

# Naturfagslæreres vidensgrundlag

– med udgangspunkt i PCK

Lars Brian Krogh & Hanne Møller Andersen, Institut for Videnskabsstudier,  
Aarhus Universitet

**Abstract.** I artiklen præsenteres en model for naturfagslærernes vidensgrundlag. Modellen er udviklet med udgangspunkt i litteratur om PCK (Pedagogical Content Knowledge) samtidig med at den er søgt tilpasset danske forhold. Modellen tager udgangspunkt i at naturfagslærernes vidensgrundlag baserer sig på fire vidensdomæner, nemlig Almendidaktisk viden, Faglig viden, PCK og Kontekstviden, og at der i undervisningen foregår et samspil mellem disse. Artiklen giver et overblik over de elementer der indgår i naturfagslærernes vidensgrundlag og diskuterer forholdet mellem dette og lærerkompetence. Den etablerede model vil kunne anvendes i forbindelse med design og analyse af læreruddannelser og til at følge hvorledes kravene til lærernes viden forskyder sig, fx i forbindelse med uddannelsesreformer.

## Indledning

Lærernes praksis og uddannelse har altid været en del af den naturfagsdidaktiske forskning, og der er kommet stadig mere fokus på dette inden for de seneste tiår. Her står det i stigende grad klart at almindennende læreplaner og kompetencemål, nye undervisningsmaterialer og -teknologier m.m. ikke i sig selv løser naturfagsundervisningens problemer, men snarere forudsætter og skærper kravene til lærerkompetence. På folkeskoleområdet ligger der aktuelt et udviklingspres i forhold til at lærerne skal bringe eleverne frem til skiftende Fælles Mål i en kompleks balancegang mellem traditionelle dannelsesmål og testtænkningen i den nye, regeringsinitierede "evalueringskultur". På ungdomsuddannelsernes område er globaliseringsdagsordenens erklærede målsætning om at praktisk taget alle unge (95 %) skal gennemføre en ungdomsuddannelse, samt de stadig vekslende ungdomstyper eksempler på hvorledes politiske og samfundsmæssige forhold kan lægge eksisterende lærerkompetencer under pres. Mere specifikt har gymnasiereformen (stx) fra 2005 skabt et voldsomt forandringspres på naturfagslærerne, først og fremmest gennem indførelsen af de tværdisciplinære fag: almen studieforbereelse (AT) og naturvidenskabeligt grundforløb (NV). AT indfører således et udfordrende og forpligtende samspil mellem fa-

kulteterne og en ny metafaglighed der bl.a. omfatter videnskabsteori og viden om forskellige vidensformers karakteristika, styrker og begrænsninger. I den sidste ende lægger udviklingsdynamikken pres på læreruddannelserne hvor timetal, faglige konstellationer og læreplaner skifter med stor hast.

På denne baggrund anser vi det for væsentligt at der udvikles én fælles forståelse og et fælles sprog omkring lærerprofessionalitet samt en ramme som gør det muligt at analysere og reflektere dynamikken og udviklingsbehovene og vurdere eventuelle tiltag på læreruddannelsens område. Med denne artikel ønsker vi at give et internationalt inspireret bud på hvorledes en sådan referenceramme kan se ud.

Artiklen tager afsæt i en videreudvikling af Shulmans PCK-begreb<sup>1</sup> (Shulman, 1986). Umiddelbart kan dette amerikanske udgangspunkt måske forekomme overraskende når man betænker at vi befinder os i en *didaktik*-inspireret undervisningstradition. Her anlægger vi imidlertid en pragmatisk betragtning og henviser til begrebets brugbarhed. PCK-begrebet er blevet et gennemgående referencepunkt for den meget omfattende internationale forskning omkring lærerkvalifikationer og læreruddannelse – ligesom PCK er det centrale element i den seneste reviewartikel over forskningen inden for området (Abell, 2007a). Gess-Newsome anfører en række forhold som uddyber og understøtter netop anvendeligheden af begrebet:

PCK has many of the characteristics of a good model. It has revitalized the study of teacher knowledge, provided a new analytical frame for organizing and collecting data on teacher cognition, highlighted the importance of subject matter knowledge and its transformation for teaching, incorporated findings across related constructs, and provided for a more integrated vision of teacher knowledge and classroom practice. In addition, PCK is an intuitively appealing construct, one that has been actively incorporated into the vocabulary of many teachers and researchers alike. (Gess-Newsome, 1999, s. 10).

PCK inkluderer mange af de elementer der indgår i naturfagsdidaktisk *viden*<sup>2</sup>. Den danske debat om naturfagsundervisningen har inden for de seneste år været mere fokuseret på *kompetencer* end *viden* (fx Andersen, Busch, Horst & Troelsen, 2003). Vi ser dog ikke noget modsætningsfuldt i også at vægtlægge viden idet kompetence opfattes som *videns-/indsigtsbaseret* formåen (fx Niss, 2002; Dolin, Krogh & Troelsen, 2003). I artiklen ser vi således viden som en forudsætning for målet, nemlig kompetent lærerhandling. Vi udskiller videnskompenten for at kunne diskutere denne og for at muliggøre en analyse af hvorledes viden opbygges og transformeres til kompetent

1 PCK: Pedagogical Content Knowledge.

2 Schnack anvender termen "undervisningsfaglighed" som dansk betegnelse for PCK (Schnack, 2000). Da denne betegnelse konnoterer en faglighed om undervisning generelt snarere end en faglighed om fag-faglighedens varetagelse i undervisningen, har vi valgt at fastholde den internationalt genkendelige betegnelse PCK.

handlen i en undervisningssammenhæng. Bag dette ligger der en overbevisning om at udviklingen af kompetenceorienteret undervisning kan kvalificeres ved at trække på det vi allerede ved noget om – nemlig vidensfaciliterende undervisning.

Artiklen indledes med en kort redegørelse for PCK-begrebet og dets udvikling hvorefter vi søger at etablere en model for naturfagslærernes vidensgrundlag med særligt fokus på PCK. Modellen udvikles med særlig opmærksomhed på undervisningen i gymnasiesektoren (den sektor som forfatterne kender bedst), men ambitionen er at etablere en model som også vil være brugbar på andre niveauer i uddannelsessystemet. For at få en samlende beskrivelse knytter vi efterfølgende vores diskussion af vidensgrundlaget sammen med den eksisterende diskussion af lærerkompetencer og kompetenceniveauer. Afslutningsvis skitserer vi hvorledes vidensmodellen og kompetenceforståelsen tilsammen kan bruges som skabelon for en analyse af læreruddannelserne.

