begrebet personalisering, hvilket bliver udgangspunktet for præsentation af forskning, der rammer ned i de to stillede spørgsmål. Personalisering er blevet brugt siden 1960'erne (Epstein et al, 1961) fx inden for medicinalindustrien og reklamebranchen. Begrebet er indenfor sundheds- og erhvervs/økonomisystemet brugt som en term, der indikerer en intention om, at produkt og information skal tilpasses hver enkelt person. Når genstandsfeltet er uddannelsessystemet, bruges begrebet i overvejende grad som et pædagogisk og didaktisk perspektiv på læring og undervisning. Personalisering henviser til en hensigt om, at vi ikke kan tænke i en "one-size-fits-all-model", når det gælder læring og undervisning. Det gælder både undervisningsmiljø i bredeste forstand og den enkelte elevs forudsætninger, interesser og tilgang til det at være elev i naturfag og matematikundervisning i gymnasiet.

Med begrebet undervisningsdifferentiering er det intentionen, at alle skal have mulighed for at nå samme fastsatte mål; men den enkelte elevs læreproces på vej frem til målet kan være meget forskellig. Princippet om undervisningsdifferentiering handler om at gøre forskel ud fra den antagelse, at hver elev er unik, og dermed har sine unikke forudsætninger, interesser mm. til at iagttage omverdenen med. Elevedifferentiering drejer sig også om at gøre forskel. Men med elevedifferentiering omfatter forskellen også målene. Med andre ord er intentionen

med elevedifferentiering ikke, at alle som udgangspunkt skal have mulighed for at lære det samme (Mathiasen, 2010).

### Teknologiens muligheder og begrænsninger

Der har også været en stor opmærksomhed på brugen af teknologi i Danmark siden midt 90'erne (fx Mathiasen, 2002, Mathiasen, 2004, Mathiasen et al, 2012, 2013, 2014). Koblingen af brug af teknologi og det, at elever har forskellige forudsætninger for deltagelse i undervisningen, har i flere åreder været et didaktisk fokus for forskningen. Der er litteratur, der tematiserer generelle didaktiske aspekter ved anvendelse af it, når formålet er at understøtte den enkelte elevs faglige udvikling som fx muligheden for at vejlede den enkelte elev eller elevgruppe via net-kommunikation og specifikke synkronede mødeværktøjer. Forskningsresultaterne viser, at denne form for lærer-elev-kommunikation understøtter lærerens personliseringsbestrebelse og elevernes behov for at blive "set" og "hørt" som person og i forhold til fagligt niveau (Mathiasen et al, 2011). Tilsvarende forskningsresultater findes i forbindelse med brug af fx podcast, screencast og videoproduktioner som andre formater til "afleveringer" end tidligere gængse tekstformater. Forskellige blandinger af tilstedeværelses- og net-baseret undervisning er undersøgt, og konklusionerne her er ikke entydige. Feltet er kendetegnet af en kompleksitet, der blandt andet drejer sig om dynamiske relationer mellem foranderlige elementer, som elevforudsætninger (fagligt, socialt, studiekompetencemæssigt), fag, specifikke faglige aktiviteter og niveau, lærerkompetencer og teknologi-brug.

### Interesseskabende parametre et kønsperspektiv?

Kønsrelaterede udfordringer tematiseres i flere publikationer. Dette gælder både national og international forskning, når det handler om STEM-fagene (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Litteraturen viser, at mange artikler handler om de kønsrelaterede forskelle, når temaet er interesse for STEM-fagene (fx Eccles, 2007; Bøe et al, 2011; Lindahl, 2003; Sinding, 2007; Busch et al, 2005; Aukrust, 2008). Interesse for STEM-fag er mangefacetteret, både hvad angår de enkelte fag og opfattelsen af sværhedsgrad, identitetstilskrivning og graden af fremtidig personlig nyttighedsværdi.

