
Læreres og lærerstuderendes forståelse af computationel tankegang i relation til matematikundervisningen: Et hermeneutisk litteraturinterview

Camilla Finsterbach Kaup, Ph.d.-studerende ved Institut for Kultur og Læring, Aalborg Universitet og Forskningsprogrammet Professionsudvikling og Uddannelsesforskning, lektor, Professionshøjskolen UCN, cmf@ucn.dk

Resume

Formålet med denne artikel er at undersøge eksisterende litteratur for at skabe overblik over viden, der relaterer sig til læreres og lærerstuderendes holdninger til og forståelse af begrebet *computational thinking* (CT) i relation til matematikfaget. Der er arbejdet ud fra en hermeneutisk forståelse i tilblivelsen af litteraturreviewet, og i alt indgår seks centrale tekster. Det identificeres, at lærerne og de lærerstuderende ofte ikke har kendskab til CT, og de mangler klare idéer til, hvordan det kan inddrages i undervisningen. Det ses derfor centralt, at lærerne og de lærerstuderende igennem kompetenceudvikling støttes i at udvikle brugen af CT gennem didaktiske faglige situationer, de kan relatere til egen undervisningspraksis. Ved at have fokus på kompetenceudvikling kunne der ses en ændring i deltageres forståelse af CT, særligt i relation til fagområdet matematik. Ligeledes var arbejdet med højniveau programmeringssprog med til at udvikle lærernes og de lærerstuderendes forståelse for CT og herunder også deres matematiske begrebsforståelse.

Nøgleord: matematik, folkeskolen, computational thinking, læreruddannelse, teknologiforståelse

Abstract

The purpose of this article is to examine the existing literature, and to provide an overview of the available knowledge relating to the perceptions and understanding of the concept of computational thinking (CT) in relation to mathematics. The work has been based on a hermeneutic understanding of the study of literature. A total of six key articles are included in this review. It is identified that teachers and preservice teachers often do not know what CT means, and they have no clear ideas about how they can integrate it into their teaching. For this reason, it is important that teachers and preservice teachers learn through personal development, and are encouraged to develop the use of CT and particularly in relation to their own teaching practice. By focusing upon personal development, there was a change in the participants' understanding of CT, particularly in relation to the field of mathematics. The work with the high-level programming language also helped to develop the teachers'

and the preservice teachers' understanding of CT, including their understanding of mathematical concepts.

Keywords: mathematics, primary and lower secondary school, computational thinking, teacher training, understanding of technology

Indledning

Nationalt og internationalt er der en voksende interesse for begrebet *computational thinking* (CT), hvilket ses både i uddannelsessektoren og i erhvervssektoren (Dansk Vækstråd, 2016; Bocconi, Chiocciariello, Dettori, Ferrari, & Engelhardt, 2016).

De tidligste erfaringer med CT spores tilbage til Logo-programmering, som blev udviklet af Seymour Papert og hans kolleger (Papert, 1980). Logo var designet til at understøtte matematikundervisningen, men man opdagede, at det også havde andre potentialer: "computer presence could contribute to mental processes not only instrumentally but in more essential, conceptual ways, influencing how people think even when they are far removed from physical contact with a computer" (Papert, 1980, s. 4).

Begrebet fandt senere stor anvendelse efter Jeanette Wings artikel "Computational Thinking" fra 2006. Ifølge Wing (2006) skal CT ses som en fundamental færdighed, som alle bør lære, og skal ses på højde med at lære at læse, skrive og regne. CT betragtes således som en væsentlig kompetence og en analytisk evne, som alle elever bør opnå for at klare sig i nutidens samfund (Wing, 2006), og som medvirker til, at de kan leve op til det 21. århundredes kompetencekrav fx *digital literacy* (Ananiadou & Claro, 2009). I henhold til at definere CT går problemløsning på tværs af litteraturen. Her er der en enighed om at beskrive CT som en problemløsningsstrategi, hvor et komplekst problem kan løses ved enten at trække på kendte strategier eller løse problemet blandt andet ved hjælp af dekomposition og abstraktion (Wing, 2008). Selby & Woollard (2013) har igennem et litteraturreview udledt en mere snæver definition af CT, som der i litteraturen er konsensus omkring: "computational thinking is a focused approach to problem solving, incorporating thought processes that utilize abstraction, decomposition, algorithmic design, evaluation, and generalizations" (Selby & Woollard, 2013, s. 5). Den mere snævre definition åbner for at kunne vurdere og arbejde mere specifikt med CT også i fagspecifikke fag. Ligeledes har Brennan & Resnick (2012) på baggrund af tidligere definitioner af CT udviklet en analyseramme for com-



putational thinking bestående af tre dimensioner. Den første dimension er "computational concepts", som dækker over fundamentale elementer, som der fx bruges under programmering, så som sekvenser, loops, betingelser etc. Den anden dimension er "computational practices", der er defineret ud fra de processer, som der deltages i, når der arbejdes med begreber som fx abstraktion og modellering, genbruger, tester, fejlsøger, deling af koder etc. Den sidste dimension, "computational perspectives", er relateret til at kunne udtrykke sig igennem medier, kollaboration og at stille spørgsmål til det, der arbejdes med, igennem problemløsning. Uden en forståelse for alle tre dimensioner kan det ifølge Bower et al. (2017) blive vanskeligt for lærere at hjælpe elever med at skabe en forståelse for og få succes med at arbejde med CT i fag. Den tredimensionelle analyseramme vil blive udfoldet og brugt undervejs i artiklen i relation til at analysere undersøgelsesernes brug af CT i matematikundervisningen.