## Udviklingen af PCK-begrebet

Shulman indførte i 1986 begrebet Pedagogical Content Knowledge (PCK) som en reaktion på at det faglige indhold i lærerprofessionen i USA var blevet kraftigt nedtonet til fordel for en "identification of teaching competence with pedagogy alone" (Shulman, 1986, s. 7). For Shulman var målet at kategorisere og rammesætte en:

pedagogical knowledge, which goes beyond knowledge of subject matter per se to the dimension of *subject matter knowledge for teaching*. (s. 9).

Shulman præciserer andetsteds i artiklen at: "The key to distinguishing the knowledge base of teaching lies at the intersection of content and pedagogy" (s. 15). I artiklen fra 1986 skriver Shulman desuden at PCK omhandler viden om de mest hensigtsmæssige måder at formidle et bestemt fagligt indhold på. Han skriver således:

The most regularly taught topics in one's subject area, the most useful forms of representation of those ideas, the most powerful analogies, illustrations, examples, explanations, and demonstrations – in a word, the ways of representing and formulating the subject that make it comprehensible to others. (Shulman, 1986, s. 9).

PCK introduceres som en ny type "Content Knowledge" i tilgift til "Subject Matter Content Knowledge" og "Curricular Knowledge" (Shulman, 1986, s. 9). Begrebernes relative positioner er ikke aldeles tydelige i denne tidlige Shulman-tekst. Når man betænker Shulmans ønske om at revitalisere viden knyttet til undervisning i et bestemt fagligt indhold, er termen "Content Knowledge" logisk nok. Alligevel indikerer den en unødvendig tæt korrespondens mellem undervisningens indhold og den relevante vidensbase. Lidt groft sagt er Shulmans virkelige fortjeneste at han sætter en fagdi-

daktisk dagsorden og giver den navn og retning, mere end en præcis beskrivelse af PCK-begrebet.

Mange har efterfølgende bidraget til diskussionen og videreudviklingen af PCK-begrebet (se fx Carlsen, 1999; Van Driel, Verloop & de Vos, 1998; Abell, 2007a). Dynamikken og en række overordnede træk i PCK-begrebet fremgår af figur 1.

| Videnskategorier og -domæner  | Shulman, 1986 | Shulman & Sykes, 1986 | Shulman, 1987 | Grossman, 1990 | Carlsen, 1999 | Magnusson et al., 1999 | Abell, 2007 |
|---|---------------|-----------------------|---------------|----------------|---------------|------------------------|-------------|
| Curriculum  |               |                       |               |                |               |                        |             |
| Learners and learning   |               |                       |               |                |               |                        |             |
| Liberal knowledge and skills (general)                                      |               |                       |               |                |               |                        |             |
| Pedagogy (general)  |               |                       |               |                |               |                        |             |
| PCK – incl. subject specific teaching strategies, students' pre-conceptions |               |                       |               |                |               |                        |             |
| Purposes/orientation towards science teaching                               |               |                       |               |                |               |                        |             |
| Performance skills  |               |                       |               |                |               |                        |             |
| Philosophy, goals and objectives  |               |                       |               |                |               |                        |             |
| School contexts   |               |                       |               |                |               |                        |             |
| Subject matter content knowledge  |               |                       |               |                |               |                        |             |
| Substantive structure of discipline   |               |                       |               |                |               |                        |             |
| Syntactic structure of discipline   |               |                       |               |                |               |                        |             |
| Assessment of subject   |               |                       |               |                |               |                        |             |

Farvekoder

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Overordnet kategori i modellen   |  |
| Underordnet kategori i modellen  |  |
| Nævnes ikke eksplicit i modellen |  |

Figur 1. Udviklingen i opfattelsen af PCK og relaterede vidensdomæner.

Oversigten er en ajourført udgave af Carlsen (1999) hvor der bl.a. er sket en tilføjelse af kategorien “Faglig evaluering”. Figuren illustrerer at lærerprofessionalisme er baseret på en lang række videnskomponenter, og at der i den tidligste fase har været forskellige opfattelser af hvilke videnskomponenter der er relevante – og på hvilket hierarkisk niveau de skal indgå. Ved at følge den tidlige udvikling mod højre i skemaet får man indtryk af at der med tiden er opstået en form for konsensus i forhold til hvilke komponenter det er relevant at inddrage i diskussionen om lærernes vidensgrundlag. Figuren skjuler dog at der er foregået en række bevægelser i forhold til de underordnede kategorier<sup>3</sup>.

Af figur 1 ses det at PCK går fra at være underordnet “content knowledge” i Shulmans oprindelige artikel til en overordnet videnskategori i de senere beskrivelser af PCK.

Blandt de væsentligste modifikationer i forhold til Shulmans begrebsætning vil vi fremhæve Grossmans indføjeelse af viden om *hvorfor* der skal undervises i et bestemt fagligt indhold på et givet klassetrin (Grossman, 1990). Vi anser det for helt centralt at en underviser kender til sit fags begrundelsesaspekter. I litteraturen er diskussionen imidlertid blevet forplumret af at Magnusson et al. har redefineret Grossmans fagnære formål “purposes” og i stedet taler om “orientations to teaching science” (Magnusson, Krajcik & Borke, 1998). Som Sandra Abell anser vi denne redefinering for at være problematisk; hun formulerer det således:

The inclusion of “orientations” in the PCK model is problematic. First of all, an orientation is theorized as a generalized view of science teaching, not topic-specific knowledge. Second, these general views of science teaching and learning are often studied as an interaction among knowledge, beliefs, and values, not strictly as knowledge structures. (Abell, 2007a, s. 1124).

Hvor Abells første indvending blot rekapitulerer at PCK er karakteriseret ved en faglig forankring, er den anden indvending mere interessant. Med den markerer hun at det er væsentligt at skelne mellem vidensstrukturen (PCK) og værdimæssige opfattelser (“orientations”) af forholdet mellem formål, mål og midler i undervisningen. Analytisk giver det god mening at udskille de to forhold, selv om der åbenlyst er koblinger imellem dem. Konkret vil værdimæssige orienteringer formentlig påvirke opmærksomhed og retention i den fase hvor læreren konstruerer sit vidensgrundlag, og det vil have indflydelse på hvorledes læreren omsætter sin vidensbase til kompetent og situeret handling. Dette forhold vender vi tilbage til senere i artiklen.

3 Fx har “Philosophy, goals and objectives” som underkategori på skiftende måde været henført til Pedagogy (general) og PCK.