På gymnasieniveauet viser en undersøgelse, at de dygtigste piger ikke i samme grad som de dygtigste drenge vælger matematik. Pointen er ifølge Eccles (2007), at kønsforskellen forsvinder, når det handler om elevernes forståelse og tilgang til faget. Det afgørende er ikke, hvor dygtige de er eller hvor godt, de kan lide faget, men hvor nyttigt, de vurderer faget er for deres fremtid. Piger, der anser matematik for nyttigere end sprog, vælger også at fordybe sig i matematik på samme niveau som drenge, der har tilsvarende opfattelse af faget. Ud fra en nytteværdi-betragtning kan der ikke registreres en kønsforskel i forhold til fagligt niveau. Fysikfaget viser samme resultater som matematik i undersøgelsen. Dog viser den også, at der er langt færre piger, der vurderer fysik som nyttig i forhold til egne fremtidsplaner. Yderligere viser Eccles' (2007) forskning, at der er en sammenhæng mellem collestuderende piger, der har en positiv opfattelse af egen intelligens og valg af naturvi-



denskabelige fag. Samtidig viser undersøgelsen, at hvis piger og drenge ønsker at arbejde med mennesker, er det biologi og medicin og ikke matematik og fysik, de vælger. Det er langt flere piger end drenge, der ser biologi og medicin som vejen frem for dem. En vigtig pointe for denne forskning er, at det vigtige spørgsmål ikke er, hvorfor piger ikke vælger at læse fx matematik, men det komplekse spørgsmål: Hvad påvirker os til at vælge, som vi gør. Det er således ikke hvorfor, der er interessant, som fx J. Eccles nævner: ”Vi opdaget fort at dette var feil spørsmål, og at man heller må lete etter svar på det mye større spørsmålet om hva som påvirker oss til å velge som vi gjør.” (<http://kjonnsforskning.no/nb/2011/09/hvorfor-velger-ikke-jenter-fysikk>). Når det handler om personalisering, er udfordringen at stille skarpt på, hvornår der er tale om kønsmæssige forskelle og hvornår, der er andre forskelle i spil.

### Tid og uddannelsessystem

I et tidsperspektiv viser fx en longitudinel undersøgelse, at interessen for STEM-fag daler med årene, som eleverne er i uddannelsessystemet (Lindahl, 2003). Undersøgelsen fremhæver bl.a. at hvis science-fag skal have en chance, skal eleverne have positive erfaringer med science fra starten i grundskolen, og når de først har mistet interessen, er det svært at få dem tilbage (Lindahl, 2003, s.5). Andre undersøgelser påpeger vigtigheden af ”hands-on science” (fx Jacobsen, 2009). Begrebet, science capital, er inspireret af Bourdieus begreber om kapital (social, økonomisk og kulturel kapital) og hans ide om, at jo mere en person har af en i konteksten vigtig kapital, jo bedre kan personen håndtere omverdenen (Bourdieu, 1986). Begrebet kan således bruges som et perspektiv på interesse for STEM-fag, som handler om elevernes sociale eller familiære baggrund. Begrebet kobler sig til forbindelser mellem tilgang til STEM, og hvilke erfaringer eleverne får i hjemmet. Hjemmet er således en kilde til en interessevækning (Archer et al, 2015). Undersøgelser viser yderligere, at der er en sammenhæng mellem unges interesse for STEM i fritiden og deres egen udvikling af science capital, og at dette har positiv indflydelse på valg af uddannelse (Rennie, 2014). Et studie, hvor kulturelle forskelle indenfor science uddannelser i Europa blev undersøgt, viste, at der er nationale, kulturelle og historiske forskelle mellem landene. Fx viste studiet, at Danmark adskilte sig som værende domineret af mandlige studerende på fysikstudiet, og at i fx Italien forholdt det sig omvendt (Hasse et al, 2012).