CT i relation til matematik

Ifølge Gadanidis, Cendros, Floyd, & Namukasa (2017) er der en naturlig og historisk kobling mellem CT og det matematiske fagområde i form af logiske strukturer og evnen til at modellere matematiske problemer. Det ses desuden, at elever, der får lov til at undersøge naturvidenskabelige og matematiske fænomener ved brug af computationelle problemløsningsstrategier, som fx programmering, algoritmisk tænkning, og ved at skabe computationelle abstraktioner, kan få en dybere forståelse af fænomenerne (Caspersen, Iversen, Nielsen, Hjorth, & Musaeus, 2018; Pérez, 2018). Ifølge Pérez (2018) er *matematisk tænkning* (MT) den overordnede epistemologiske ramme for matematikundervisning og matematisk læring, som kan associeres med idéen om at tænke som en matematiker og deltage i matematiske praksisser. Når lærere har MT i fokus, går elever fra den mere traditionelle undervisning, hvor indholdet er i fokus, og der arbejdes efter faste procedurer, til at kunne demonstrere konceptuelle forståelser, ræsonnere statistisk, at genkende mønstre, tænke algebraisk, fremstille og løse problemer etc. (Pérez, 2018). Der kan ses paralleller mellem MT og CT, dog tilbyder CT en særskilt epistemologisk ramme for matematisk læring. CT er med til at fremhæve et fokus på produktive handlinger og deres rolle i at muliggøre effektive praksisser. Ved at fremhæve kernebegreber og praksisser fra CT i forbindelse med matematisk læring kan det hjælpe elever med at forstå matematiske begreber som noget, der også kan bruges inden for andre domæner end

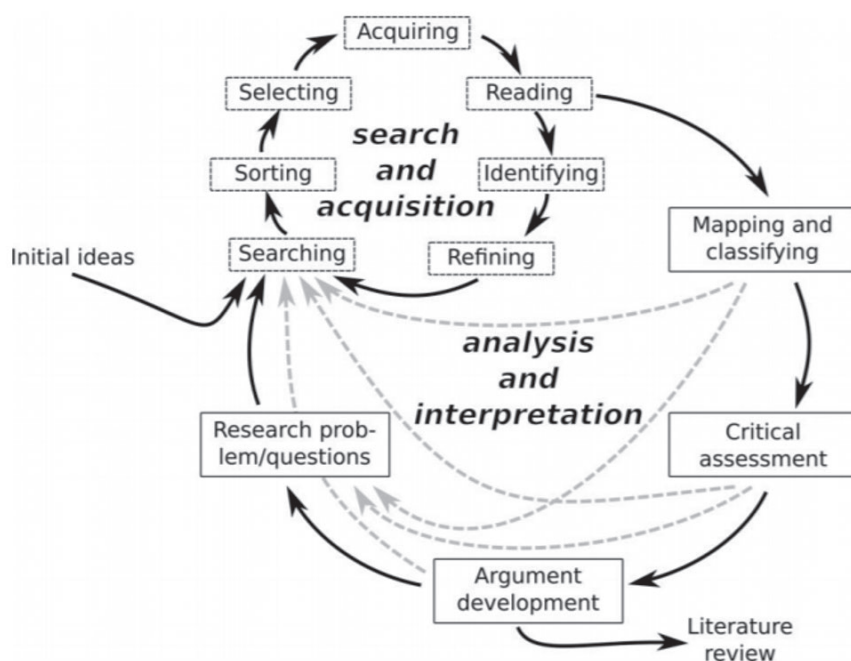
blot matematikken. Det er ikke hensigten, at CT med fokus på matematisk læring skal erstatte MT, men det giver elever mulighed for at arbejde med en større anvendelighed af matematiske idéer (Pérez, 2018). Et eksempel på dette kunne være, når elever bemærker forbindelser mellem en robots bevægelser og en række lineære funktioner. Her arbejder eleverne med en aktuel virkning (robotens bevægelse), hvor de igennem abstraktioner arbejder med deres begrebsforståelse af funktioner ved at undersøge og skabe argumenter for deres observationer (Pérez, 2018).

I mange af de tilgængelige undersøgelser med fokus på CT har hovedvægten ligget på elevers perspektiv (Barr & Stephenson, 2011; Yadav, Gretter, Good, & McLean, 2014). Mange af disse studier arbejder med at indkredse definitionen af CT og på at udvikle pædagogiske værktøjer, der kan fremme brugen af CT, men ofte har disse studier ikke haft fokus på læreres perspektiv (Bower et al. 2017). Der ses dog et øget behov for at have fokus på, hvordan lærere bliver kompetenceudviklet til at kunne understøtte elever i deres tilegnelse af CT, da det er et forholdsvist nyt fagområde, som mange lærere og lærerstuderende ikke kender til (Caspersen et al., 2018).

Nationalt er forskningen i forhold til CT yderst begrænset, dog er danske 8. klasse-elevers datalogiske tænkning (computational thinking) blevet testet som del af den internationale test ICILS i 2018. Her placerer de danske elever sig på en andenplads i henhold til datalogisk tænkning, sammenlignet med de 11 andre deltagende lande. Ifølge Bundsgaard, Binderslev, Caeli, Pettersson, & Rusmann (2019) er det interessant, at danske elever klarer sig så flot, da det er de færreste elever, der tidligere har arbejdet kontinuerlig med datalogiske aktiviteter. Der findes derfor ikke belæg for, om resultatet skyldes skolen eller det omkringliggende samfund i henhold til at udruste eleverne med datalogiske kompetencer (Bundsgaard et al., 2019). Der mangler således forsat viden om, hvordan der kvalificeret kan arbejdes med CT inden for uddannelsessektoren i henhold til at understøtte elevers tilegnelse af computationelle kompetencer. Ifølge Bower et al. (2017) er der ganske få studier, der har undersøgt læreres forståelse af CT. Dog er det en væsentlig viden at have for at kunne udvikle kompetenceforløb på en meningsfuld måde. I dette review vil der derfor være et særligt fokus på lærernes og de lærerstuderendes forståelse af CT, og hvordan de ser begrebet relateret til matematik.