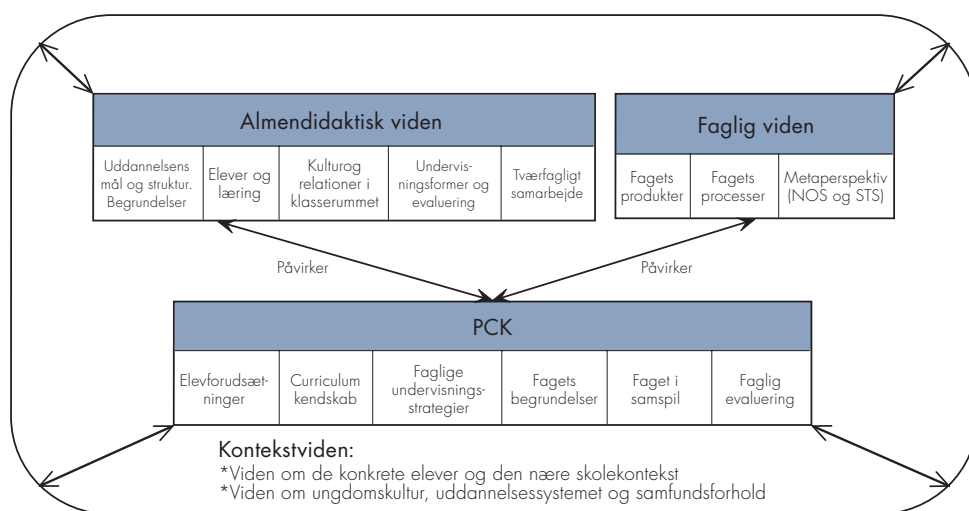
## Naturfagslæreres vidensgrundlag

Vi vil i det følgende fremlægge et bud på en model som matcher nutidige internationale forståelser af PCK samtidig med at den inddrager de vidensdomæner som vi anser for relevante for danske naturfagslærere.

Beskrivelsen har flere niveauer, og på det overordnede niveau (figur 2) er der tale om en temmelig generel model hvor kun forkortelserne NOS (Nature Of Science) og STS (Science-Technology-Society) henviser til det naturvidenskabelige domæne. I den efterfølgende udfoldning af de enkelte vidensdomæner/underdomæner er der derimod en tydeligere anknævnelse til naturfag. Beskrivelsen opererer inden for en emnedidaktisk forståelse af naturfagsdidaktik med et vist overlap til matematikdidaktik.

### De overordnede vidensdomæner

Vores model som kan ses på figur 2, er baseret på de fire vidensdomæner som indtager en central plads i figur 1. I modellen benævnes de fire domæner: "Almendidaktisk viden", "Faglig viden", "PCK" samt "Kontekstviden" (kontekstviden er underinddelt i "Den nære kontekst", dvs. viden om elever og den nære skolekontekst, samt "Den bredere kontekst", dvs. uddannelse, ungdomskultur og samfundsforhold). I sin udformning er modellen en hybrid af modeller præsenteret af (Carlsen, 1999) og (Abell, 2007). De fire vidensdomæner er principielt ligestillede, men vidensdomænerne "Almendidaktisk viden", "Faglig viden" og "PCK" må etableres og fortolkes inden for rammerne af viden om den nære og større kontekst. I modellen har vi derfor indlejret disse elementer i en ramme af "Kontekstviden".



Figur 2. Model for naturfagslærernes vidensgrundlag med særligt fokus på PCK.

På de underliggende niveauer indeholder modellen både elementer fra de internationale forlæg og nogle tilføjelser som vi anser for relevante i forhold til en aktuel dansk kontekst. Pilene i modellen er dobbelte og markerer en kompleks og gensidig påvirkning mellem vidensdomænerne. Vekselvirkningen mellem domænerne omtales også af Abell, fx i hendes diskussion af samspillet mellem "Faglig viden" og forskellige aspekter af PCK (s. 1117 ff.). Tilsvarende diskuterer hun samspillet mellem "Almendidaktisk viden" og PCK, og hun opsummerer:

I believe that more attention must be paid to the interaction of pedagogical knowledge with PCK – for example the role of caring, classroom management, or general learning views – in how teachers teach science. (Abell, 2007b, s. 1121).

Modellen udpeger forskellige vidensdomæner som den kompetente lærer må have indsigt i for at kunne agere hensigtsmæssigt i forhold til undervisningen i de naturvidenskabelige fag. Modellen siger derimod intet om at den optimale videnskonstruktion hos den enkelte lærer endside en hensigtsmæssig læreruddannelse er struktureret efter netop disse distinkte kasser.

### **PCK som et selvstændigt vidensdomæne**

PCK er i den grafiske fremstilling (figur 2) sidestillet og i gensidig påvirkning med "Almendidaktisk viden" og "Faglig viden". Ved denne præsentation har vi foregrebet en nødvendig diskussion om vidensområdernes relative status og natur. Er det meningsfyldt at opfatte PCK som et selvstændigt vidensdomæne, eller består PCK af en sammensmeltning af elementer fra de øvrige domæner?

Argumentationen for at opfatte PCK som selvstændigt vidensdomæne henter bl.a. belæg fra didaktik-historiske studier. I en parallel diskussion omkring fagdidaktik som et selvstændigt fagområde konkluderer Ongstad således:

Det finnes både teoretiske argumenter og empirisk belegg for at fagdidaktikk vokser ut av en problematisering av konkrete kunnskapsområder som er under endring, snarere enn å være en direkte kombinasjon av fagkunnskap og allmenndidaktikk. (Ongstad, 2006, s. 35).

Sjøberg redegør i samme antologi for hvorledes naturfagsdidaktikken i Norden er opstået (Sjøberg, 2006). Hans beskrivelse matcher tilsvarende beskrivelser fra andre dele af verden – og svarer indholdsmæssigt til Ongstads mere generelle konklusion. Fagdidaktikken er tværfaglig på en måde som gør det til et selvstændigt fagfelt. Det er en naturlig konsekvens heraf at PCK ikke bare er summen af "Almendidaktisk viden" og "Faglig viden", men et selvstændigt område.

I en mere metadidaktisk diskussion af PCK-begrebet forholder Gess-Newsome sig til samme problematik idet hun lancerer forestillingerne om PCK som enten en *integration* eller en *transformation* af de øvrige vidensdomæner (Gess-Newsome, 1999). Hun anvender en fysik-kemi-analogi til beskrivelsen af forskellen idet hun beskriver integration som en blanding af komponenter som ikke ændres ved processen, mens transformation modsvarer en kemisk reaktion hvor der dannes noget nyt ud fra de indgående komponenter. Gess-Newsome konstaterer at bidragyderne til antologien om PCK positionerer sig i et midterfelt hvor de både inddrager elementer af integration og transformation. Med Gess-Newsomes ord:

PCK then is a unique domain that does not totally subsume all other knowledge, allowing for distinctions within and across domains. (Gess-Newsome, 1999, s. 11).

