

Steffen Elmoose er cand. pæd. i biologi fra Danmarks Pædagogiske Universitet og Ph.D. i naturfagsdidaktik fra Aalborg Universitet (2006). Han underviser i biologi og natur/teknik på Læreruddannelsen i Aalborg og Hjørring, UC Nordjylland, hvor han også underviser på naturfagslærernes efter- og videreuddannelse. Hans forskningsmæssige hovedfokus er evaluering af elevers læring og interesse i naturfag, og specielt teoretisk udvikling og praktisk operationalisering af det naturfaglige kompetencebegreb.

Martin Krabbe Sillasen er cand. scient i fysik og matematik fra Aalborg Universitet og Ph.D.-studerende i naturfagsdidaktik samme sted. Han underviser i fysik/kemi og natur/teknik ved VIA University College både i lærernes grunduddannelse samt efter- og videreuddannelse samt er tilknyttet VIA's Program for Naturfagsdidaktik. Hans forskningsmæssige interesse er forandringsprocesser i naturfagslæreres praksis, udvikling af naturfagslæreres praksisfællesskaber, naturfagslæreres sociale netværk og PBL i naturfag.

STEFFEN ELMOOSE

University College Nordjylland, Læreruddannelsen i Aalborg og Hjørring
ste@ucn.dk

MARTIN KRABBE SILLASEN

VIA University College, Læreruddannelsen i Silkeborg
msil@viauc.dk

Naturfaglig kompetence og IBSE Model for evaluering af elevers kompetenceudvikling i undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning

Abstract

The object of this article is to generate the theoretical and methodological foundation in order for researchers and educators to be able to evaluate teaching, which is inspired by Inquiry Based Science Education. The foundation consists of the integration of the characteristics of IBSE-inspired teaching with learning outcomes in terms of science competence. The characteristics of IBSE teaching in Danish public schools are described and these criteria for good inquiry teaching contribute to one dimension in a method of evaluating the teaching-learning relationship. The concept of science competence contributes to another dimension in the model for evaluation. Thirdly the concept of quality of a science competence is introduced and integrated in the model, which can be visualized as a three dimensional evaluation model. Finally this model and its theoretical foundation is discussed for its value as a research model for qualitative evaluation of teaching and learning, and as a tool for formative evaluation in practical teaching as to its ability to analyze relations between inquiry based teaching and competence learning. Results from subsequent research processes are expected to highlight the links between a teaching method and learning outcomes and give answers to critical questions about the goals of IBSE-inspired teaching, and also give answers about the relevance of a matrix described competence model for science teaching practice.

BAGGRUND

Udbredelsen af IBSE – Inquiry Based Science Education - er et internationalt initiativ, der forsøger at udvikle naturfagsundervisningen. IBSE har vist sig at kunne bidrage til at øge elevers evne til at forstå naturfaglige sammenhænge og fastholde elevers interesse for naturfag (Jarvis, Pell & Hingley, 2009; National Science Resources Center, 2009; Ornstein, 2006; Pollen, 2009).

Østergaard, Sillasen, Bavnhøj og Hagelskjær (2010) har beskrevet, hvordan IBSE med metodens fokus på elevens medbestemmelse og problemløsning stemmer overens med en dansk dannelsestænkning, og har givet metoden et dansk navn - *undersøgelserbaseret naturfagsundervisning*. Der er afprøvet og evalueret en række undervisningsforløb i læreruddannelsen og lærerstuderendes praktik i folkeskolen, der sandsynliggør, at elever øger deres viden og interesse for naturfaglige emner gennem en IBSE-inspireret undervisning (Hagelskjær & Linderoth, 2010; Østergaard, Sillasen, Hagelskjær & Bavnhøj, 2010). Når der i det følgende refereres til læreruddannelse, menes der i denne sammenhæng uddannelse til at undervise i 1. til 10. klassetrin i Danmark.

I læreruddannelsen i Danmark vil der i de kommende år blive gennemført et forsknings- og udviklingsarbejde, der har to formål. For det første, at undersøge hvilke naturfaglige kompetencer der udvikles i undersøgelsesbaseret undervisning. For det andet, at designe et evalueringsværktøj, der kan identificere karakteristika ved den undersøgelsesbaserede undervisningsform og sammenholde disse med resultater af læringsprocesser i form af naturfaglige kompetencer.

Det naturfaglige kompetencebegreb har været genstand for en teoretisk udvikling igennem de sidste 10 år i Danmark. Dolin, Krogh og Troelsen (2003) har undersøgt, hvordan kompetencebegrebet bliver anvendt som målkategori såvel nationalt som internationalt med forskellige begrundelser. Forfatterne skelner mellem forskellige anvendelser af kompetencebegrebet, hvor det på den ene side anses som en overordnet måde at beskrive naturfagsundervisningens indhold, og på den anden side kan anvendes til at beskrive elevernes dannelsesmål i samspil med andre evner. De argumenterer for, at det naturfaglige kompetencebegreb skal integreres i et alment dannelsesmål, så det medvirker til udvikling af elevernes almindelige dannelse. Det er denne opfattelse af naturfaglig kompetence, som ligger til grund for denne artikel.

I Undervisningsministeriets publikation "Fremtidens Uddannelser" fra 2004 argumenteres der for nødvendigheden af at fagene på sigt beskrives og målsættes ved hjælp af kompetencemål, og at kompetencemålene skal erstatte en emne- og pensumbeskrivelse. For naturfagenes vedkommende videreføres kompetencebegrebet fra 2003-publikationen, således at de centrale mål for naturfagsundervisningen udtrykkes som kompetencer, herunder en række delkompetencer – *empiriskompetence*, *repræsentationskompetence*, *modelleringskompetence* og *perspektiveringskompetence* (Undervisningsministeriet, 2004).

Der er gennemført en række undervisnings- og forskningsprojekter, hvor naturfagslærere har anvendt definitionerne af kompetencebegreberne som redskaber i planlægning, gennemførelse og evaluering af undervisningsaktiviteter, og derved fastholdt målfortolkning og metodevalg hos naturfagsunderviseren. Understregningen af hvem, der har retten til og ansvaret for målfortolkningen er interessant set i lyset af, at kompetencebegrebet i disse år både bruges som målkategori i forbindelse med internationale komparative evalueringsbestrebelse og lokalt definerede evalueringsforløb. (Elmoose, 2010; 2007; Elmoose, Østergaard, Andersen & Buskov, 2008; Højgaard, Bundsgaard, Sølberg & Elmoose, 2010; Sillasen, Daugbjerg, Schmidt & Valero, 2011; Sjøberg, 2007).

Forskningsdelen i det nye projekt vil være kendetegnet ved en kombination af de to omtalte forskningsindsatser som forsøger at besvare følgende 2 forskningsspørgsmål:

- Kan undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning udvikle deltagerens naturfaglige kompetencer?
- Hvordan kommer de naturfaglige kompetencer til udtryk i et undersøgelsesbaseret undervisningsforløb?