I forhold til de to stillede spørgsmål skal det nævnes, at i de senere år har der været en særlig øget interesse for sciencetalentudviklingsinitiativer på skoleniveau, lokalt, regionalt og på sigt nationalt. Dansk forskning fortæller om det problematiske i forskellige talentprogrammer i det danske uddannelsessystem, hvor de særlige talentfulde elever tages ud af den undervisningsmæssige kontekst, de har været en del af, og hvor de har vist deres særlige talent, når de deltager i talentudvikling (fx Sølberg et al 2013). Udpegningen eller genkendelsen af talent synes at være uklart defineret (Johannsen & Bruun, 2015). Petersen og Johannsen (2014) konkluderer på et mindre studie om sciencetalenter, at ”talentarbejdet i Danmark vil have gavn af at være mere formålsorienteret og bedre tilpasset den en-

kelte elevs faktiske behov” (Petersen & Johannsen, 2014). Der savnes systematisk forskning, der har fokus på sciencetalentudviklingen i lyset af de to stillede spørgsmål. Det gælder både præmissen for begrebet talent og et fokus på under, hvilke rammer talent kan udvikle sig.

### Undersøgelserbaseret undervisning i naturfag og matematik

Som påpeget i starten er en af de mere vedvarende idéer til, hvordan fremtidens naturfags- og matematikundervisning skal realiseres er, at den skal være undersøgelsesbaseret. Der er i litteraturen flere måder at organisere dette på. Inden for naturfagene er en af de udbredte modeller, den såkaldte 5E-model, der er en cyklisk model, der skal sikre eleverne muligheder for at danne teori på baggrund af egen undersøgende virksomhed i faget (Bass et al., 2009). De 5 E'er står for: engage, explore, explain, elaborate, evaluate. Idéen i denne version af undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning er, at eleverne skal engageres ved, at læreren stiller dem et problem. Det kan være demonstrationen af et forsøg, der opfører sig kontraintuitivt eller at gøre eleverne opmærksomme på hverdagsforhold, som man kan undre sig over fx: hvorfor kan nogle former for marmelade og saft holde sig på køkkenbordet, mens andre skal i køleskabet? At finde svar på sådanne spørgsmål vil kræve, at elever trækker på allerede lært viden samt udforsker fænomenet gennem nye forsøg. Spørgsmålet om fødevarer holdbarheden kræver, at eleverne undersøger forskelle og ligheder mellem produkterne. Dette vil lede dem på sporet af sukkerkoncentrationens betydning for holdbarheden i relation til bakterievækst. Det sidste vil være en forklaring, som kan uddybes igennem en ny undren om, hvilke sukkerkoncentrationer, der kan siges at konservere? Dette kan udforskes yderligere i forsøg med gærcellers vækst i forskellige sukkerkoncentrationer, hvilket betyder, at en ny runde i 5E-modellens cyklus er sat i gang. Evalueringsdelen af modellen relaterer til formativ feedback og dennes betydning for elevens læringsudbytte. Modellen har sammen med andre tilgange til undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning været brugt i bl.a. Fibonacci Projektet – et EU-projekt der havde til formål at skabe interesse og styrke kompetencer og færdigheder hos elever i grundskole og gymnasium indenfor matematik og naturvidenskabelige fag gennem undersøgelsesbaseret undervisning (Harlen et al., 2012).

I matematik har begrebet ”inquiry” ikke den samme forankring som en måde at tænke undervisning på. Omvendt har matematiske problemer altid været kernen i det at udvikle ny viden. Artigue og Blomhøj (2013) har forsøgt at konceptualisere, hvad undersøgelsesbaseret matematikundervisning, inquiry, er og kan være. Her peger de på en stribe forskningsprogrammer (bl.a. teorien om didaktiske situationer, se Winsløw, 2006, s. 133), den antropologiske teori for didaktik (fx Jessen, 2017) og tilgange til undervisning som fx problemløsning. Artigue og Blomhøj (2013) argumenterer for, at forskellige didaktiske teorier og tilgange understøtter eller fremhæver forskellige elementer af undersøgelsesbaseret matematikundervisning. Jessen (2017) peger på, hvordan særligt udviklede åbne spørgsmål, som eleverne kan forstå, men ikke besvare uden at lære ny