Under ét indikerer bidragene i bogen at vidensområdet PCK dels integrerer elementer fra den almene didaktik og naturvidenskabelige fag, dels transformerer sådanne til ny viden, samtidig med at det indeholder en egenproduceret viden uden reference til de andre vidensområder. Især det sidste forhold berettiger at PCK betragtes som et selvstændigt vidensdomæne, mens de første udelukker at PCK opfattes som det eneste relevante vidensdomæne for naturfagsundervisere. Lærere er nødt til at være i besiddelse af viden inden for alle modellens domæner.

## En beskrivelse af de enkelte vidensdomæner

I det følgende vil der være en mere detaljeret beskrivelse af de elementer der indgår i modellen for lærernes vidensgrundlag. Hovedvægten vil blive lagt på PCK og de underdomæner der indgår i PCK. Andre vidensdomæner vil dog også blive kommenteret i de tilfælde hvor domænet kan forekomme uklart, eller hvor det er indført som et led i vores tilpasning af modellen til en dansk kontekst.

Indledningsvist skal det dog slås fast at de konkrete eksempler på hvad lærerne med fordel kunne have af viden inden for de enkelte underdomæner, skal ses som vores tentative forslag baseret på naturfagsdidaktikkens socialt etablerede viden. I den forstand har det konkrete udvalg karakter af kvalificerede forslag uden at være normativt. Vi har forsøgt at antyde hvilke *typer af indsigter* naturfagslærere med fordel kan besidde – men foreskriver hverken et entydigt korresponderende pensum eller bestemte veje for lærernes videnstilegnelse.

### PCK

Der indgår fire underdomæner i PCK: "Elevforudsætninger", "Curriculumkendskab", "Faglige undervisningsstrategier" og "Faglig evaluering". Disse kan genfindes i flere af de internationale fremstillinger af PCK. Derudover har vi inkluderet "Fagets be-



grundelser” som indgår i flere fremstillinger (fx Carlsen, 1999; Grossman, 1990), og et nyt domæne som vi benævner “Faget i samspil”. Sidstnævnte domæne kan ses som et videns- og kvalifikationsmæssigt modsvar på det forandringspres som de nye læreplaner lægger på lærerne. På gymnasialt niveau har 2005-reformen via naturvidenskabeligt grundforløb, almen studieforberedelse, studieområdet og studieretningsopgaver aktualiseret ikke kun en indholdsmæssig dialog mellem fag, men også en samtænkning af fagenes potentiale og mulige bidrag til en integreret undervisning. Den tilsigtede fagforsikrende fagoverskridelse er kun mulig hvis lærerne har viden om samspilsmuligheder og andre fags indhold og perspektiv. Sådanne betragtninger har fået os til at inddrage kategorien om “Faget i samspil” som et element i en dansk udgave af PCK.

Det kan i øvrigt diskuteres om domænet er en egentlig nyskabelse, idet Shulman allerede i den oprindelige artikel inkluderede “the lateral curriculum” i sin beskrivelse af “curricular knowledge”. Han skriver således:

This lateral curriculum knowledge (...) underlies the teacher’s ability to relate the content of a given course or lesson to topics or issues being discussed simultaneously in other classes [samme elever]. (Shulman, 1986, s. 10).

Som det fremgår af ovenstående, lægger Shulman stor vægt på at lærerne har et indholdsmæssigt kendskab til de øvrige fag i elevernes uddannelse.

“Elevforudsætninger” i forhold til faget henviser i traditionel forstand til et kendskab til elevers hverdagsforestillinger og læringsvanskeligheder både i faget generelt og inden for specifikke stofområder (Sjøberg, 2005, kap. 8). Elevforudsætninger kan også handle om elevernes hverdagstænkning (Paludan, 2000), hverdagens tale- og synsmåder og de værdier som eleverne tager med ind i undervisningen. Netop i naturfag kan elevernes værdier udgøre en barriere i forhold til elevernes tilegnelse af faget (Krogh, 2006; Scott, 2005). Endelig er det selvsagt relevant at være vidende om elevers emnemæssige præferencer, herunder de kønsspecifikke præferencer (fx Schreiner, 2006).

“Curriculum-kendskab” består i at have et bredt kendskab til pensum og de materialer der kan være relevante i forhold til undervisningen i et fag på et bestemt alderstrin. Shulman betoner desuden betydningen af at have kendskab til “alternative curriculum”, dvs. viden om hvorledes et bestemt undervisningsindhold kan udmøntes på en alternativ måde fx gennem andre tilgange og lærebogssystemer. Curriculum-kendskab omfatter derfor også viden om forskellige kognitive krav og niveauer (Shayer & Adey, 1981, s. 87-103) samt en bevidsthed om hvorledes forskellige aspekter vægtlægges i det pågældende curriculum (“curriculum emphasis”, Roberts, 1988), kombineret med en indsigt i hvorledes det pågældende curriculum kan bidrage

til de unges dannelse, “scientific literacy” (Deboer, 2000). Shulman pointerer tillige vigtigheden af at læreren har et “vertikalt” curriculum-kendskab (Shulman, 1986, s. 10), dvs. kendskab til forudgående og efterfølgende undervisning i faget. Et “vertikalt” curriculum-kendskab er helt uundværligt hvis man skal minimere overgangsproblemerne i det danske skolesystem – en problemstilling som for tiden har høj politisk prioritet.

“Faglige undervisningsstrategier” kan ifølge Magnusson et al. (Magnusson et al., 1998) inddeles i to underkategorier: dels de strategier der kan anvendes i forhold til alle naturfaglige emner, dels de strategier der er hensigtsmæssige i forhold til bestemte emner eller områder inden for et fag (Magnusson et al., 1998). Generelle undervisningsstrategier der kan være hensigtsmæssige i forhold til undervisningen i naturfag, kan omfatte kendskabet til forskellige former for læringscykler og deres anvendelse i naturfagsundervisningen, fx CASE (Adey & Shayer, 1994), CLIS (Goldbech & Thomsen, 1992) eller særlige sekvenser såsom “Forudsig-Observer-Forklar”. Der kan også være tale om en særlig tilgang til eksperimentelt arbejde, fx gennem en inddragelse af “autentiske” problemstillinger (Dolin, Bangsgaard, Rasmussen & Trinhammer, 2001; Roth, 1995) eller et undervisningsdesign baseret på en analyse af elevers fagligt funderede “learning demands” kombineret med en kommunikativ tilgang (Scott, 2005). Der kan også være tale om en strategi hvor undervisningen er baseret på socio-naturvidenskabelige problemstillinger og argumentation for derigennem at bidrage til udviklingen af Scientific Literacy (fx Ratcliffe & Grace, 2003). De mere indholdsspecifikke strategier kan omfatte viden om hvorledes konkrete aktiviteter, materialer, analogier og repræsentationer kan støtte elevernes læring af et specifikt fagligt indhold. Det kan fx være et eksperiment der stimulerer elevernes læring gennem en kognitiv konflikt, eller et computerværktøj der giver mulighed for at opbygge matematiske modeller af konkrete fænomener, eller et struktureret undervisningsforløb (“teaching sequence”) udviklet med henblik på elevernes forståelse af et specifikt begreb (fx Scott, 2005).