Hermeneutisk tilgang til litteraturreview

Da forskningsområdet relateret til CT er i sin begyndelse, arbejdes der ud fra en hermeneutisk tilgang. Inden for hermeneutikken skal forståelse ikke ses som korrekt eller endelig, men som en proces, der hele tiden er under udvikling. Litteratursøgningen anskues derved som en kontinuerlig proces, hvor den øgede forståelse af emnet er med til at præge den videre søgning (Boell & Cecez-Kecmanovic, 2014). Processen er delt op i to cirkler, *search and acquisition* og *analysis and interpretation*. De to cirkler er indbyrdes afhængige, så en ny viden og en ny forståelse kan ændre på perspektivet et andet sted i processen, som det ses i modellen i Figur 1.



Figur 1. A hermeneutic framework for the literetur review Boell & Cecez-Kecmanovic, 2014 s. 264.

De følgende afsnit beskriver den hermeneutiske proces i tilblivelsen af dette review.

Undersøgelsen

Formålet med dette review er at undersøge eksisterende litteratur om læreres holdning til og forståelse af computational thinking (CT) i relation til matematikundervisningen.

For at indlede litteraturreviewet blev dette foreløbige tentative undersøgelsesspørgsmål brugt:

- Hvordan karakteriserer den eksisterende forskning læreres forståelse af CT som en del af matematikundervisningen?

Første søgning, sortering og selektering

I forhold til at undersøge spørgsmålet blev der brugt databasesøgning for at spore computational thinking som begreb og læreres forståelse heraf. Søgningerne viste, at begrebet CT først rigtig kom til udtryk i det akademiske arbejde efter Jeannette Wings artikel "Computational Thinking" i 2006. Endvidere viste de første søgninger, at der hovedsageligt har været fokus på, hvordan CT kan integreres i pensum/curriculum, og på elevers udbytte heraf. Ved hjælp af tidsrammen og begreberne *computational thinking* og *læreres forståelse* blev Yadav et al. (2014) identificeret som en tidlig publikation, der også inddrog læreres opfattelse af begrebet. Yadav et al. (2014) har fokus på, hvordan studerende på læreruddannelsen opfatter begrebet CT. Den videre søgning inddrog derfor også de lærerstuderendes perspektiv. Ifølge Bocconi et al. (2016) er der kommet et øget fokus på CT inden for uddannelsessektoren, og flere lande har enten skrevet det ind i et nationalt curriculum eller har planer herom. Derfor ses der også et behov for at klæde de lærerstuderende på i forhold til at kunne inddrage CT som en del af deres kommende undervisningspraksis.

Baseret på de første forståelser af undersøgelsesspørgsmålet og via arbejdet i *search and acquisition* er følgende undersøgelsesspørgsmål formuleret:

- Hvordan karakteriserer den eksisterende forskning lærernes og de lærerstuderendes holdning og forståelse af CT i relation til matematikundervisningen?
- Hvad identificerer lærerne og de lærerstuderende som udfordringer og barrierer i forhold til CT, og hvilke kompetencebehov beskrives i henhold til at arbejde med CT som en del af matematikundervisningen?

Søgninger

Der blev ved den videre søgning fastlagt en række søgeord, retningslinjer og sorteringskriterier, dette for at afgrænse og gøre søgningen mere overskuelig. I forhold til prioritering af søgningerne blev PICO brugt som søgematrix (Moher et al., 2015):

P (problem/population)	Lærerne og de lærerstuderendes holdninger og forståelse
I (intervention/interesse fænomen)	Computational thinking
C (comparison/ kontekst)	Matematik
O (outcome)	Lærernes og de lærerstuderendes kompetencer udfordringer/barrierer

Tabel 1: PICO (Moher et al., 2015)

Der blev for hvert område udarbejdet søgeprofiler med ord og begreber, som der kunne forventes relevante søgninger ud fra. Første søgning tog udgangspunkt i artiklen af Yadav et al. (2014). I takt med den øgede indsigt blev søgeprofilerne tilpasset og udbygget undervejs. Der er ført søgeprotokol over processen (Randolph, 2009), og søgeprotokollen er hovedsageligt bygget op efter princippet *building blocks*, hvor søgningerne gradvist er bygget op af individuelle søgninger af søgeord, der derefter er kombineret via søgehistorikken ved at benytte funktionerne "OR" og "AND" (Boell & Cecez-Kecmanovic, 2014). Denne funktion har været med til en vurdering af, hvorvidt yderligere søgninger hjalp med at identificere relevante dokumenter og gav en øget præcision af de enkelte søgninger.

Udvælgelseskriterier

Studierne inkludereret i dette review skulle være peer-reviewed og publiceret i et videnskabeligt tidsskrift i perioden 2006-2019. De udvalgte studier skulle være publiceret på enten engelsk eller et nordisk sprog, omhandlende lærere og lærerstuderende i enten K-12 eller folkeskolen og være empirisk af natur. Lederartikler og monografier var derfor ekskluderet. Det var også nødvendigt, at studierne repræsenterede mindst et af reviewets undersøgelsesspørgsmål.

Søgemaskiner

Databasesøgningen var elektronisk og afsøgte områder inden for uddannelses-, samfunds- og naturvidenskab. Søgeordene blev tilpasset den enkelte database, og der, hvor det var muligt, er der lavet søgninger via thesaurus (Boell & Cecez-Kecmanovic, 2010 s. 132).

Der er søgt i titel og abstract i de databaser, det har været muligt. Et udsnit af søgeprotokollen kan ses i Tabel 2.