matematik (gennem læsning af faglige tekster og kombination af ny og eksisterende viden), gør, at elever selvstændigt spørger ind til yderligere faglige detaljer. Gennem tilsvarende udvikling af egne svar til disse spørgsmål konstruerer eleverne mere sammenhængende vidensblokke, som de kan bruge til løsning af mange forskelligartede problemer. På samme måde som modeller for naturfagsundervisning kan de åbne spørgsmål engagere elever til at være fagligt aktiv på en måde, der understøtter elevernes konstruktion af sammenhængende viden, der kan sættes i spil i nye og kreative sammenhænge dvs. understøtte elevernes udvikling af matematiske og naturvidenskabelige kompetencer.

Der eksisterer og udvikles altså fortsat en væsentlig mængde viden og litteratur, der udforsker hypoteserne om undersøgelsesbaseret undervisning og dets potentialer. Samtidig viser studier og projekter også vanskeligheder ved indførelsen af denne form for undervisning. De EU projekter, der har arbejdet med efteruddannelse af lærere indenfor undersøgelsesbaseret undervisning peger på, at der mangler strukturer i skolesystemerne, som kan støtte lærerne i vedvarende praksisændringer (Garcia, 2013). Der peges bl.a. på, at der kan være inspiration at hente til sådanne strukturer med fælles forberedelse af lektioner, observation og fælles refleksion som det bl.a. kendes fra japanske lektionsstudier. Senest har to danske PhD-afhandlinger undersøgt potentialer i lektionsstudier som ramme for kommende læreres arbejde med professionel udvikling (Østergaard, 2016, Rasmussen, 2016). Begge projekter har brugt lektionsstudier som model for lærerstuderendes opbygning af en relation mellem teori og praksis under deres uddannelse. Østergaard finder, at formatet er særdeles velegnet til udviklingen af studerendes såvel som læreres faglighed særligt i forhold til at koble matematiske og fagdidaktiske teorier. Rasmussen (ibid) slår på, at formatet understøtter lærerstuderende, vejledere og forskeres teoretisering og udvikling af lærergerningen for undervisningen i grundskolens afsluttende klassesettrin.

### Konklusion og perspektivering

Dele af ovenstående idéer er allerede på vej ud i de gymnasiale uddannelser via nyuddannede lærere, der som en del af deres uddannelse har taget didaktiske kurser, hvor der er fokus på, hvordan man designer og udvikler undersøgelsesbaseret undervisning. Enkelte efteruddannelsesaktiviteter og en master uddannelse understøtter udviklingen af lærernes viden og praksis på området. Antallet er dog stadigvæk beskedent. Skal undervisningen for alvor vendes i retning af de potentialer, som forskningslitteraturen peger på, skal der sættes massivt ind med opkvalificering af lærerkorpset, og det skal tænkes ind i lærernes uddannelse på nye måder. Skal opkvalificeringen og lærerpraksis reelt udvikles og ændres kræver det mere end enkeltstående kursusdage eller skolebaserede eftermiddagskurser. Et igangværende PhD-projekt undersøger og arbejder med lærernes professionelle udvikling på grundskoleniveau med inspiration hentet fra japanske lektionsstudier (Bahn, 2015). Et projekt som dette vil muligvis kunne tilvejebringe viden om, hvilke strukturer der er nødvendige for at ændre undervisningspraksis også på gymnasieniveau, så den i højere grad

kan honorere idéer om personalisering, undervisningsdifferentiering og undersøgelsesbaseret undervisning med det formål at understøtte elevernes kreative og robuste kompetencer og viden indenfor naturvidenskabelige fag og matematik.