“Faglig evaluering” er et vidensdomæne som aktuelt er blevet opprioriteret i det danske skolesystem. Undervisningsministeriet har med sine bestræbelser på at skabe en “evalueringskultur” forøget både betydningen, omfanget og diversiteten af faglig evaluering. Intensiveringen skyldes bl.a. de tilbagevendende internationale præstationsmålinger (PISA), indførelsen af nationale test i folkeskolen, offentliggørelse af testresultater på skolebasis, mere fokus på karaktergivning, brugen af diagnostiske test samt en større opmærksomhed på løbende evaluering. Oven i dette har man redefineret de faglige evalueringskriterier så læringsmålene nu formuleres i kompetencetermer som skal danne grundlag for en karaktergivning. Endelig er der på alle niveauer i uddannelsessystemet indført nye evalueringsformater såsom portfolio, synopsis og netbaserede multiple-choice-opgaver.

Den summative evaluering forudsætter et detaljeret kendskab til hvad der skal evalueres (læringsmål og standarder), og hvordan evalueringen skal foretages (det anvendte testformat og opgavetyper). I forbindelse med mundtlig eksamen skal læreren kunne konstruere spørgsmål som giver mulighed for en valid vurdering af elevernes viden og kunnen i forhold til de beskrevne læringsmål. En sådan evaluering vil have konsekvenser for planlægning og afvikling af den daglige undervisning idet læreren vil stræbe efter at eleverne får tilegnet sig de kompetencer der evalueres, samtidig med at flere test vil indgå i undervisningen så eleverne bliver fortrolige med testformatet. Den faglige evaluering vil således blive flettet sammen med og have indflydelse på de faglige undervisningsstrategier. Noget tilsvarende gør sig gældende for formativ evaluering som pr. definition er løbende og bør indgå som en integreret del af undervisningen (Black & Wiliam, 1998). Her gælder det om at have strategier for: Hvilke typer af respons på skriftlige rapporter er de mest produktive og formative? Hvordan indgår responsgivning fra læreren eller andre elever bedst i et projektforsløb? Hvordan kan en bevidst brug af feedback bidrage positivt til elevernes faglige selvværd og motivation?

“Fagets begrundelser”. Vi opfatter det som uhyre væsentligt at den enkelte naturfaglærer har et argumenteret og velbegrundet bud på hvorfor en given elevgruppe skal undervises i det fag som læreren underviser i. Mange vil formentlig kunne finde sig selv i nedenstående argumenter for at der skal undervises i naturfag. Argumenterne er oprindeligt formuleret af Driver et al. (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996), men de diskuteres også i Svein Sjøbergs bog *Naturfag som almendannelse* (Sjøberg, 2005).

- Økonomi-argumentet (personligt, samfundsmæssigt)
- Nyttевærdi for den enkelte i hverdagen
- Demokrati-argumentet (borgerskab, deltagelse i beslutningsprocesser, mindre personlig fremmedgørelse, samfundsmæssig sammenhængskraft)
- Kulturargumentet (naturvidenskaben som kultur og som bidrag til kulturen)
- Det moralske argument (at naturfagsundervisningen kan være med til at fremme værdier som den enkelte (og samfundet) kan være tjent med).

De to første argumenter er indlysende instrumentalistiske mens de øvrige giver rum for en dannelsesmæssig tænkning. Når lærerne skal begrunde hvorfor der skal undervises i et bestemt naturfag, kan det være hensigtsmæssigt at læreren har kendskab til hovedtrækkene i den historiske udvikling i forhold til fagets begrundelser for derigennem at have en fornemmelse af dynamikken og de modstridende interesser der kan være på spil i forhold til en sådan diskussion (Deboer, 2000; Aikenhead, 2006, s. 31 ff.).

“Faget i samspil”. Interdisciplinaritet kendetegner store dele af den aktuelle forskning og vidensproduktion, og interdisciplinaritet synes at være blevet et ideal for organisering af elevers vidensstilegnelse – fagligt samspil fremstår således som et mantra inden for nyere dansk uddannelsestænkning. På det grundlag øges behovet for at lærerne har en viden om hvordan naturfagene produktivt kan indgå i samspil med hinanden og med andre fag. Ifølge forskningslitteraturen (fx Czerniak, 2007) ved man overraskende lidt om naturen af og den optimale struktur for faglige samspil, men man er vidende om en række forhold der har afgørende betydning for et vellykket samspil. På indholdssiden er det relevant at læreren har kendskab til konkrete emner, temaer og problemfelter hvor faget meningsfuldt kan bringes i dialog med andre fag. “Samspilsviden” omfatter imidlertid også viden om ligheder og forskelle i fagenes metodiske tilgange, såsom deres brug af empiri og argumentationsteknik, samt deres anvendelse af forskellige undervisningsformer. Kun gennem et sådant kendskab til de øvrige fag i fagrækken har lærerne mulighed for at afgøre om de enkelte læringsmål bedst kan opfyldes gennem enkeltfaglige, flerfaglige eller tværfaglige forløb. Det har i den forbindelse betydning om det faglige samspil skal tjene til belysning af en integreret problemstilling, eller om det skal skabe en metafaglig bevidsthed om fagene i forhold til hinanden.

### Faglig viden

For Shulman og samarbejdspartnere er der ingen principiel forskel på den viden der er grundlaget for videnskabsfaget, og den viden der er grundlaget for undervisningsfaget. Grossman skriver således at den faglige viden der er “central to teaching is also knowledge that is central to “knowing” a discipline” (Grossman et al., 1989, s. 24). For Shulman indgår det i PCK at kunne foretage selektion og bearbejdning af videnskabsfagets viden. Synspunktet diskuteres af bl.a. Deng (2004), og diskussionen er i allerhøjeste grad relevant, især når det drejer sig om uddannelsen af gymnasielærere.