Søgestreng	Database	Søge begrænsninger	Hits
computational thinking OR computer literacy OR computational* AND math* OR mathematics education AND teacher	ProQuest	Scholarly peer-reviewed journals fra 2006-2019	154
computational thinking OR computer literacy OR computational* AND math* OR mathematics education	Scopus	Scholarly peer-reviewed journals fra 2006-2019	53
computational thinking or computer literacy AND mathematics or math or math* or mathematics education AND teacher*	Education Research Complete	Scholarly peer-reviewed journals fra 2006-2019	48
computational thinking AND Mathematics OR mathematics education	Compendex	Scholarly peer-reviewed journals fra 2006-2019	20

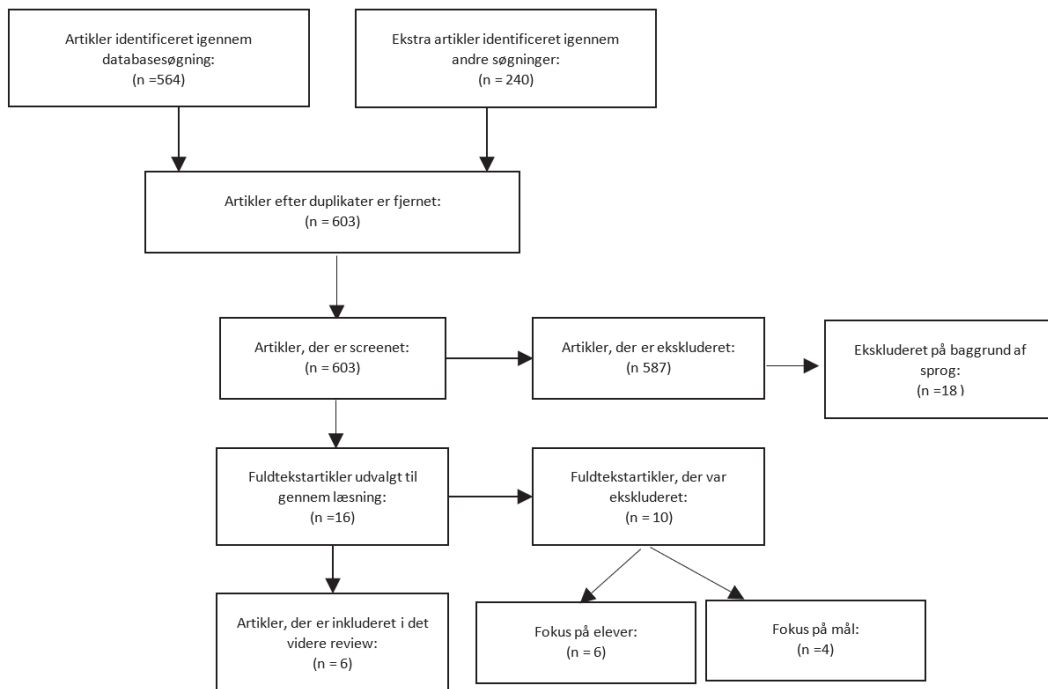
Tabel 2. Udvalgte søgestreng



Udvælgelse af artikler

Tolv databaser var udvalgt til at finde peer-reviewed studier relateret til undersøgelsesspørgsmålet. Denne proces er også sket iterativt på tværs af databaser, når nye erkendelser er fremkommet. De tre af databaserne var multidisciplinære, ProQuest, Academic Search Premier og EBESCOhost. Disse databaser inkluderer resultater fra uddannelsesdatabaser, for eksempel ProQuest, der inkluderer resultater fra bl.a. uddannelses- samt STEM- og computerscience-databaser. Databaserne Oria og Idunn var valgt for at afsøge de nordiske databaser. Databaserne Compendex, MathEduc, ERIC, Education Research Complete og Teacher Reference Center var alle valgt for at dække de forskellige perspektiver af undersøgelsesspørgsmålet, som dækkede både pædagogik, matematik og CT. Scopus og Google Scholar var valgt i forhold til, at de er *citation*-databaser, der gør det muligt at se, hvem der citerer de enkelte artikler (Boell & Cecez-Kecmanovic, 2014). Google Scholar blev ligeledes anvendt for at udvide søgefeltet i henhold til at inddrage grå litteratur. Google Scholar har ikke de samme begrænsede søgemuligheder som de videnskabelige databaser, hvilket gav et resultat på 804 sorteret efter relevans. Ifølge Haddaway, Collins, Coughlin, & Kirk (2015) anbefales det at undersøge de første 200-300 resultater fra Google Scholar i forhold til at finde eventuelt manglende litteratur. I alt blev 240 artikler undersøgt. En artikel, som ikke var fundet i andre databaser, blev fundet igennem denne søgning.

For at skabe transparens omkring søgeprocessen er de enkelte trin illustreret i Fig. 2. Efter udvælgelsen af artiklerne i databaserne blev de overført til RefWorks for at fjerne duplikater ($n=201$) samt for at have overblik over titel og abstract. Dernæst blev titel og abstract screenet for relevans, og de blev fjernet, hvis de ikke var relateret til læreres og lærerstuderendes forståelse af CT og matematikundervisning. Artikler, der var relevante for undersøgelsesspørgsmålene, men som ikke var skrevet på engelsk eller et nordisk sprog, blev også fjernet ($n=18$). Ifølge processen var 16 artikler udvalgt til fuldtekstlæsning. Ved denne læsning fremkom der tre forskellige fokuser på computational thinking: a) *elevs udbytte* b) *læreres og lærerstuderendes forståelse og holdning* c) *mål og curriculum*. Relateret til undersøgelsesspørgsmålene er der i det fortsatte review arbejdet videre med det fokus, der kan relateres til læreres og lærerstuderendes forståelse og holdning til begrebet CT i matematikundervisningen. Der er således udvalgt seks artikler, der kommer til at indgå i den videre proces med at besvare undersøgelsesspørgsmålet.