For at kunne besvare disse forskningsspørgsmål er der behov for at designe et evalueringsværktøj, der kan beskrive karakteristika ved den undersøgelsesbaserede undervisningsmetode, og som også giver grundlag for at kunne beskrive og vurdere læreprocesser ved hjælp af det naturfaglige kompetencebegreb. I dette paper præsenterer vi en model for sådan et evalueringsværktøj.

METODE

Først indkredses væsentlige karakteristika for undersøgelsesbaseret undervisning, som tidligere er afprøvet i læreruddannelser og folkeskoler (se fx Hagelskjær & Linderoth, 2010; Pollen, 2006). Disse karakteristika skal kunne identificeres i de undervisningsforløb, der gennemføres på læreruddannelser og i folkeskoler i det nye udviklingsarbejde.

Dernæst beskrives en model til evaluering af naturfaglige kompetencer i undersøgelsesbaseret undervisning med inspiration fra metodeudviklinger fra tidligere kompetenceevalueringer (Elmose, 2010; 2007; Schecker & Einhaus, 2007). I disse forskningsarbejder er kompetencers dybde dimensioner inddraget i evalueringen (Bowden & Marton, 2004).

Endelig diskuteres, hvorvidt det er muligt at koble en model af undersøgelsesbaseret undervisning sammen med en model af de naturfaglige kompetencer i en samlet matrix således, at der kan skabes en evalueringsrelation mellem en undervisningshandling og en læringshandling. Diskussionen af evalueringsrelationen mellem undervisning og læring er inspireret af studier, der opfatter både undervisning og læring som handlinger, der er baseret på meningsøgning (Bang, 2001; Christensen, 2004).

UNDERSØGELSESBASERET NATURFAGSUNDERVISNING

Fokuseringen på undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning bygger på en antagelse om, at undersøgelsesbaserede undervisningsformer kan øge elevernes forståelse for naturfagenes indhold og metoder og at fagene i højere grad kan opleves som meningsfulde og relevante for eleverne (Jarvis *et al.*, 2009; Lindahl, 2009; National Sciences Resource Center, 2009; Pollen, 2006). En karakteristisk af undersøgelsesbaseret undervisning findes i "Inquiry and the National Science Education Standards" (NRC, 2000).

...fra lærerens perspektiv må IBSE inkludere følgende kerneelementer af handling:

1. engagere sig i videnskabeligt orienterede spørgsmål
2. prioritere undersøgelser, der giver mulighed for at udvikle og evaluere forklaringer, der adresserer videnskabelige spørgsmål
3. formulere forklaringer på grundlag af undersøgelser, der adresserer videnskabelige spørgsmål
4. evaluere forklaringer i lyset af alternative forklaringer
5. kommunikere og begrunde elevernes foreslåede forklaringer (NRC, 2000: 25).

Her beskrives undersøgelsesbaseret undervisning som handlinger, idet naturfaglige undersøgelser kan omfatte både elevernes planlægning og gennemførelse af observationer, registreringer og eksperimenter, at opsøge informationer i forskellige medier og at sammenligne resultater. Fælles for naturfaglige undersøgelser er, at elever undersøger ud fra egne formulerede antagelser og anvender kritisk og logisk tænkning i forhold til egne og andres undersøgelser og resultater (Harlen, 2011).

En gennemgang af flere undervisningseksempler fra Pollen-projektet har vist, at de er karakteristiske ved dels elevinitierede undersøgelser og dels en relativ klar struktur i undervisningsforløbene, hvor det er muligt at identificere faserne: problemafdækning, hypotesedannelse, undersøgelse af hypotese, validering og kontekstualisering (Østergaard *et al.*, 2010). For at udvikle et evalueringværktøj til at undersøge om kompetencemål kan bruges til at vurdere elevernes udbytte af undersøgelsesbaseret undervisning, er det vigtigt at kunne identificere disse faser, fordi vi antager, at det dermed vil være nemmere for læreren at vurdere i hvilke faser af et undervisningsforløb de forskellige naturfaglige kompetencer aktiveres.

I nedenstående oversigt videreudvikles de identificerede faser i Østergaard *et al.* (2010), således at der præsenteres en sammenhæng mellem fasernes indhold, lærerens handlinger samt eksempler på

identificerbare elevaktiviteter. Elevaktiviteterne kan indikere hvilke kompetencer, der aktiveres i forskellige faser af undervisningsforløbet, vel vidende at der ikke nødvendigvis er en entydig sammenhæng mellem hvad eleverne gør og hvad eleverne lærer (Millar, 2009). Indikationerne kan danne grundlag for en systematisk evaluering af elevernes læring med baggrund i anvendelse af det naturfaglige kompetencebegreb (se næste afsnit).

1. Problemafdækning

Her igangsættes forløbet f.eks. gennem lærerens rammesætning, et startsted (Andersen *et al.*, 2002) eller elevernes spørgsmål til et bestemt indhold. Fasen omfatter tillige lærerens bestræbelser på at mobilisere elevernes forkundskaber og meninger om problemet eller temaet. Andre kalder denne fase for ”engagering” (Hagelskjær & Linderoth, 2010). Læreren indleder, fortæller og demonstrerer indhold fra problemet eller temaet.

Elevaktivitet: Eleverne beskriver, hvad de ved om temaet og hvorfor det kunne være interessant at undersøge.

2. Hypotesedannelse

På elevernes niveau og ud fra deres forkundskaber og interesse formulerer de en række spørgsmål eller hypoteser til det rammesatte tema. I denne fase diskuterer og udarbejder elevgrupperne planer for hvordan de vil finde svar på spørgsmål eller hvordan de vil afprøve deres hypotese. Læreren vejleder med produktive spørgsmål (Elsgeest, 2001).

Elevaktivitet: Eleverne formulerer i grupper en række spørgsmål og præsenterer spørgsmålene for læreren, der vejleder eleverne til at udarbejde en hypotese, som kan afprøves af eleverne. En nedskrevet hypotese præsenteres for resten af klassen sammen med en fremgangsmåde til at afprøve denne.

3. Undersøgelse af hypotese

Eleverne gennemfører deres plan og indsamler information og data, behandler data og reviderer eventuelt opstillinger eller spørgsmål. Læreren vejleder og udfordrer ved hjælp af naturvidenskabelige og andre begreber og teorier.

Elevaktivitet: Eleverne bruger metoder som observation, dataindsamling, organisation og analyse af data og forholder sig kritisk til den oprindelige hypotese. Gruppen fremlægger foreløbige resultater og vurdering af hypotesen for læreren.

4. Konklusion, validering og kontekstualisering

Elevgrupperne samler deres resultater og konkluderer på undersøgelsen. Desuden søges be- eller afkræftelse på resultaterne gennem sammenligning med andres – eventuelt forskeres – fremgangsmåder og resultater. Eleverne beslutter sig for hvilke af og hvordan deres resultater skal formidles. Formålet med denne fase er bl.a. at relatere undersøgelseskulturen i naturfagslokalet til samfundets udvikling, anvendelse og formidling af naturvidenskabelig viden.

Elevaktivitet: Elever beskriver resultater og konklusion i en foreløbig præsentation for læreren. Læreren henviser elever til information om lignende projekter samt evt. forskningsresultater. Elever søger selv information, sammenligner og indhenter evidens for egne resultater. Planlægges i samarbejde med læreren en præsentation som gennemføres med henblik på en kritisk evaluering fra tilhørere.