Størstedelen af den internationale litteratur om PCK (efter Shulman) opdeler den faglige viden i to komponenter: *substantive* og *syntactic knowledge*. Den substantive viden omfatter fagets produkter, altså dets vidensstruktur, begreber, love m.m. Syntaktisk viden omfatter væsentlige dele af naturvidenskabens epistemologi, nemlig “how one comes to know”, som ifølge Hofer både omfatter kilderne og de processer der fører til viden, samt et metaperspektiv i forhold til fagene (Hofer, 2001). I vores tilpasning af PCK til en dansk kontekst har vi valgt at foretage en yderligere opsplnitning af syntaktisk viden i to komponenter: “Naturvidenskabens/fagets processer” (hvordan man arbejder inden for faget, fx hvordan et eksperiment planlægges og udføres) og “Metaperspektiver” (bl.a. refleksioner over The Nature of Science (NOS) og Science-Technology-Society (STS)). NOS omfatter både videnskabsteori,

-filosofi og -sociologi mens STS omhandler fagenes teknologiske og samfundsmæssige aspekter.

Opdelingen af den syntaktiske viden er i overensstemmelse med den kompetenceopdeling som blev introduceret af Dolin et al., hvor der sondres mellem faglige kompetencer knyttet til fagets processer (modellerings-, eksperimentel/empiri- og repræsentationskompetence) og evnen til perspektivering af faget (Dolin et al., 2003). En sådan opdeling er også relevant i forhold til de faglighedskrav der er indført i gymnasiet i forbindelse med 2005-reformen: Groft forenklet kan man sige at man har henlagt arbejdet med de fælles naturvidenskabelige processer til faget naturvidenskabeligt grundforløb (NV) mens en kraftigt forøget metafaglighed er indlejret i faget almen studieforberedelse (AT).

### **Almendidaktisk viden**

Kategorierne i det almenidaktiske vidensdomæne svarer stort set til kategorierne i Abells model (Abell, 2007a). For at tilpasse modellen til en dansk kontekst har vi dog foretaget ændringer på to områder. Vi har på baggrund af kravene om øget tværfaglighed indført "Tværfagligt samarbejde" som et alment modstykke til PCK-elementet "Faget i samspil". Derudover har vi redefineret Abells kategori "classroom management" til "Kultur og relationer i klasserummet". Dette er gjort ud fra en idealforestilling om at danske lærere primært udøver deres klasserumsledelse via kultur- og relationsarbejde. Disse aspekter af det senmoderne lærerarbejde er fremhævet af bl.a. (Ziehe, 1989), og det er i den forbindelse centralt at have viden om hvorledes relationer og kulturen i klasserummet kan fremme selvværd, deltagelse og samhørighed samt bidrage til etableringen af standarder for relevans, arbejdsindsats osv. Viden om læreren som en "betydningsbærende anden" (fx Tønnes Hansen, 2001) eller "tourist-guide/travel-agent" (Jegade & Aikenhead, 1999) er andre eksempler på almenidaktiske indsigter som adresserer relationsarbejdet i forhold til de unge og behovet for et sociokulturelt syn på læring/undervisning.

### **Kontekstviden**

Viden om konkrete elever/studerende, den nære skolekontekst og det lokale miljø er en grundlæggende forudsætning for at de øvrige vidensdomæner kan bringes i spil på hensigtsmæssig vis. Viden om den nære skolekontekst inkluderer kendskab til faglokaler, materiale- og apparaturbestand, resurser og skoleforankrede sædvaner i forhold til fx ekskursioner samt holdningen til fagligt og tværfagligt samarbejde. Viden om den fjernere kontekst har ikke på samme måde direkte indflydelse på gennemførelsen af den daglige undervisning, men uden en sådan viden vil læreren have svært ved at dannelsesrette og reflektere sin egen praksis.

## Etablering af lærerens vidensgrundlag

Ifølge Shulman (1986) har lærerne behov for forskellige *former* for viden inden for hvert af de omtalte vidensdomæner. Disse former åbner samtidig op for forskellige veje til at etablere et relevant vidensgrundlag. Shulman selv diskuterer tre sådanne vidensformer: “propositional knowledge”, “case knowledge” og “strategic knowledge”. “Propositional knowledge” er i stor udstrækning baseret på forskning og omhandler eksplicitte regler, fortolkningsmønstre og teorier der kan være med til at forklare og organisere hvad der foregår i undervisningen. Shulman skriver om “propositional knowledge”:

They gain their economy precisely because they are decontextualized, stripped down to their essentials, devoid of detail, emotion or ambience. (Shulman, 1986, s. 11).

Denne form for viden er sædvanligvis dominerende i lærebøger og undervisning inden for naturfagsdidaktik. Derudover skal lærerne ifølge Shulman have en form for “case knowledge” bestående af veldokumenterede, kontekstrige og reflekterede beskrivelser af konkret undervisningspraksis. “Case knowledge” kan således godt etableres med udgangspunkt i andres praksis hvorimod den tredje vidensform “strategic knowledge” først og fremmest må udvikles gennem egen praksis. Denne vidensform omfatter ifølge Shulman en form for reflektiv opmærksomhed der bidrager til en overskridelse af konkrete principper og situationer. Shulman skriver at “Strategic knowledge must be generated to extend understanding beyond principle to the wisdom of practice” (Shulman, 1986, s. 13).

Vi er enige med Shulman i at relevant viden kan have meget forskellig karakter – og ser hans vidensformer som et argument for at naturfagslæreres vidensgrundlag (og kompetence) bedst etableres i et reflekterende samspil mellem teoretisk/forskningsmæssige praksisbeskrivelser og praksisudfoldelse.

## Fra viden til kompetence

Med valget af PCK-begrebet som udgangspunkt har vi i artiklen bevidst fokuseret på viden og lærernes vidensgrundlag. Et hyppigt anført kritikpunkt i diskussionen af PCK-begrebet knytter sig hertil idet *viden* i Bloomsk forstand henholder sig til det laveste taksonomiske niveau. Der synes at være langt til *anvendelse* og evt. *transformation* af viden – ultimativt i form af kompetent handlen i en undervisningsmæssig situation. Kritikpunktet vedrører således principielt forholdet mellem vidensgrundlag (og undervisningsmæssig) kompetence. Mere generelt kan man sige at PCK-begrebet aktualiserer to spørgsmål:

1. Hvad er den kompetente naturfaglærers vidensgrundlag?
2. Hvordan bidrager vidensgrundlaget til de kompetencer som en lærer bør være i besiddelse af?

Det første spørgsmål har vi med denne artikel søgt at give et egentligt bud på mens vi her kun har mulighed for at antyde en forståelsesramme for det andet, mindst lige så væsentlige spørgsmål. Først og fremmest er der påpegningen af at kompetence i stor udstrækning er baseret på viden. I nogle nyere skrifter defineres kompetence som "Indsigtsfuld parathed til at handle hensigtsmæssigt i situationer ..." (UVM, 2002) og "Evne og vilje til handling, alene og sammen med andre, som udnytter naturfaglig undren, 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). Det giver derfor mening at tale om *PCK* og "*Faglig viden*" som de fagnære videnselementer der er udgangspunktet for en etablering af naturfaglærernes kompetence.