Der er stadig behov for forskning- og udviklingsarbejder, der har fokus på overgange mellem grundskole og de gymnasiale uddannelser, både når det gælder de indholdsmæssige, strukturelle og organisatoriske dimensioner, herunder hvor stor en rolle revisioner af styredokumenter kan spille i den sammenhæng. Yderligere er der behov for at undersøge, hvordan de gymnasiale uddannelser kan indgå i frugtbart samarbejde med erhvervslivet med sigte på elevernes oplevelse af meningsfuld og brugbar viden og kunnen. Endelig er den stadige udvikling af digitale medier og netbaserede kommunikationsfora set fra et individuelt og et socialt perspektiv vigtig at følge og forstå. Det handler blandt andet om hvilke potentialer, faldgruber, begrænsninger og barrierer, der kan ligge i brugen af denne form for teknologi, når fokus er på ønsket om fortsat udvikling af fagligt indhold, uddannelsesstruktur og uddannelsesorganisering, - såvel inden for campus som i forbindelse med undervisningsaktiviteter uden for campus.

## REFERENCER

- Acher, L., Dawson, E., Dewitt, J. Seakin, A. Wong, B. (2015): Science capital: A conceptual, methodological, and empirical argument for extending bourdieusian notions of capital beyond the arts. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(7)
- Artigue, M. & Blomhøj, M. (2013). Conceptualizing Inquiry-Based Education in Mathematics. *ZDM*, 45, pp. 797-810.
- Aukrust, V. G. (2008). Boys' and girls' conversational participation across four grade levels in Norwegian classrooms: Taking the floor or being given the floor? i *Gender and Education*, 20(3)
- Bahn, J. F. (2015). *Undersøgelser baseret matematikundervisning og lektionsstudier*. PhD-projekt, Københavns Universitet. <http://www.ind.ku.dk/projekter/undersogelsesbaseret-matematikundervisning-og-lektionsstudier/>
- Bass, J. E., Contant, T. L & Carin, A. A. (2009) Teaching Science for Understanding: The 5E-model of instruction. *Teaching Science as Inquiry*. Allyn & Bacon/Pearson.
- Biggs, J. B. (1995). Assumptions underlying new approaches to assessment. *Curriculum Forum*, 4(2), Bourdieu, P. (1986) The Forms of Capital. *Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education*, London, Greenwood Press
- Busch, H.; Horst, S. & Troelsen, R. (2003). *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser*. København, Undervisningsministeriet.
- Busch, H. & Sørensen, H. (2005). Piger, drenge og naturfag i uddannelse
- Bøe, G.M.V., Henriksen, E.K., Lyon, T., Schreiner, C. (2011). Participation in science and technology: Young people's achievement-related choices in late modern societies i *Studies in Science Education*. Vol 47 (1)
- Eccles, J. (2007). Where are all the women? Gender differences in participation in physical science and engineering i Ceci, S.J. & Williams, W.M. (Ed) Why Aren't More Women in Science. Top Researchers Debate the Evidens. London: American Psychological Association.
- Damberg, E.; Dolin, J.; Holten, G. & Kaspersen, P. (red.) (2013). *Gymnasiepedagogik – En grundbog*, 2. Udg. København: Hans Reitzels Forlag.