I relation til NRC’s fem kernelementer af handling i undersøgelsesbaseret undervisning (se ovenfor), refererer fase 1 og 2 til elevernes muligheder for at engagere sig i og prioritere undersøgelser, som giver mulighed for at udvikle og evaluere forklaringer, der adresserer videnskabeligt orienterede

spørgsmål. Fase 3 refererer både til at prioritere undersøgelser og formulere forklaringer. Mens fase 4 relaterer til at evaluere forklaringer i lyset af alternative forklaringer, samt kommunikere og begrunde foreslåede forklaringer.

Naturfagslærere bliver på forskellig vis inspireret med begrundelser og opbygning af undersøgelsesbaseret undervisning, f.eks. gennem Pollen-projektet (Worth *et al.*, 2009). Forfatterne til Pollen-materialet præsenterer design, målformuleringer og evalueringsforslag, men målformuleringer og evalueringsforslag er rettet mod indholdet for det specifikke undervisningsforløb, og det fremgår ikke klart, hvilke overordnede naturfaglige kompetencemål, forfatterne forventer udviklet. Forskellige forskningsprojekter har efterlyst mere systematisk evaluering af *Inquiry*-inspireret undervisnings mulige effekt på kompetenceudvikling og har derfor begrundet og gennemført evalueringsundersøgelser af elementer af *Inquiry*-inspireret undervisning og/eller kompetenceudvikling (Kremer *et al.*, 2009; Lederman & Lederman, 2009; Zilker *et al.*, 2009). Projekterne er kendetegnet ved dels kvantitative undersøgelsesmetoder (spørgeskemaer og et stort antal elever) og dels en summativ evalueringsform med test efter undervisningsforløb. Det er væsentligt for de nævnte forskningsprojekter at finde frem til valide metoder med henblik på at evaluere, i naturfagsundervisningssammenhænge, så vigtige men også komplekse mål som *Inquiry Skills* og *understanding The Nature of Science*. Forskerne finder gennem et stort undersøgelsesmateriale frem til, at man gennem *multiple choice test* kan afgøre om elever har øget deres kompetencer indenfor de to områder, og forskerne argumenterer for papir- og blyant-testen med, at elevernes kompetenceudvikling kan registreres gennem deres teoretiske beskrivelse af en naturfaglig undersøgelse – altså adskilt fra den praktiske udførelse.

In order to characterize students' educational outcomes in terms of cognitive competence, the mentioned problem-solving skills are regarded as detached from practical lab-work, solely at a cognitive level. (Kremer *et al.* (2009), s. 246)

De nævnte forskningsprojekter er således optagede af at finde adækvate evalueringsprocedurer til at registrere elevernes viden om naturvidenskab og deres undersøgelsesfærdigheder i en kontekst, der ikke ligner en naturvidenskabelig undersøgelsessituation. Det er ikke denne artikels ærinde at diskutere de nævnte projekters formål, metoder og resultater, men nærværende projekt opererer indenfor et andet evalueringsparadigme, hvor validitet ikke afgøres af antallet af elever, en evalueringsmetode kan anvendes på. Ovennævnte projekter interesserer sig heller ikke for relationen mellem undervisningsproces og læringsudbytte, og det er denne relation, som nærværende projekt sætter sig som et mål at udvikle en model for. Nærmere studier af Kremer *et al.*, (2009), Lederman & Lederman (2009) og Zilker *et al.*, (2009) afslører endvidere, at forskerne ikke ekspliciterer deres kompetencebegreb, men anvender det som et synonym for andre evne-begreber. Den internationale forskningslitteratur omfatter imidlertid andre projekter, som ekspliciterer det anvendte kompetencebegreb, og underinddeler det i en række naturfaglige delkompetencer (Schecker & Einhaus, 2007; Schecker & Parchmann, 2007), men denne anvendelse af kompetencebegrebet har ikke fundet vej til de tre ovenfor nævnte projekter. Der synes således at mangle et teoretisk grundlag for at undersøge relationen mellem en undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning og elevernes faglige udbytte, udtrykt som naturfaglige kompetencer.

POLLEN-projektet, som er et samarbejde mellem forskere og naturfagsundervisere i Europa er kendetegnet ved samarbejdet om at udvikle og udbrede undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning, og POLLEN-projektet samarbejder internt og internationalt om at evaluere IBSE-undervisning. POLLEN-projektet henviser til internationale indsatser med henblik på at evaluere IBSE. Man skelner imidlertid imellem at evaluere projektet og at evaluere elevernes udbytte af IBSE-undervisning, og argumenterer for at det primære mål for evalueringsproceduren i de tidlige stadier af et udviklingsprojekt er at evaluere om IBSE-undervisningen lever op til de forventede mål. Når det er konstateret at eleverne følger en IBSE-inspireret undervisning, kan man gå til det næste skridt – at evaluere elevernes udbytte.

At the early stages the focus needs to be on classroom practices rather than on student achievement; the assessment of student outcomes becomes worthwhile at the later stages, when there is evidence that the students have the experiences that can lead to intended learning. (Alberts et al., 2011)

Forskerne bag ovenstående arbejdsrapport anser stadig (2011) IBSE for en relativt ny undervisningsform, som endnu ikke er fuldt udviklet og implementeret, og har derfor udarbejdet evalueringsprocedurer, der skal identificere, hvorvidt der undervises i henhold til IBSE-standarder. Man argumenterer med, at et fuldt implementeret IBSE-program, forstået som både læreruddannelse, undervisningsmaterialer, didaktik og metodik, til sin tid også vil omfatte evaluering af elevernes udbytte (*assessment*), og at indtil dette sker, kan man benytte sig af traditionelle metoder, som primært vil være af summativ karakter og i form af papir-og-blyant-test.

Ovenstående afsnit har beskrevet undersøgelsesbaseret undervisning og de foreløbige bestræbelser på at evaluere undervisning og elevers udbytte af undervisning. Vi har fundet og beskrevet eksempler på forslag til evaluering af undervisning og eksempler på evaluering af elevers læring. Derimod er der ikke fundet eksempler på systematisk evaluering af relationen mellem undersøgelsesbaseret undervisning og læring, hvor både undervisningsmål, undervisningsform og evalueringsmetode er ekspliciterede. Vi vil i det følgende argumentere for en model, der kan eksplicitere og integrere disse parametre, hvor vi ovenfor har beskrevet undervisningsformen og vender derfor nu opmærksomheden mod målparameteren. Vi vil undersøge det naturfaglige kompetencebegreb og dets potentiale som mål for undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning.

DET NATURFAGLIGE KOMPETENCEBEGREB

Som nævnt i baggrundsafsnittet har kompetencebegrebet været genstand for anvendelse med meget divergerende begrundelser. I naturfaglige sammenhænge har kompetence være brugt som måleredskab i forbindelse med internationale komparative undersøgelser som PISA, fordi elevernes kompetencer anses som midler til OECD-medlemslandenes fortsatte økonomiske vækst:

The concerns of PISA are not about 'Bildung' or liberal education, not about solidarity with the poor, not about sustainable development etc. - but about skills and competencies that can promote the economic goals of the OECD. (Sjøberg, 2007, s. 6).