Dolin et al. (2003) har, med udgangspunkt i bl.a. Biggs & Collins (1982), formuleret en kompetence-taksonomi som forbinder kompetence med evne til vidensinddragelse. Ved at overføre denne taksonomi til artiklens felt er det muligt at formulere lærerkompetencens *kognitive side* i niveauer:

1. Situeret beherskelse af enkeltdele (inden for det enkelte vidensdomæne)
2. Situeret beherskelse af sammenhænge (sammenkædning af enkelt-elementer på tværs af vidensdomæner)
3. Situeret beherskelse af overgribende sammenhænge (fx konsistens, konsekvens, progression ...)
4. Evne til overskridelse og perspektivering af det umiddelbare og situerede.

Det fremgår af denne kompetence-taksonomi at evnen til integration og transformation er afgørende markører for en persons kompetenceniveau. Første trin svarer til et simpelt vidensniveau og udtrykker et fravær af evne til at integrere, andet og tredje trin er i stigende grad integrerende, mens fjerde trin udtrykker evnen til at transformere viden og inddrage den i nye sammenhænge. Fra en kognitiv synsvinkel kan lærerkompetencen ses som *evnen til* at anvende, integrere og transformere viden fra forskellige vidensdomæner til en konkret kontekst – således at undervisningens faglige mål, og de studerendes/elevernes udvikling tilgodeses – hvilket kræver en *vilje til* at handle i overensstemmelse med den erhvervede viden. *Vidensgrundlaget* samt lærerens *evne* og *vilje* i forhold til at håndtere den pågældende viden indgår således som tre centrale komponenter i forhold til en udvikling af lærernes kompetencer.

En anden taksonomi som kobler kompetence og viden, er udviklet af Bowden & Marton (1998). Her sammenkædes viden yderligere med praktisk undervisningsformen og et professionsperspektiv i fire "levels of competence". I denne taksonomis forstand tager nærværende artikel sit udgangspunkt i et *additivt* syn på kompetence (niveau 2) med henblik på at kvalificere overgangen til de højere *integrative* og *holistiske* kompetenceniveauer. På det sidste niveau væves viden og kunnen sammen med lærerintentionalitet og et professionsperspektiv. Dybest set indfører det sidste niveau den vigtige pointe at det ikke er nok at vide og kunne – men at lærernes meningsfylde og villen er af afgørende betydning for kompetent ageren. Dermed er vi tilbage ved den tidligere introducerede diskussion af "*orientations towards teaching science*" som tidligere blev "forvist" fra vidensgrundlaget. De er ikke en del af vidensgrundlaget, men udgør et personligt filter for dette – og filtrerer i høj grad hvordan viden og kunnen bliver til handling. Pointen er da at en lærers undervisningskompetence ikke alene afhænger af lærerens vidensbase; den er også betinget af om læreren er i besiddelse af et adækvat syn på læring og undervisning. Enhver læreruddannelse må således forholde sig kritisk til spørgsmålet om hvor og hvordan et sådant syn etableres.

## Opsummering og perspektivering af artiklens bidrag

I artiklen har vi foretaget en karakterisering af de vidensdomæner der er centrale for en lærers kompetente ageren i en undervisningssituation. I modellen er Pedagogical Content Knowledge (PCK) en central komponent som her er blevet ajourført og elaboreret i forhold til en dansk kontekst. Vi har argumenteret for at PCK opfattes som et selvstændigt vidensdomæne der indgår i et samspil med de øvrige vidensdomæner. Vi har også redegjort for hvorledes PCK i samspil med de øvrige domæner udgør vidensgrundlaget for naturfaglig lærerkompetence.

Det har været vores mål at udvikle en model for naturfagslærernes vidensgrundlag der kan anvendes som redskab til analyse af lærernes uddannelse og arbejde. Det er vores opfattelse at den præsenterede model kombineret med en forståelse af samspillet mellem viden og kompetencer vil kunne fungere som et velegnet afsæt for en sådan analyse. Vi vil derfor afslutningsvis komme med forslag til hvorledes den præsenterede model kan bidrage med et strukturelt henholdsvis et indholdsmæssigt blik i forhold til en analyse af en naturfaglig læreruddannelse.

I den strukturelle analyse vil det være relevant at undersøge hvordan og i hvilket omfang de enkelte vidensdomæner indgår i læreruddannelsen. Undervises der eksplicit i de enkelte domæner, og i hvilket omfang er undervisningen separat eller integreret i andre fag? Inddrages de forskellige vidensformer på hensigtsmæssig vis i uddannelsen? Hvilke uddannelseselementer understøtter en integration og/eller en transformation af de enkelte vidensdomæner i forhold til udviklingen af en praksisrettet lærerkompetence? Hvordan er samspillet mellem etableringen af et videns-



grundlag, et læringssyn og en undervisningspraksis? I hvilket omfang er det overladt til den studerende/novice-læreren at integrere og transformere den erhvervede viden så den kan indgå i en praktisk undervisningssammenhæng?

Den indholdsmæssige analyse vil være baseret på læreplaner og uddannelsesbeskrivelser (CKF'er<sup>4</sup> for fagene i læreruddannelsen og pædagogikumbeskrivelsen), og det beskrevne indhold vil kunne analyseres i forhold til de vidensdomæner der er beskrevet i modellen. Uden at være normativ vil en sådan analyse kunne danne udgangspunkt for en drøftelse af om den pågældende læreruddannelse har det optimale indhold, og det vil kunne diskuteres om uddannelsen vægter de enkelte vidensdomæner på en hensigtsmæssig måde<sup>5</sup>.

Det vil være relevant at foretage en sådan tosidet analyse af såvel eksisterende som påtænkte naturfaglige læreruddannelser da det ville kunne bidrage til forståelsen og indsigten i de pågældende uddannelsers styrker og svagheder. Det vil også være relevant at anlægge et sammenlignende blik i forhold til forskellige læreruddannelsers struktur og indhold. Der er som bekendt stor forskel på en gymnasie- og en folkeskolelærers uddannelsesbaggrund. Hvor gymnasielæreruddannelsen har sin tyngde inden for domænet "Faglig viden" med særligt fokus på "Fagenes produkter", har folkeskolelæreruddannelsen i højere grad fokus på "Almendidaktisk" og PCK. En mere dybtgående sammenligning vil kunne foretages ud fra den præsenterede model. Modellen vil gøre det nemmere at konkretisere og fastholde de uddannelsesmæssige forskelle hvorved det vil være muligt at diskutere hvorvidt disse forskelle er hensigtsmæssige og/eller uomgængelige. Dertil kommer at modellens internationale forankring gør det muligt at foretage sammenligninger af læreruddannelser på tværs af landegrænser.