Figur 2. Reviewprocessen



Tabel 3. Oversigt over de seks udvalgte artikler

Forfatter (år)	Delta-gere	Geo-grafisk place-ring	Forsk-nings-para-digme	Kompe-tence-udvik-ling	Resultater
Aman Yadav, Sarah Gretter, Jon Good, & Tamika McLean (2017) Computational Thinking in Teacher Education	Lærer-stude-rende N=134	USA	Kvanti-tativt	Nej	Resultatet fra dette studie viser, at lærer-studerendes syns-punkter om CT dækker en bred vifte af idéer, som ofte ikke stem-mer overens med den teoretiske forståelse af begrebet CT. De studerende havde ofte en oversimplifice-ret forståelse af CT (fx problemløsning og det at se linket med mate-matik). Underviserne på læreruddannelsen skal introducere til CT-færdigheder og indføre vokabularer der, hvor det er muligt.
Phil Sands, Jon Good & Aman Yadav (2018) Computational Thinking in K-12: In-service teacher perception of computational thinking: foundations and research highlights	Lærere N=74	USA	Kvanti-tativt	Nej	Overordnet konceptu-aliserer lærerne CT i alignment med littera-turen. Dog sås også misforståelser i forhold til, hvad CT indebærer. Svarene fra under-søgelsen antyder, at mange af lærerne har meget lidt viden om disse færdigheder og mangler bevidsthed om, hvordan dette kan bruges i klasselokalet.

Tabellen fortsættes på næste side ...

Forfatter (år)	Delta-gere	Geo-grafisk place-ring	Forsk-nings-para-digme	Kompe-tence-udvik-ling	Resultater
George Gadanidis, Rosa Cendros, Lisa Floyd, & Immaculate Namukasa (2017) Computational Thinking in Mathematics Teacher Education	Lærer-stude-rende N=143	Canada	Kvalita-tivt	Ja, i form af et kursus på lærer-uddan-nelsen	De studerende havde før kurset ikke en klar forståelse af CT, og mange var bekymrede over indholdet af CT. Dog var der sket en holdningsændring efter kurset, og flere havde fået selvtillid til at arbejde med det i fx deres praktikperiode. De studerende oplevede, at fokuset på CT var med til at øge deres egen matematiske forståelse.

Tabellen fortsættes på næste side ...



Forfatter (år)	Delta-gere	Geo-grafisk place-ring	Forsk-nings-para-digme	Kompe-tence-udvik-ling	Resultater
Chrystalla Mouza, Hui Yang, Yi-Cheng Pan, & Sule Yilmaz Ozden (2017) Resetting educational technology coursework for pre-service teachers: A computational thinking approach to the development of technological pedagogical content knowledge (TPACK)	Lærer-stude-rende K-5 og K-8 N=21	USA	Mixed met-hods	Ja, i form af et kursus på lærer-uddan-nelsen	Pre- og post survey indikerer, at kurset har haft en positiv ind-flydelse på de lærer-studerendes viden om CT, værktøjer og praksisser relateret til CT. Dog viste nogle af deltagerne, at de kun havde fået en overfla-disk forståelse af CT og ikke var i stand til at designe lektioner, der meningsfuldt inte-grerede CT. Dette har betydning for, hvordan læreruddannelsen kan tilrettelægge og give de studerende erfaringer, der hjælper de stude-rende med at udvikle TPACK i relation med CT.

Tabellen fortsættes på næste side ...

Forfatter (år)	Delta-gere	Geo-grafisk place-ring	Forsk-nings-para-digme	Kompe-tence-udvik-ling	Resultater
Matt Bower, Leigh N. Wood, Jennifer W. M. Lai, Cathie Howe, Raymond Lister, Raina Mason, Kate Highfield, & Jennifer Veal (2017) Improving the Computational Thinking Pedagogical Capabilities of School Teachers	Lærere N=69 Y1-Y8	Austra-lien	Kvan-titativ med med pre- og posts-urvey før og efter en works-hop.	Ja, i form af en works-hop	Resultaterne fra dette studie indikerer, at lærernes CT-kapacitet er relativt formbar. Efter workshopen havde lærerne en mere specifik og divergent idé om forskellige pædagogiske tilgange, der kunne være med til at udvikle CT. Lærerne forbedrede deres selvtillid i forhold til at undervise i CT.

Tabellen fortsættes på næste side ...



Forfatter (år)	Delta-gere	Geo-grafisk place-ring	Forsk-nings-para-digme	Kompe-tence-udvik-ling	Resultater
Laura Benton, Celia Hoyles, Ivan Kalas, & Richard Noss (2017)	Syv deltagere i den ind-ledende design-fase.	England	Mixed met-hods	Ja, i form af inter-venti-oner med kompe-tence-udvik-ling.	Overordnet set har interventionen virket, og lærere med forskellig baggrund har udviklet selvsikkerhed i arbejdet med ScratchMaths (SM). De udfordrende begreber er undervejs i projektet blevet accepteret af både lærerne og eleverne. Designet har været fleksibelt nok til, at lærerne har kunnet adoptere det til deres egen undervisningsstil og tilpasset elevernes behov for at kommunikere computational- og matematisk tænkning. Vigtigt er det, at der kommer fokus på at bygge bro mellem CT og matematik ved hjælp af strategier, red-skaber og eksempler, der kan linke CT med allerede eksisterende matematisk viden.
Bridging Primary Programming and Mathematics: Some findings of Design Research in England	Sum-mativ kvalitativ evalu-ering: Klasse 1: 26 elever og 1 lærer Klasse 2: 29 elever og 1 lærer				

Artiklen fortsættes på næste side ...

CT i en uddannelseskontekst

CT er på kort tid blevet en del af uddannelseslandskabet, hvilket også kendetegner uddannelsespolitikken fra de lande, der er repræsenteret i de artikler, der har levet op til søgekriterierne. Både i England og i Australien indgår CT som en del af det nationale curriculum. I Canada og i USA arbejder de ikke ud fra et nationalt curriculum, dog har flere provinser i Canada og flere stater i USA indført CT som en del af deres regionale curriculum (Gadani-dis et al., 2017). Nationalt er der et forsøg i gang i folkeskolen med fokus på teknologiforståelse, herunder computationel tankegang (UVM, 2018). Her undersøges det, hvordan teknologiforståelse kan indtænkes både som selvstændigt fag og integreret i syv af grundskolens eksisterende fag. Dette er modsat den måde, man har valgt at arbejde med et nationalt curriculum i både England og Australien. I både England og Australien arbejdes der med det som et særskilt fagområde uafhængigt af eksisterende fag.