I modsætning til at bruge kompetencebegrebet til at opnå økonomiske mål kan kompetencebegrebet i et andet undervisningsparadigme vise sig at være formålstjenligt som middel til at opnå dannelsesmål. Men det vil kræve at didaktikere og andre brugere af kompetencebegrebet er eksplicite omkring forståelsen af begrebet og begrundelsen for at anvende det samt under hvilke omstændigheder, kompetencen skal komme til udtryk. Naturfaglig kompetence kan i dette undervisningsparadigme defineres som:

Evne og vilje til handling, alene og sammen med andre, som udnytter naturfaglig viden, færdigheder, strategier og metaviden til at skabe mening og autonomi og udøve medbestemmelse i de livssammenhænge, hvor det er relevant. (Dolin, Krogh & Troelsen, 2003, s. 72)

Det er værd at bemærke, at begreber som vilje, handling, mening, autonomi og medbestemmelse, alle peger i retning af almindelig dannelses mål, og det fremgik også af Dolin et al. (2003), at kompetencemål skulle være underlagt dannelsesmål. Desuden foreslog Dolin et al., at det naturfaglige kompetencebegreb kunne inddeles i 4 delkompetencer, undersøgelseskompetence, repræsentationskompetence, modelleringskompetence og perspektiveringskompetence. Disse kategorier kan og bør til stadighed udsættes for undersøgelse og kritik, med henblik på at vurdere deres hensigtsmæssighed både som målkategorier for kernefagligheder i naturfagene og som differentierbare evalueringskategorier. For en yderligere beskrivelse og undersøgelse af det naturfaglige kompetencebegreb – se Elmoose (2012).

At OECD og senere EU op til årtusindskiftet har udnævnt kompetencebegrebet som overordnet uddannelsesmæssig målkategori, kan på sigt resultere i at OECD-landene indfører ministerielt definerede fortolkninger af bl.a. naturfaglig kompetence og detaljeret formulerede mål, hvilket der i Danmark allerede er tegn på (Højgaard, Bundsgaard, Sølberg & Elmose, 2010). Det er derfor vigtigt, at naturfagsdidaktiske forskningsmiljøer fortsat påpeger kompetencebegrebets kontekstmæssige labilitet og er eksplicite vedrørende begrundelse for anvendelsen af begrebet som målkategori. Det naturfaglige kompetencebegreb og dets delkompetencer må imidlertid flyttes fra de didaktiske forskningsmiljøer og ud i undervisningspraksis, for at undersøge om kompetencebegreberne er operationaliserbare som målkategorier i undervisningspraksis. Det vil sige, at finde ud af om det giver mening for læreren at beskrive, begrunde og evaluere egen undervisning og elevernes læring ved hjælp af delkompetencerne. Den centrale målformulering og kontekstafhængige tilrettelæggelse af evaluering finder i øvrigt inspiration i en international, og ikke mindst angloamerikansk interesse for "alternative evalueringsformer", forstået som reaktion på en dominerende evalueringsforståelse, præget af behavioristisk læringsopfattelse (Gipps & Stobart, 2003). Reaktionen handler bl.a. om at dreje evalueringsbestræbelserne væk fra udelukkende at handle om evaluering af eleven, og i retning af det formative evalueringsparadigme (Black, 1998), hvor evalueringen dermed kommer til at indgå som et led i læring for eleven.

Kompetencers bredde- og dybdedimension

At inddrage eleven i evalueringsprocessen vil kræve, at processen omfatter muligheder for at få indsigt i elevens læring og udbytte af undervisningen, herunder om eleven anser det lærte for meningsfuldt og generisk. Bente Jensen og Per Schultz Jørgensen (1999) har udstyret kompetencebegrebet med en bredde- og en dybdedimension, hvor breddedimensionen omfatter et kompleks af flere elementer, f.eks. videnskabsmæssige, kreative og sociale kvaliteter. Breddedimensionen af en naturfaglig kompetence vil udover viden uden tvivl også omfatte kreative og sociale kvaliteter, og i denne artikel har vi valgt at lade de 4 naturfaglige delkompetencer udgøre breddedimensionen uden at skelne imellem den enkelte delkompetences videnskabsmæssige, kreative eller sociale kvaliteter.

Dybden kan opfattes som en stadig øget integrering af kompetencen i elevens kognitive og affektive potentiale, således at det øverste niveau af eleven vil opfattes som mindre vigtigt for vedkommende, mens det dybeste niveau, meningsniveauet, vil være integreret med elevens værdier og holdninger. Der er således tale om en progressiv udvikling mod stadig dybere erkendelse og mening for eleven, således at eleven først opnår en middelbar og kontekstbundet færdighed i f.eks. at undersøge et naturfagligt emne, dernæst kan eleven opnå en stadigt mere umiddelbar og dekontekstualiseret kundskab om emnet og endelig kan eleven internalisere den dekontekstualiserede kundskab og integrere den med sine værdier og holdninger, så den giver mening for eleven (Elmose, 2012; 2010; 2007).

Evaluering af undervisning og læring i samme skabelon?

Evalueringværktøjet skal kunne indkredse både karakteristika vedrørende undersøgelsesbaseret undervisning, og opfange tegn på deltagernes udvikling af naturfaglige kompetencer. Evalueringværktøjet baserer sig på kvalitativ forskningsmetode, idet den i modsætning til kvantitative metoder normalt inddrager forskellige datakilder til at belyse samme situation og dermed f.eks. kan sammenligne forskellige deltagers oplevelse af undervisningen. Kvalitative metoders styrke ligger endvidere i en større opmærksomhed på den kontekst, som undersøgelsen foregår i og en forventning til tætte relationer til undersøgelsesfeltet og dermed en større sandsynlighed for at beskrive og analysere dette i overensstemmelse med målet for undersøgelsen (Erickson, 1998).

Evalueringværktøjet skal opfattes som en kompetencemodel, der kategoriserer de forskellige kompetencer man gerne vil udvikle hos elever. Modellen udfyldes med deskriptive elementer, som knytter kompetencemål til forskellige faktorer som fx, typer af aktiviteter og erkendelsesniveauer som elever kan udvikle deres kompetencer på.

I en dansk kontekst har Elmoose (2010; 2007) nuanceret de naturfaglige kompetencer som beskrevet af Dolin *et al.* (2003), så den lærende kan tilegne sig en kompetence på tre niveauer: som *en færdighed*, som *en kundskab* og som *noget meningsdannende*. Naturfaglig kompetence kan derfor beskrives som bestående af to domæner: de fire delkompetencer og de tre dybdeniveauer. En elev kan dermed f.eks. udvikle sin empirikompetence på tre niveauer: han kan udvikle undersøgelsesfærdigheder, han kan udvikle en mere dekontekstualiseret undersøgelseskundskab og han kan udvikle en mening om, hvorfor det er nyttigt at kunne udføre naturvidenskabelige undersøgelser. Ved at kombinere disse to domæner til en samlet kompetencemodel er det muligt at udvikle et deskriptivt værktøj, som kan bruges til at undersøge elevers læring i forskellige typer aktiviteter, naturfaglige problemstillinger eller pædagogiske metoder.