Det er endvidere vores opfattelse at modellen kan bruges som udgangspunkt for empiriske studier af naturfagslæreres undervisningspraksis samt en analyse af lærernes opfattelser af naturfagsundervisningen. I den forbindelse agter vi at bruge modellen som udgangspunkt for en analyse af lærernes fagopfattelse, læringsopfattelse og begrundelser for at der skal undervises i de forskellige naturvidenskabelige fag. Denne analyse indgår i en undersøgelse af gymnasielæreres forestillinger om fag, læring og undervisning foretaget umiddelbart inden gymnasiereformens ikrafttrædelse i 2005.

4 Centrale kundskabs- og færdighedsområder.

5 En indholdsmæssig analyse kan samtidig tjene som validering af vores model idet det bliver synligt om centrale elementer i de allerede eksisterende uddannelser falder uden for modellens rammer. I givet fald må vi selvfølgelig justere denne.

## Referencer

- Abell, S.K. (2007b). Research on Science Teacher Knowledge. I: S.K. Abell & N.G. Lederman (red.), *Handbook of Research on Science Education* (s. 1105-1149). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Adey, P. & Shayer, M. (1994). *Really Raising Standards: Cognitive Intervention and Academic Achievement*. London: Routledge.
- Aikenhead, G. (2006). *Science Education for Everyday Life – evidence-based practice*. New York: Teachers College Press.
- Andersen, N.O., Busch, H., Horst, S. & Troelsen, R. (2003). *Fremtidens Naturfaglige Uddannelser – Bd. 1: Strategiplan 2003-2008 og videre frem*. København: Undervisningsministeriet.
- Biggs, J. & Collins, K. (1982). *Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy*. New York: Academic Press.
- Black, P. & Wiliam, D. (1998). Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education*, 5, s. 7-75.
- Bowden, J. & Marton, F. (1998). *University of Learning – Beyond Quality and Competence in Higher Education*. London: Kogan Page.
- Carlsen, W.S. (1999). Domains of teacher knowledge. I: J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (red.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education* (s. 133-144). Kluwer Academic Publishers.
- Czerniak, C.M. (2007). Interdisciplinary Science Teaching. I: S.K. Abell & N.G. Lederman (red.), *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Deboer, G.E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, s. 582-601.
- Deng, Z. (2004). Subject Matter Knowledge of a Discipline of Science and Subject Matter Knowledge for Teaching a School Science Subject. I: Paper presented at the AERA 2004 Annual Meeting, San Diego, april 2004.
- Dolin, J., Krogh, L. & Troelsen, R. (2003). En kompetencebeskrivelse af naturfagene. I: H. Busch, S. Horst & R. Troelsen (red.), *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser* (s. 59-142). København: Undervisningsministeriet.
- Dolin, J.V., Bangsgaard, T., Rasmussen, A.B. & Trinhammer, O. (2001). *Autentisk fysik*. København: Roskilde Universitetscenter.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young peoples' images of science*. Open University Press.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical Content Knowledge: An introduction and orientation. I: J. Gess-Newsome & N. Lederman (red.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education* (s. 3-17). Hingham, MA, USA: Kluwer Academic Publishers.

- Goldbech, O. & Thomsen, P.V. (1992). Undervisning på folkeskoleniveau – med konstruktivistisk synsvinkel. I: H. Nielsen & A.C. Paulsen (red.), *Undervisning i fysik – den konstruktivistiske ide* (s. 55-72). København: Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag.
- Grossman, P.L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Hofer, B.K. (2001). Personal epistemology research: Implications for learning and teaching. *Educational Psychology Review*, 13, s. 353-383.
- Jegede, O. & Aikenhead, G. (1999). Transcending Cultural Borders: implications for science teaching. *Research in Science & Technological Education*, 17, s. 45-66.
- Krogh, L.B. (2006). "Cultural Border Crossings" within the physics classroom – a cultural perspective on youth attitudes towards physics. Århus: Steno Department for Studies of Science and Science Education.
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1998). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. I: J. Gess-Newsome & N. Lederman (red.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education* (s. 95-132). New York: Kluwer Academic Publishers.
- Niss, M. et al. (2002). *Kompetencer og matematiklæring*. København: Undervisningsministeriet.
- Ongstad, S. (2006). Fag i endring. Om didaktisering af kunnskap. I: S. Ongstad (red.), *Fag og didaktikk i lærerutdanning – kunnskap i grenseland* (s. 19-57). Oslo: Universitetsforlaget.
- Paludan, K. (2000). *Videnskaben, Verden og Vi*. Århus: Aarhus Universitetsforlag.
- Ratcliffe, M. & Grace, M. (2003). *Science Education for Citizenship – Teaching Socio-Scientific Issues*. Maidenhead, Philadelphia: Open University Press.
- Roberts, D.A. (1988). What counts as science education? I: P. Fensham (red.), *Development and Dilemmas in Science Education* (s. 27-54). London: Falmer Press.
- Roth, W.-M. (1995). *Authentic School Science: knowing and learning in open-inquiry science laboratories*. Kluwer Academic Publishers.
- Schnack, K. (2000). Faglighed, undervisning og almen dannelse. I: H.J. Kristensen & K. Schnack (red.), *Faglighed og undervisning* (s. 11-29). København: Gyldendal.
- Schreiner, C. (2006). *Exploring a ROSE-garden: Norwegian youth's orientations towards science – seen as signs of late modern identities*. Oslo: Faculty of Education, University of Oslo.
- Scott, P. (2005). Planning science instruction: from insights to learning to pedagogical practice. I: Paper presented at the International Science Education Research Congress, Granada Spain, september 2005.
- Shayer, M. & Adey, P. (1981). *Towards a science of science teaching*. London: Heinemann.
- Shulman, L.S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15, s. 4-14.
- Sjøberg, S. (2006). Naturfag i skole og samfunn: en tverrfaglig historie. I: S. Ongstad (red.), *Fag og didaktikk i lærerutdanning* (s. 61-84). Oslo: Universitetsforlaget.

- Sjøberg, S. (2005). *Naturfag som almendannelse – En kritisk fagdidaktik*. Århus: Forlaget Klim.
- Tønnes Hansen, J. (2001). *Selvet som rettethed*. Århus: Forlaget Klim.
- Undervisningsministeriet. (2002). *Kompetencer og matematiklæring. Idéer og inspiration til udvikling af matematikundervisningen i Danmark*.
- Van Driel, J.H., Verloop, N. & de Vos, W. (1998). Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, s. 673-695.
- Ziehe, T. (1989). *Ambivalenser og Mangfoldighed*. København: Politisk Revy.