Behov for kompetenceudvikling

I en rapport fra Royal Society (UK) (2017) henvises der til, at mange lærere uden baggrund inden for computer science underviser i det nye nationale curriculum: *computing programmes of study*, dette dog med utilstrækkelig støtte og support. Det samme gør sig gældende i en rapport fra Australien, hvor det ligeledes konkluderes, at mange af de lærere, der underviser i *the digital technologies* curriculum, kun i begrænset omfang har fået de fornødne kompetencer igennem deres læreruddannelse eller igennem kompetenceudvikling (Curran, Schulz, & Hogan, 2019). Der ses derfor et behov for at undersøge, hvordan og på hvilken måde man bedst muligt kan understøtte og udvikle lærernes og de lærerstuderendes kompetencer inden for CT, da det er en problematik, der går på tværs af de enkelte lande. Dette ses også i de valgte undersøgelses metoder jf. tabel 3, hvor de studier, der arbejder med en kvalitativ eller med *mixed methods*- tilgang, alle har et design, hvor lærernes og de lærerstuderendes kompetenceudvikling understøttes af et fagligt indhold, med mulighed for selv at afprøve og teste forskellige teknologier i didaktiske sammenhænge. I studierne med kvantitativ tilgang fremhæves der ligeså et behov for, at lærerne og de lærerstuderende skal kompetenceudvikles for at kunne integrere CT i fagspecifikke undervisningssammenhænge (Sand, Yadav, & Good, 2018; Yadav et al., 2017). Kompetenceudvikling



findes således væsentlig i henhold til at kunne omsætte CT i en uddannelseskontekst.

I studierne med kompetenceudvikling er der blevet arbejdet med at følge deltagernes udvikling fra at være uvidende omkring begrebet CT til at have udviklet deres faglige forståelse af begrebet. I to af studierne har deltagerne udfyldt en survey før og efter deltagelsen. I begge studier har der været et fokus på deltagernes forståelse af CT, og hvordan denne forståelse er blevet påvirket igennem deltagelsen. Ligeledes har Gadanidis et al. (2017) arbejdet med refleksionsopgaver undervejs, hvor de også har set på de lærerstuderendes udvikling og forståelse for CT igennem kursusforløbet. Dette vil yderligere blive udfoldet længere nede i artiklen.

Forståelse for computational thinking

De nedenstående afsnit søger at udfolde fundene fra de enkelte undersøgelser med udgangspunkt i følgende undersøgelsesspørgsmål: *Hvordan karakteriserer eksisterende forskning lærernes og de lærerstuderendes holdning til og forståelse af CT i relation til matematikundervisningen?* Det første afsnit afdækker forståelsen af CT på tværs af artiklerne, hvorefter der vil blive sat fokus på kompetenceudviklingen i de efterfølgende afsnit.

Eksisterende forskning giver nogle indsigter i, hvordan lærerne og de lærerstuderende forstår og oplever CT. Det er gennemgående i artiklerne, at lærernes og de studerendes forståelse og perception af CT ofte ses som en overfladisk forståelse, hvor begreberne bliver brugt simplificeret og uden en dybere forståelse herfor (Yadav et al., 2017; Sand et al., 2018; Mouza, Yang, Pan, Yilmaz Ozden, & Pollock, 2017). Hertil kan CT ses som et buzzword inden for uddannelsessektoren, hvor begrebet ses som en måde, hvorpå en ny generation af børn vil kunne få en dybere forståelse for den digitale verden (Bocconi et al., 2016). Dog er mange af lærerne ikke tidligere blevet introduceret til kerneområderne i CT og har derved svært ved at sætte det ind i en undervisningspraksis (Bower et al., 2017; Sand et al., 2018). I undersøgelserne, der er baseret på kompetenceudvikling, ses det, at deltagerne udviklede en større forståelse for begreberne relateret til CT (Gadanidis et al., 2017; Mouza et al., 2017; Bower et al., 2017). Dette skyldes måske i særdeleshed, at deltagerne alle arbejdede med de tre dimensioner beskrevet af Brennan & Resnick (2012), hvor de fik en øget forståelse for CT og samtidig fik sat det ind i en undervisningskontekst. Dog kunne der i post-surveyen fortsat spores nogle misforståelser relateret til CT, hvor nogle af de stude-

rende fortsat udviste en forsimplet forståelse af CT (Mouza et al., 2017), hvilket kan skyldes, at de studerende her arbejdede mere overordnet med CT og selv måtte arbejde med at lave koblingerne til deres egne fagområder, herunder matematik.

Brug af CT-begreber

I henhold til at se på, hvilke CT-begreber undersøgelse med fokus på kompetenceudvikling arbejdede med, blev følgende tabel udarbejdet. Det skal nævnes, at flere af begreberne går igen i de enkelte undersøgelser, og der er kun taget udgangspunkt i de undersøgelser, der har arbejdet med at udvikle lærernes og de lærerstuderendes kompetencer.

CT begreber	Anvendelse
Algoritmer	4
<i>Abstraktion</i>	3
Fejlsøgning	1
<i>Problemdekomposition</i>	2
<i>Dekomposition</i>	1
<i>Generalisering</i>	1
Automation	1
Datarepræsentation	1
Kodning	1
Simulation	1
Problemløsning	1
Sekvenser	1
Repetition	1