I kontrast til en kompetencemodel er det i undervisningsverdenen mere almindeligt at udvikle empiriske modeller til at måle elevers udbytte af undervisningen. En empirisk model konstrueres ved at undersøge forskellige kategorier af viden i undervisningspraksis, og måle på elevernes udbytte af undervisningen. En god empirisk model skal kunne afdække elevers typiske resultater og deres misforståelser i undervisningssituationer (Se fx Schecker & Einhaus, 2007). Der er i de senere år blevet gjort en række forsøg på at kombinere kompetencemodeller med empiriske modeller for at undersøge om normative kompetencemodeller kan bruges til at beskrive elevers udbytte af naturfaglige undervisningsaktiviteter. Elmoose (2010) har fx undersøgt anvendelsen af modelleringskompetencen i en dansk folkeskole, og i naturfag og andre fag afprøves og evalueres kompetencemodeller i det Slagelse-baserede KOMPIS-projekt (Højgaard, Bundsgaard, Sølberg & Elmoose, 2010). I internationalt perspektiv har man fx i Tyskland systematisk over en årrække forsøgt at validere og anvende nogle kompetencemodeller til at beskrive tyske elevers udbytte af naturfagsundervisning ud fra nationale tyske kompetencemål (Schecker & Einhaus, 2007; Schecker & Parchmann, 2007).

For at en kompetencemodel kan blive operativ til at vurdere om den kan måle elevers udbytte af naturfagsundervisningen er det nødvendigt, at den opfylder en række forudsætninger.

For det første må kompetencemodellen udvikles og beskrives teoretisk for at få en solid forsknings- og evalueringsbase. I Danmark har bl.a. Dolin *et al.* (2003) og Elmoose (2012; 2010, 2007) bidraget til dette arbejde. Der skal dernæst udvikles relevante evalueringsprocedurer, -værktøjer og kontekster for at afprøve kompetencemodellerne. Disse procedurer og værktøjer skal valideres empirisk i forskellige kontekster. På baggrund af den empiriske afprøvning revurderes kompetencemodellerne og tilpasses til forskellige undervisningskontekster.

For det andet må modellen være konstrueret på en sådan måde, at der er overensstemmelse mellem undervisning og evalueringsmetode, således at evalueringen af elevers udbytte af undervisningen er afpasset (alignment) mål for og udførelse af undervisning (Biggs, 2007).

I dette projekt udvikler og beskriver forskergruppen en kompetencemodel til evaluering af naturfaglige delkompetencer, hvor elevers naturfaglige kompetence evalueres i situationer, der ligner undervisningskonteksten. Hvis eleverne er i gang med at undersøge et naturfagligt fænomen på baggrund af deres egen hypotese og får vejledning af læreren i undersøgelsesfasen, så vil læreren også kunne evaluere deres forståelse af det naturfaglige fænomen og kvaliteter ved forståelsen gennem en formativ evalueringsproces. Kompetencers bredde- og dybde dimensioner inddrages derfor i evalueringen med henblik på at vurdere om eleverne kan dekontekstualisere deres viden, så færdigheder og viden kan medvirke til at skabe mening for eleverne i deres øvrige liv (Bowden & Marton, 2004; Jensen & Jørgensen, 1999).

Kompetencemodellen afprøves derefter både på læreruddannelsen og i folkeskolen med henblik på at vurdere om den egner sig til at beskrive lærerstuderendes og elevers udbytte af undersøgelsesbaseret undervisning. Undersøgelsen vil forsøge at relatere domænerne i kompetencemodellen til de metoder

og delforløb, som læreren vælger i sin undervisning. Det kan være i form af de naturfaglige metoder, som eleverne benytter sig af.

Undersøgelsesresultaterne vil blive valideret i overensstemmelse med kriterierne for pragmatisk validering (Kvale, 1997), som kendetegnes ved, at resultaterne tilbageføres til deltagerne i undersøgelsen, læreruddannere og lærerstuderende, med henblik på en vurdering af om kompetencemodellen har fungeret som en evalueringsmodel for undervisning og læring. Desuden valideres undersøgelsen på baggrund af Emil Kruuses kriterier for gyldighed i kvalitative undersøgelser, hvor kriterierne bruges til at vurdere på graden af nærhed og kendskab til undersøgelsesfeltet (Kruuse, 1989). Det forventes at analysen af de empiriske resultater kan kvalificere kompetencemodellen, så den operativt kan anvendes til at vurdere elevernes og lærerstuderendes udbytte af undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning fremadrettet.

En matrix til evaluering af undervisning og læring

I figur 1 præsenteres en matrix, der har til hensigt at kunne anvendes i forbindelse med forskningsdelen af det omtalte udviklingsarbejde. Matrixen består af 3 akser, som tilsammen beskriver et rum af handlinger, dels undervisningshandling, dels processer, som kan indeholde naturfaglige kompetencer og dels kvaliteter, der udgør kompetencydbyden.

1. akse:

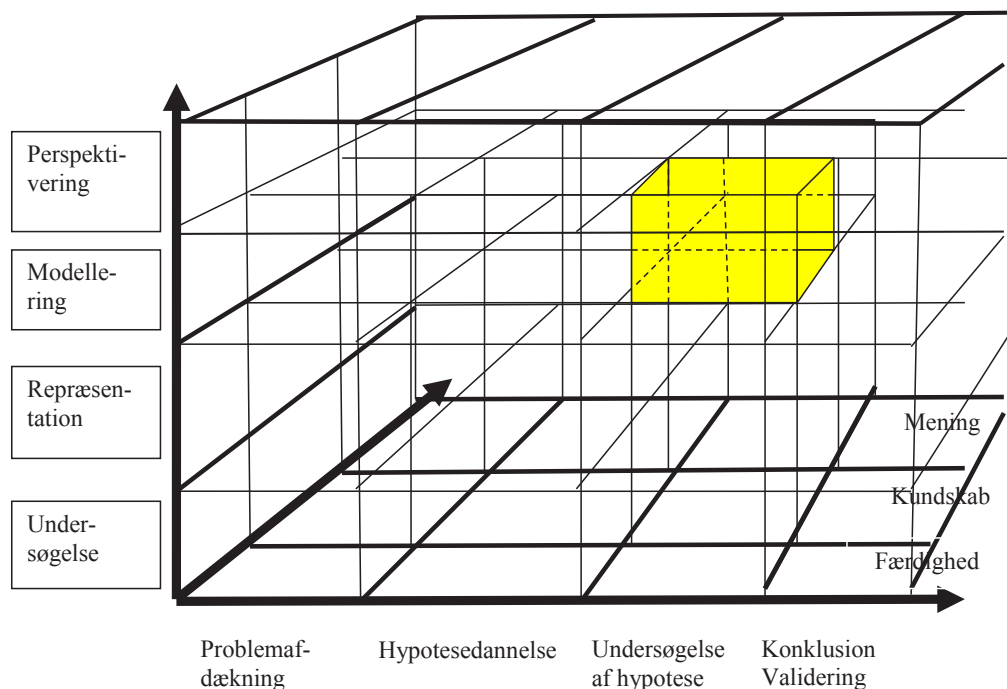
Denne beskriver en udvikling gennem en række faser i et undersøgelsesbaseret undervisningsforløb, som normalt vil bestå af en progression af delforløb. Det indledes med en fase, der ovenfor er kaldt *problemafdækning*, efterfulgt af *hypotesedannelse*, *undersøgellesfasen* og afsluttende med *konklusion og validering*. 1. akse udgøres derfor af lærerens eller den lærerstuderendes handlinger, som har til formål at udvikle elevernes naturfaglige kompetencer. Det vil også være normalt, at alle 4 faser bliver gennemført, dog ikke nødvendigvis lineært, idet der efter en undersøgelsesfase vil kunne forekomme revisioner af hypoteserne og efterfølgende kvalificering af undersøgelserne, altså indbyggede ”loops” i forløbet (Østergaard *et al.* 2010).