- Epstein, S. & Epstein, B. (1961). *The First Book of Teaching Machines*. Danbury, CT: Franklin Watts, Inc.
- European Communities (2008). *The European Qualifications Framework for Lifelong Learning (EQF)* Belgium: Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 978-92-79-08474-4. [http://www.ecompetences.eu/site/objects/download/4550\\_EQFbroch2008en.pdf](http://www.ecompetences.eu/site/objects/download/4550_EQFbroch2008en.pdf)
- Hasse, C., Sinding, A. (2012). *The Cultural Context of Science Education*. I D. Jorde, J. Dillon (Eds.) *Science Education Research and Practice in Europe*. Rotterdam: Sense Publishers.
- García, F. J. (2013). *PRIMAS guide for professional development providers*.
- Hidi, S. & Renninger, K.A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41:2
- Jacobsen, B. (2009). Från begrepp till utforskande arbetssätt forskning om NO undervisning i grundskolans tidigare år, Utbildningsförvaltningen, Stockholms stad
- Jacobsen, L. B., Johannsen, B. F., Rump, C. Ø., & Jensen, J. H. (2009). Didactical contract: An analytical concept to facilitate successful implementation of open-ended physics labs. *Abstract from ESERA 2009 Conference*, Istanbul, Turkey.
- Jacobsen, L. B. (2010). *Linking physics labwork activities to their potential learning outcomes: does a declaration make a difference*. Roskilde: Roskilde Universitet.
- Jessen, B. E.; Holm, C. & Winsløw, C. (2015). *Matematikudredningen – Udredning af den gymnasiale matematiks rolle og udviklingsbehov*. IND's Skriftserie nr. 42. [http://www.ind.ku.dk/publikationer/inds\\_skriftserie/2015-42/](http://www.ind.ku.dk/publikationer/inds_skriftserie/2015-42/)
- Jessen, B. E. (2017). *Study and Research Paths at Upper Secondary Mathematics Education: a Praxeological and Explorative study*. PhD thesis, Department of Science Education, Faculty of Science, University of Copenhagen. IND's Skriftserie, Vol. 50.
- Johannsen, B. F., & Bruun, J. (2015). Talent, totem, tabu og anden naturtro. *Dansk Pædagogisk Tidsskrift*, 2015(3), 53-62.
- Kruse, S. (2013). Hvor effektive er undersøgelsesbaserede strategier i i naturfagsundervisningen? MONA
- Lindhahl, B. (2003): *Lust att lära naturvetenskap och teknik? En longitudinell studie om vägen till gymnasiet*. Ph.d.-afhandling. Göteborg Universitet.
- Mathiasen, H. (2002). *Personlige bærbare computere i undervisningen*. Copenhagen: DPU.
- Mathiasen, H. (2004). *Kommunikationsfora og projektorganiseret undervisning*. I *Det virtuelle gymnasium: 2. del af følgeforskningsrapport om et udviklingsprojekt*. Kbh.: Undervisningsministeriets forlag.
- Mathiasen, H. (2010). *It stiller store krav til lærerne. Sorø mødet 2010 Uddannelse og udfordringer til alle: Hvor er din overfliger*. Kbh., UVM, 2010.
- Mathiasen, H., Bech, C; Dalsgaard, C; Degn, H-P; Gregersen, C. (2011). *Hovedrapport 2011 UNDERVISNINGSORGANISERING, FORMER OG - MEDIER på langs og tværs af fag og gymnasiale uddannelse, 2. runde, 2012-2013*.
- Hovedrapport 2012 UNDERVISNINGSORGANISERING, FORMER OG - MEDIER på langs og tværs af fag og gymnasiale uddannelse, 2. runde, 2012-2013*. KBH, UVM