Tabel 4. CT-begreber

De begreber, der er fremhævet med kursiv, er de begreber, der kan tilskrives den snævre forståelse af CT, jf. Selby & Woolland (2013). Alle undersøgelser har således arbejdet med lærernes eller de lærerstuderendes forståelse



for algoritmisk tænkning, hvilket også vil kunne henvises til, at de alle har arbejdet med en form for programmeringssprog (Benton, Hoyles, Kalas, & Noss, 2017; Gadanidis et al., 2017; Mouza et al., 2017; Bower et al., 2017). Dekomposition og abstraktion er to begreber, der også bliver refereret til i tre ud af fire undersøgelser. I undersøgelsen fra Mouza et al. (2017) arbejdede de studerende med dekomposition ved at arbejde med modellering af matematiske problemer ved hjælp af applikationer på den interaktive tavle. De resterende begreber kan placeres under det, Brennan & Resnick (2012) anser som *computational concepts*, der hovedsageligt drejer sig om funktioner relateret til programmering. Dog vil problemløsning og fejlsøgninger høre under dimensionen *computational practices*. Undersøgelserne, der har arbejdet med deltagerens kompetenceudvikling, har også arbejdet med deltagerens *computational perspectives*, hvor deltagerne har arbejdet med at udvikle deres egen forståelse ved brug af teknologier og omsætte dette til egen didaktisk praksis. Igennem arbejdet med og brugen af CT-begreberne oplevede deltagerne en øget indsigt og forståelse, hvilket gjorde dem i stand til at relatere begreberne til egen undervisningspraksis og udvise en større begrebsforståelse.

Brug af teknologier i forbindelse med kompetenceudvikling

I forbindelse med kompetenceudviklingen brugte undersøgelserne alle teknologier til at understøtte begrebsudviklingen og forståelsen for CT. I tabel 5 kan det ses, hvilke teknologier der blev brugt i de fire undersøgelser med fokus på kompetenceudvikling.

Alle fire undersøgelser bruger en form for programmeringsværktøj som en del af en didaktisk aktivitet. Som det fremgår af tabel 5, var Scratch det program, der gik igen flest gange. I to af studierne blev det brugt til at understøtte den matematiske læring i forbindelse med fagområdet geometri (Gadanidis et al., 2017; Benton et al., 2017). Det at introducere til CT igennem geometri er ikke nyt. Et litteraturreview fra 2018 viste, at 47,6% af de inkluderede studier arbejdede med fagområdet geometri i forbindelse med at introducere CT i matematik (Barcelos, Munoz, Villarroel, Merino, & Silvetra, 2018).

De fire undersøgelser brugte alle blokprogrammering som udgangspunkt, hvilket indikerer, at det er en god måde at introducere til begreber relateret til CT. Programmeringssprog eksisterer på forskellige niveauer, dette alt efter hvor tæt de er på faktiske maskininstruktioner (Ejsing-Dunn &

Teknologier herunder softwareværktøjer	Anvendelse
Python	1
Scratch	3
Interaktive tavler applikationer	1
Programmerbare robotter og printplader	1
Mindmap-redskaber	1
Internetressourcer	1
Kodu	1
Hopscotch	1
Sphero	1
Beebots	1
Scratch Junior	1
I alt	12

Table 5. Teknologier brugt i forbindelse med kompetenceudvikling

Misfeldt, 2015). De valgte programmeringssprog vil her blive betragtet som værende højniveau, da de kan læses af nybegyndere og har en gennemskuelig syntaks. Bower et al. (2017) differentierede, alt efter hvilket niveau lærerne underviste på. Lærerne i indskolingen arbejdede primært med Scratch Jr. og Beebots, og lærerne på mellemtrinnet arbejdede med Kodu og Hopscotch. Ligeledes blev Python brugt på læreruddannelsen som en mulighed for at udvikle de lærerstuderendes forståelse for kodning som en overbygning til Scratch (Gadanidis et al., 2017). Der ses således et behov for, at lærerne og de lærerstuderende får lov til selv at afprøve teknologierne, både med hensyn til at udvikle egen forståelse for CT, men også at teknologierne er målrettet det niveau, de underviser på/skal undervise på i grundskolen. Der ses en sammenhæng mellem valg af teknologier og de CT-begreber, der går igen på tværs af undersøgelserne.

Ifølge Ejsing-Dunn & Misfeldt (2015) kan algoritmer beskrives som systematiske beskrivelser af problemløsningsstrategier, herunder at kunne se en sammenhæng mellem årsag og virkning. Når lærerne eller de lærerstuderende i de udvalgte undersøgelser arbejder med programmering, under-

støtter dette således deres algoritmiske tænkning, hvor de skal forestille sig og kunne analysere en given adfærd i programmet. For at kunne beskrive denne adfærd er det nødvendigt at beskrive adfærden som en algoritme, hvor adfærden ved hjælp af dekomposition bliver nedbrudt i mindre elementer, som er tilgængelige i programmeringsprogrammet. Ved at anvende et programmeringsprogram i matematik kan elever arbejde med at omsætte abstrakte matematiske begreber til konkrete processer. Ifølge Ejsing-Dunn & Misfeldt (2015) vil programmeringssproget potentielt kunne hjælpe elever med at danne og forstå matematiske begreber. Dette gjorde sig gældende i undersøgelsen fra Benton et al. (2017), hvor eleverne arbejdede med 360° drejning i Scratch. Her var det dog tydeligt, at lærerne selv havde brug for viden og indsigt i henhold til at kunne understøtte elevernes algoritmiske og abstrakte forståelse, samt det at skabe en kobling til det matematiske begreb 360° drejning. Det var derfor væsentligt, at lærerne forud for undervisningen selv havde arbejdet med Scratch.

Computationel tankegang i relation til matematik

I undersøgelserne fra Benton et al. (2017) og Gadanidis et al. (2017) arbejdede matematiklærerne og de lærerstuderende med et matematisk indhold i henhold til at udvikle deres forståelse for CT. I begge undersøgelser bliver der arbejdet med geometri og Scratch som programmeringsværktøj. Af CT-begreber er det brugen af algoritmer og abstraktion, der går på tværs af de to undersøgelser.