2. akse:

Her figurerer de 4 naturfaglige delkompetencer, som kan opfattes som resultater (eller funktioner) af aktiviteterne på 1. akse. Problemafdækningsfasen vil sandsynligvis have betydning for udvikling af en eller flere af delkompetencerne, og elevernes indledende indsigt i en naturfaglig problematik vil mobilisere noget af det kompetenceberedskab, som de møder til undervisning med. Det kunne således være interessant for forskere og udviklere at få et indblik i, hvilke faser i undervisningen, der har indflydelse på hvilke naturfaglige delkompetencer.

3. akse:

Har til formål at beskrive den før omtalte dybde i delkompetencerne. En empirikompetence kan komme til udtryk som en færdighed, altså nogle kendte metoder til at undersøge et kendt naturfagligt område, f.eks. vejrobservationer i forbindelse med makroklimaundersøgelser. Empirikompetencen kan også komme til udtryk som en kundskab, det vil sige at de kendte metoder kan anvendes i en for eleven ukendt naturfaglig kontekst, f.eks. at udvælge relevante metoder til mikroklimamålinger i en myretue. Endelig kan empirikompetencen også være integreret som en del af elevens værdier, så eleven opfatter det at kunne foretage vejr- og klimamålinger som meningsfuldt og relevant.



Figur 1. Kompetencemål for naturfagsundervisning som resultat af undersøgelsesbaseret undervisning (IBSE).

En situation fra modellen

Situationen, som den gule celle repræsenterer, kan man forestille sig finder sted i et undervisningsforløb, der har foregået i noget tid, hvor eleverne forud har været igennem en problemaf-dækning og en hypotesedannelsesproces. Elevgrupperne er nu i gang med at undersøge den hypotese, som de selv har formuleret, hvor de indsamler information og data og vurderer deres metoder på baggrund af egen hypotese, og ved lærerens hjælp forholder de sig kritisk til hypotese og metode med henblik på en eventuel revision af undersøgelsen.

En lærer vil planlægge sit forløb med henblik på, at eleverne skal udvikle deres naturfaglige kompetencer igennem de forskellige faser hen ad 1. akse, og i undersøgelsesfasen kan alle 4 delkompetencer, som fremgår af 2. akse, blive aktiveret og videreudviklet. Læreren opstiller specifikke mål for hver delkompetence, og eleverne kan f.eks. blive bedt om at beskrive deres data igennem en model af det naturfaglige fænomen, de undersøger.

Læreren skal desuden kunne skelne mellem en modelleringskompetence på færdighedsniveau, på kundskabsniveau og på meningsniveau, og i det gule felt er der fokus på kundskabsniveauet, hvilket betyder, at eleverne skal kunne anvende modellen på andre kontekster end lige den undersøgte. Læreren vil i denne fase lægge grunden til en dybere integrering af kompetencen gennem sin vejledning og faglige udfordring af eleverne, og læreren vil også forberede eleverne på næste fase i undersøgelsesprojektet, som handler om konklusion, validering og formidling.

DISKUSSION

Det forskningsstøttede udviklingsarbejde er designet, så forskerens rolle er at arbejde i et metaperspektiv i forhold til lærerens eller lærerstuderendes praksis. Det vil sige at forskeren støtter læreren eller den lærerstuderende med at evaluere elevernes delkompetencer i de tre dybdeniveauer, og pa-

rallelt hermed forholder forsker sig kritisk reflekterende til proces og produkt af evalueringen med baggrund i forskningsspørgsmålene. Forskerens fokus er at iagttage og beskrive undersøgelsesbaseret undervisning med henblik på at understøtte evalueringsprocessen og undersøge matrixens anvendelighed som model til at beskrive kompetenceudvikling i en lokalt defineret undervisningsproces. Det vil være et centralt succeskriterium, at lærerne eller de lærerstuderende får mulighed for at bidrage til udvikle evalueringsværktøjet, så det kan bruges til at beskrive kompetenceudvikling lokalt i lærernes eller de lærerstuderendes egen praksis. Succeskriteriet formuleres her med henvisning til baggrundsafsnittet, hvor det bl.a. blev understreget, at ansvaret for fortolkning af mål og valg af undervisningsmetoder skal fastholdes hos læreren i henhold til en dansk naturfagsdidaktisk tradition. Dette forsknings- og udviklingsprojekt er derfor kendetegnet ved, at forskerne indgår som deltager i udviklingsprojektet, og dermed indgår med åbne og kendte mål for projektet overfor lærerne eller lærerstuderende samt elever. Mål og evalueringsplan for undervisningsforløbene vil blive planlagt og diskuteret af lærer/lærerstuderende med forskerne inden forløbet, og desuden vil iagttagelser og beskrivelser af undervisningsforløb og læringsforløb blive fremlagt og diskuteret sammen med læreren/lærerstuderende under og efter forløbet.

Cellerne i matrixen skal ikke forstås som målfaste og veldefinerede i tid og rum. Der vil være et vist overlap mellem de forskellige faser i på 1. akse i modellen, hvilket afspejler, at der i lærernes almindelige undervisningspraksis vil være et overlap mellem forskellige faser af undervisningen, ligesom der kan forekomme genoptagelse af processer fra tidligere faser med henblik på forbedring af elevernes undersøgelse. Endvidere vil det hverken læringsmæssigt eller undervisningsmæssigt være didaktisk rationelt (Dale, 1998), hvis undervisningen og evalueringen ikke tager hensyn til den undervisningsmæssige kontekst og elevernes interesser og forudgående kompetencer. Dette betyder, at en evalueringsmodel må udvikles af deltagerne i undervisningsforløbet med læreren eller den lærerstuderende som initiativtager og eleverne som medvidende om mål og proces.

Det er ikke sikkert, at alle celler i matrixen er relevante for evaluering af undersøgelsesbaseret undervisning. Et centralt element i samarbejdet mellem forskeren og lærerne/lærerstuderende i udviklingsarbejdet er at vurdere hvilke kompetencer, der aktiveres i forskellige faser af et tilrettelagt undervisningsforløb. Det kommer til at foregå ved en løbende evaluering, hvor lærerne/lærerstuderende og forskeren vurderer og diskuterer konkrete eksempler fra tilrettede undervisningsforløb med henblik på at identificere og vurdere hvilke kompetencer, der aktiveres i forskellige faser af undervisningen.