- Mathiasen, H.; Winther, C. B; Dalsgaard, C.; Degn, H-P; Gregersen, C; Thomsen, M. (2013). *Hovedrapport (2013) UNDERVISNINGSORGANISERING., FORMER OG - MEDIER på langs og tværs af fag og gymnasiale uddannelse, 3. runde, 2012-2013*. KBH, UVM
- Mathiasen, H.; Aaen, J.; Dalsgaard, C.; Degn, H-P; Thomsen, M. (2014). *Hovedrapport 2014: UNDERVISNINGSORGANISERING., FORMER OG - MEDIER på langs og tværs af fag og gymnasiale uddannelse, 4. runde, 2012-2014*. KBH, UVM
- Minner, D. D., Levy, A.J. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter? Results from from a research synthesis year 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*. 47:4
- Nielsen, J.A. (red) (2016). *Litteraturstudium til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi*. Kbh: Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet
- Niss, M. & Jensen, T. H. (Ed.) (2002). Kompetencer og matematiklæring – Ideer og inspiration til udvikling af matematikundervisningen i Danmark. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 18, Undervisningsministeriet. OECD (2006). Personalising Education. OECD
- Petersen, J. W., & Johannsen, B. F. (2014). Formålsdrevet talentarbejde: Når talentet udvikles med et formål. *MONA: Matematik- og Naturfagsdidaktik*, 2014(1), 60-72.
- Rasmussen, K. (2016). Praxeologies and Institutional Interactions in the Advanced Science Teacher Education. Ph.d.-afhandling, København: Københavns Universitet. [http://www.ind.ku.dk/publikationer/inds\\_skriftserie/44/44\\_Klaus\\_Rasmussen.pdf](http://www.ind.ku.dk/publikationer/inds_skriftserie/44/44_Klaus_Rasmussen.pdf)
- Rask, M. & Bonnerup, N. D. (2017). Interest and Emotions in Science Education in Bellocchi et al (eds). *Exploringemotions, Aesthetics and Well-being in Science Education, Research*. Cultural Studies of Science Education 13. Springer international
- Rennie, L.J.(2014). Learning Science Outside of School. Lederman, N. & Abell, S.K. (ed).*Handbook of research on science education*. NY: Routledge
- Rocard, M.; Csermely, P.; Jorde, D.; Lenzen, D.; Walberg-Henriksson, H & Hemmo, V. (2007). L'enseignement scientifique aujourd'hui: une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe. Commission Européene, Direction générale de la recherche, Science, économie et société.
- Schoenfeld, A. (1992). When good teaching leads to bad results: the disasters of "well-taught" mathematics courses. *Educational Psychologist*, 23, 2, pp. 145-166.
- Sinding, A. B. (2007). Når kulturen ekskluderer - piger i fysikfaget i *MONA*, 2007(1), 18-31
- Suurtamm, C., Thompson, D. R., Kim, R. Y., Moreno, L. D., Sayac, N., Schukajlow, S., Silver, E., Ufer, S. & Vos, P. (2016). Assessment in Mathematics Education. In G. Kaiser (Ed.) *ICME-13 Topical Surveys* (pp. 1-38). Springer International Publishing.
- Skaalvik, E.M. & Skaalvik, S. (2015). *Motivation for læring*. Forlaget Dafolo
- Sølberg, J., Johannsen, B.F., Lykke, F., Trolle, O., von der Fehr, A., og Jensen, N.J. (2013). *Masterclass i Fysik, Samlet rapport*. København: Institut for Naturfagernes Didaktik. [http://www.ind.ku.dk/ansatte-automatisk-liste/?pure=da%2Fpublications%2Fmasterclass-i-fysik-samlet-rapport\(c17a05aa-8b57-4133-a826-4b3b4b9ff921\).html](http://www.ind.ku.dk/ansatte-automatisk-liste/?pure=da%2Fpublications%2Fmasterclass-i-fysik-samlet-rapport(c17a05aa-8b57-4133-a826-4b3b4b9ff921).html)
- Vygotsky, L. S. (1978), *Mind in Society*, Harvard
- Webb, N. L. (1992). Assessment of Students' knowledge of mathematics: Steps towards a theory. In D. A. Grouws (Ed.) *Handbook of research on mathematics*, pp. 666-683. MacMillan Publishing Inc.
- Winsløw, C. (2006). *Didaktiske Elementer – en indføring i matematikkens og naturfagernes didaktik*. Biofolia.
- Østergaard, K. (2016). Teori praksis-problematikken i matematiklæreruddannelsen. Ph.d. afhandling, Roskilde: Roskilde Universitet. [https://rucforsk.ruc.dk/ws/files/57258425/Teori\\_praksis\\_problematikken\\_i\\_matematikl\\_reruddannelse\\_Kaj\\_stergaard\\_Ph\\_d\\_afhandling\\_RUC.pdf](https://rucforsk.ruc.dk/ws/files/57258425/Teori_praksis_problematikken_i_matematikl_reruddannelse_Kaj_stergaard_Ph_d_afhandling_RUC.pdf)
- Links <http://kjonnsforskning.no/nb/2011/09/hvorfor-velger-ikke-jenter-fysikk>