Flere felter vil måske vise sig uden relevans i en praksissituation, idet lærere/lærerstuderende afhængigt af udvalgte mål og indhold vil vægte forskellige dele af en undersøgelsesbaseret undervisning og udvalgte delkompetencer. Dog vil det indenfor denne artikels evalueringsforståelse være nødvendigt at evaluere alle tre dybde dimensioner.

I Schweiz og Tyskland har man indført kompetencemodeller som er karakteriseret ved at være både eksternt og centralt definerede i forhold til læreres daglige undervisningspraksis. Disse modeller er også udformet som tredimensionale matrixer (se fx Schecker & Parchman, 2007). Matrixerne er forsøgt beskrevet med veldefinerede kompetencerum – altså faste celler. Akserne er benævnt med andre parametre end de i denne artikel nævnte, og rationalet bag metoden er at kompetencemodellen forventes at kunne måle elevernes naturfagskompetencer med psykometrisk opbyggede måleredskaber og dermed kunne kvantificere den enkelte elevs og større populationers kompetencer. Imidlertid har et forskningsprojekt vist, at en vigtig forudsætning for at anvende psykometriske målinger på naturfaglige kompetencer sandsynligvis ikke er opfyldt, nemlig at de enkelte matrixrum skal være diskrepante:

Further findings are the high correlations (0.72 - 0.94) between different competencies leading to the question, how far a definition and separation of different competencies in science are possible at all. (Labudde, 2010, s. 393).

Udover, at en psykometrisk beskrivelse af elevers kompetencer er uinteressant i det i denne artikel beskrevne projekt, viser Labuddes forskning, at det kan være vanskeligt at adskille naturfaglige kompetencer, når indholdet af forskellige kompetencer kan være overlappende. Det er et stort problem i en kvantitativ undersøgelse, hvor søgekriterierne for de enkelte svarkategorier skal være eksplicite og identificerbare. Når kompetencer som ovenfor nævnt ikke kan opfattes som velafgrænsede, kan det diskuteres hvor velegnede kompetencer er som målkategorier i kvantitative evalueringsprocesser. I dette projekt skal matrixens 2. og 3. akse derfor i lighed med 1. akse ikke forstås som bestående af eksakte udfaldsrum, som skiller i veldefinerede punkter. En elevs naturfaglige delkompetencer kan være svære at adskille – viser eleven en repræsentationskompetence eller en modelleringskompetence? Ligeledes består kompetencedybden ikke af bratte overgange mellem f.eks. en færdighed og en kundskab.

Disse forbehold giver imidlertid ikke anledning til at afvise kompetencebegreberne som mål for undervisningen, men understreger behovet for, at evalueringen af målene må foretages af en didaktisk rationelt tænkende underviser (Dale, 1998), og at udviklingen, afprøvningen og evalueringen af matrixen må ske i en dialog mellem undervisere og forskere.

KONKLUSION

Artiklen har gennemgået nogle forudsætninger for at kunne vurdere om undersøgelsesbaseret undervisning udvikler deltagerens naturfaglige kompetencer. Forudsætningerne har bestået i at de beskrevne karakteristika ved undersøgelsesbaseret undervisning skal kunne sammenholdes med målkategorier i de naturfaglige delkompetencer, således at metoden kan evalueres i forhold til de overordnede mål for naturfagsundervisningen. Det fremtidige udviklingsprojekt, hvor der både er fokus på målperspektiv og metodeperspektiv, skal støttes af en forskningsdel, som bl.a. skal færdigudvikle og afprøve den tredimensionale evalueringsmodel, som præsenteres i artiklen. Forskningsprocessen vil bl.a. lede frem til overvejelser over, hvorvidt den matrixbeskrevne kompetencemodel vil have relevans for den naturfagsdidaktiske praksis, og hvorvidt og hvordan kompetencemodellen kan skabe indsigt i relationen mellem en undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning og deltagerens udvikling af naturfaglig kompetence.

Det var artiklens formål at designe et evalueringsværktøj med henblik på at sammenkæde en undervisningsmetode – undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning – med mål for undervisningen, udtrykt som naturfaglige kompetence. Værktøjet blev i artiklen udformet som en flerdimensionel matrix med henblik på at kunne rumme kompleksiteten i både metode og mål, og samtidig skabe mulighed for at identificere processer og produkter igennem en evalueringsforskning. Det er derfor forfatternes antagelse, at matrix-modellen kan være et nyttigt værktøj, som kan hjælpe med at finde svar på forskningsspørgsmål om, hvorvidt undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning kan udvikle deltagerens naturfaglige kompetencer og hvordan de naturfaglige kompetencer kommer til udtryk i et undersøgelsesbaseret undervisningsforløb.

Der henstår således at få afprøvet modellen i et forskningsstøttet udviklingsarbejde – også med henblik på at få afklaret, om modellen kan danne udgangspunkt for en større udbredelse af modellen til praksisfeltet.

REFERENCER

- Alberts, B. *et al.* (2011). *Report of the Working Group on International Collaboration in the Evaluation of Inquiry-Based Science Education (IBSE) programs*. IANAS. http://www.ianas.org/meetings_education/files/Santiago_Report_SE.pdf Lokaliseret 20. marts 2013.
- Andersen, A. M. *et al.* (2002). *Udvikling af praktisk arbejde i natur/teknik*. Nordlab-DK arbejdsgruppe 9. <http://www.jorgenhaagen.dk/nordlab.pdf> Lokaliseret 20. marts 2013

- Bang, J. (2001). Erfaringsproblemet i forbindelse med læring. I *At lære fysik – et studium i gymnasieelevers læreprocesser i fysik*. Kapitel 13. København: Undervisningsministeriet.
- Biggs, J. (2007) *Teaching for Quality Learning at University*. The Society for Research into Higher Education & Open University Press
- Black, P. (1998). Assessment by teachers and the improvement of students' learning. I B.J. Fraser & K.G. Tobin (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Press.
- Bowden, J. & Marton, F. (2004). *The University of Learning – beyond Quality and competence*. London: RoutledgeFalmer.
- Christensen, T.S. (2004). *En undersøgelse af den fagligt evaluerende lærerelevsamtale som evalueringsredskab i gymnasial undervisning*. Odense: Syddansk Universitet.
- Dale, E. L. (1998). *Pædagogik og professionalitet*. Århus: Forlaget Klim
- Dolin, J., Krogh, L.B. & Troelsen, R. (2003). En kompetencebeskrivelse af naturfagene. I: H. Busch, S. Horst & R. Troelsen (red.), *Inspiration til fremtidens naturfaglige Uddannelser. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie, nr. 8* s. 59-140. København: Undervisningsministeriet.
- Elmose, S. (2012). Naturfaglig kompetence - fra didaktisk begreb til operationelt undervisningsmål. I N. Gericke & B. Schüllerqvist(red.): *Ämnesdidaktisk komparation - Länder, ämnen, teorier, metoder, frågor och resultat*. Karlstad: Karlstad Universitet.
- Elmose, S. (2010). Hvordan ser en kompetence ud? Evaluering af modelleringskompetencen i natur/teknik-undervisningen – et CAND-projekt. I *MONA, nr.1*, s. 7-31.
- Elmose, S., Østergaard, L. D., Andersen, T. L. & Buskov, P. (2008). *CAND delprojekt 5.6 Evaluering i folkeskolens naturfagsundervisning*. http://cand.nu/cms/uploads/media/Afrapportering_5.6_Nordjylland_01.pdf Lokaliseret 20. marts 2013
- Elmose, S. (2007). Naturfaglige kompetencer – til gavn for hvem? I *MONA: Matematik- og Naturfagsdidaktik, nr. 4*. s. 49-67
- Elsgeest, J. (2001). The Right Question at the Right Time. I W. Harlen: *Taking the Plunge*. Portsmouth: Heinemann.
- Erickson, F. (1998). Qualitative Research Methods for Science Education. I: B.J. Fraser & K.G. Tobin (red.). *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer International Handbooks
- Fibonacci (2011). *The Fibonacci Project*. <http://www.fibonacci-project.eu/Lokaliseret> 20. Marts 2013.
- Gipps, C. & Stobart, G. (2003), Alternative Assessment. I *International Handbook of Educational Evaluation*. Part 2. S. 549-576. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Hagelskjær, J & Linderoth, U.H. (2010). IBSE – på opdagelse i biologien. I *Kasketot* 2010 nr. 183. Odense: Biologforbundet.
- Harlen, W. (2011). Udvikling og evaluering af undersøgelsesbaseret undervisning. I *MONA: Matematik og naturfagsdidaktik, Nr. 3*, s. 46-70. København: Københavns Universitet
- Højgaard, T., Bundsgaard, J., Sølberg, J. & Elmose, S. (2010). Kompetencemål i praksis: foranalysen bag projektet KOMPIS. I *MONA: Matematik- og Naturfagsdidaktik nr. 3*. s.7-23. København: Københavns Universitet.
- Jarvis, T., Pell, A. & Hingley, P. (2009). *Pollen Primary Teachers' Changing Confidence and Attitudes over Two Years Pollen In-service*. www.pollen-europa.net Lokaliseret 20. Oktober 2011.
- Jensen, T.H. (2009). Modellering versus problemløsning – om kompetencebeskrivelser som kommunikationsværktøj. *MONA*, 2, s. 37-54.
- Jensen, B. & Jørgensen, P.S. (1999). Kompetence i en social kontekst – om social arv og magt og afmagt i uddannelsessystemet. *Social Forskning. Temanummer om Social Arv*, 40-48. København: Socialforskningsinstituttet
- Kremer, K., Grube, C., Urhahne, D. & Mayer, J. (2009). Exploring Competencies in Understanding the Nature of Science and Scientific Inquiry. In M.F. Tasar & G. Cakmaki (eds.) *Contemporary Science Education Research: International Perspectives*. Pg. 245-254. Ankara: ESERA & Pegem Akademi.
- Kruuse, E. (1989). *Kvalitative forskningsmetoder*. Virum: Dansk Psykologisk Forlag.

- Kvale, S. (1997). *Interview*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Labudde, P. (2010). Competencies in science: A large scale Assessment in Switzerland in grades 6 and 9. I G. Cakmakci (Ed.). *Contemporary Science Education Research: Learning and assessment*. Ankara: ESERA.
- Lederman, J.S. & Lederman, N.G., (2009). Development of a Valid and Reliable Protocol for the Assessment of Early Childhood Students' Conceptions of Nature of Science and Scientific Inquiry. In M.F. Tasar & G. Cakmakci (eds.) *Contemporary Science Education Research: International Perspectives*. Pg. 227-236. Ankara: ESERA & Pegem Akademi.
- Lindahl, B. (2009). *Changes in pupils' attitudes towards science during two years within the Pollen project*. Lokaliseret den 20. marts 2013 på: www.pollen-europa.net
- Millar, R. (2009). At udvikle og evaluere praktisk arbejde i naturfag. I S. Tougaard & L.H. Kofod (red.) *Metoder I naturfag*. Hellerup: Experimentarium.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the national science standards: A guide for teaching and learning*. Washington DC: National Academy Press.
- National Science Resources Center. (2009). *Studies of Student Achievement in Science*. <http://www.nsrconline.org/pdf/ScienceAchievementStudies.pdf> Lokaliseret 20. Marts 2013.
- Ornstein, A. (2006). The Frequency of Hands-On Experimentation and Student Attitudes toward Science: A Statistically Significant Relation. *Journal of Science Education and Technology*, 15(3/4), side 285-297. London: Springer-Verlag,
- Pollen (2006). *Methodological Guide: Inquiry Based Science Education – Applying it in the Classroom*. www.pollen-europa.net Lokaliseret 20. marts 2013.
- Rocard, M. et al. (2007). *Science Education Now. A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. EU-kommissionen.
- Pollen. (2009). Overview of main activities and achievements. Lokaliseret den 20. marts 2013 på: www.pollen-europa.net
- Schecker, H.P. & Einhaus. E.A. (2007). Modelling science competencies. *ESERA 2007*, Malmø.
- Schecker, H.P. & Parchmann, I. (2007). Standards and competence models: The German situation. I *Making it Comparable: Standards in Science Education*, 24, 147.
- Sillasen, M. K., Daugbjerg, P. S., Schmidt, J. R. & Valero, P. (2011). Kvaliteter ved reformer af naturfagsundervisning i Danmark. I *MONA* 2011, nr. 1. København: Det naturvidenskabelige fakultet, Københavns Universitet.
- Sjøberg, S. (2007). PISA and “real life challenges”: Mission impossible? Chapter in Hopman, S. (Ed) (2007) *PISA according to PISA, Does PISA Keep What It Promises?* Wien: LIT Verlag. <http://folk.uio.no/sveinsj/Sjoberg-PISA-book-2007.pdf> Lokaliseret 20. marts 2013.
- Undervisningsministeriet (2004). *Fremtidens uddannelser*. København: Undervisningsministeriet. <http://pub.uvm.dk/2004/fremtidens/index.htm> Lokaliseret 20. Marts 2013
- Worth, K., Duque, M. & Saltiel, E. (2009). *Designing and Implementing Inquiry-Based Science Units for primary education*. Montrouge: La main à lapâte. <http://www.pollen-europa.net/?page=%2Bag%2BXQhDnho%3D> Lokaliseret 20. marts 2013.
- Zilker, I., Holliday, G.M., Fischer, H.E., Kauertz, A., Lederman, J.S. & Lederman N.G. (2009). Are historical Contexts suitable for assessing Students' Competences in the Field of Nature of Science and Scientific Inquiry? In M.F. Tasar & G. Cakmakci (eds.) *Contemporary Science Education Research: International Perspectives*. Pg. 237-244. Ankara: ESERA & Pegem Akademi.
- Østergaard, L.D., Sillasen, M., Hagelskjær, J. & Bavnhøj, H. (2010). Inquiry-based science education – har naturfagsundervisningen i Danmark brug for det? I *MONA* 2010, nr. 4. København: Det naturvidenskabelige fakultet, København Universitet