Matematikfagligt indhold	CT-begreber	Artikler
Geometri	Sekvenser	Benton et al. (2017)
Vinkler	Repetition	
360° drejning	Algoritmer	Gadanidis et al. (2017)
Geometri	Debugging	
Koordinater	Abstraktion	
Sandsynlighedsregning	Algoritmer	
Mønster w	Abstraktion	
Algebra	Kodning	
Måling		
Talforståelse		

Tabel 6. Matematikfagligt indhold og CT-begreber

I undersøgelsen fra Gadanidis et al. (2017) arbejdede de studerende med programmering relateret til matematikundervisningen, hvor 46 af de studerende relaterede programmet Scratch til at udvikle et *growth mindset* hos elever og muligheden for matematisk læring igennem *trial and error*. Det ses i undersøgelseerne, at brugen af CT i matematikundervisningen kan øge den matematiske forståelse både for eleverne og de lærerstuderende igennem arbejdet med højniveau programmeringssprog og skabe koblinger mellem andre fagområder som naturvidenskab og humaniora (Benton et al., 2017; Gadanidis et al., 2017).

I undersøgelsen fra Benton et al. (2017) blev der arbejdet med algoritmer og 360°drejning i Scratch. Det blev fremhævet, at algoritmer var et udfordrende begreb for lærerne at arbejde med, og de fandt det svært at omsætte til praksis. Lærerne fandt det svært og udfordrende at skulle forudse *outcome* af de enkelte algoritmer og særligt at skulle fortælle det videre til eleverne. Dog var det væsentligt, at lærerne var gode til eksplicit at adressere begreberne igennem fysiske aktiviteter, der kunne hjælpe eleverne med at sætte ord på kernebegreberne og hjælpe dem med koblingerne mellem CT og matematik (Benton et al., 2017). Her ses det vigtigt, at lærerne selv har fokus på de tre kernedimensioner introduceret af Brennan & Resnick (2012) og selv har prøvet at arbejde med funktionerne i programmet. Hvis lærerne selv er usikre på, hvordan de skal forstå begreberne sammenholdt med matematikundervisningen, kan det være svært at skabe en praksis, der integrerer CT i matematikundervisningen.

I de valgte undersøgelser, der arbejdede mere bredt og på tværs af fagligt indhold, (Yadav et al., 2017; Sand et al., 2018; Mouza et al., 2017) lavede deltagerne flere steder koblinger mellem CT og matematik, hvilket dog ofte byggede på misforståelser af begrebet. I undersøgelsen fra Mouza et al. (2017) fremkom der misforståelser, hvor nogle af de studerende kobledede CT direkte til matematisk tænkning samt det at bruge lommeregner. I undersøgelsen fra Yadav et al. (2017) var der ni studerende, der nævnte, at CT også inkluderede matematik omhandlende tal, ligninger og brug af formler. Misforståelserne beroede på direkte koblinger til matematiske begreber og brug af hjælpemidler og ikke på forståelser relateret til CT. På tværs af undersøgelserne bemærkes koblingen mellem CT og problemløsning. I de to undersøgelser, der ikke arbejder med interventioner, blev CT ofte nævnt som en problemløsningsstrategi, men ud fra en simpel forståelse (Yadav et al., 2017; Sand et al., 2018). Undersøgelseerne, hvor der blev lavet en pre- og en post-survey, var også kendetegnet ved at have en mere forsimplet forståelse



af CT som problemløsningsstrategi i pre-surveyen. Men ved at arbejde med den mere snævre forståelse af CT i løbet af kompetenceudviklingen blev deres forståelse øget, og dybden i CT fremstod mere klar (Mouza et al., 2017; Bower et al., 2017). Det findes væsentligt, at lærerne og de lærerstuderende hjælpes til at lave forbindelser til eksisterende fags indhold, da de skal have en viden om CT, før de kan bruge det og skabe forbindelse til eksisterende fagområder som fx matematik (Mouza et al., 2017; Sand et al. 2018).

Pædagogisk udfordring

I dette afsnit tages der udgangspunkt i, at lærere og lærerstuderende har brug for at udvikle deres forståelse for CT i relation til deres fagområde, samt vigtigheden af at understøtte denne udvikling igennem kompetenceudvikling. Nedenstående fund vil blive behandlet ud fra følgende undersøgelses-spørgsmål: *Hvad identificerer lærerne og de lærerstuderende som udfordringer og barrierer i forhold til CT, og hvilke kompetencebehov beskrives i henhold til at arbejde med CT som en del af matematikundervisningen?*

Det kan være svært og udfordrende at undervise i CT, og hvis lærerne har unøjagtige og forkerte narrative perceptioner af CT, vil det få indflydelse på deres måde at bruge det på i undervisningen (Bower et al. 2017, Mouza et al., 2017; Gadanidis et al., 2017). Ifølge Benton et al. (2017) ses lærere ofte som generalister, og de har ikke nødvendigvis de kompetencer, der skal til for at undervise i nye teknologiske emner. Her ses lærernes rolle som særdeles vigtig i forhold til at skabe transfer mellem CT og matematik samt gøre CT eksplicit for eleverne, så de kan skabe koblinger til allerede eksisterende viden.

Mangel på viden blev ofte fremhævet, da ikke alle deltagere kendte til termen CT. Det at forberede lærerne og de lærerstuderende til at undervise i CT ses generelt som en udfordring, da det ofte er en ukendt disciplin for mange. I undersøgelsen fra Bower et al. (2017) indikerede lærerne før interventionen, at de manglede viden og forståelse for CT, og det var en af hovedårsagerne, der forhindrede dem i at føle sig sikre i at hjælpe eleverne med deres udvikling af CT. Responsen var efter workshoppen ændret. Følelsen af at være inkompetent i forhold til at undervise i CT var mindre nævnt som issue. Det blev mere ændret til et fokus på manglende ressourcer til støtte i undervisningen. Ifølge Benton et al. (2017) kunne der ses en stor forskel i måden, hvorpå de to lærere, der deltog i den kvalitative evaluering, valgte at introducere til Scratch. Læreren med mere selvsikkerhed og erfa-

ring udnyttede de *affordances* der lå i at demonstrere brugen af Scratch via programmeringen frem for en videopræsentation. Dette tilføjede en anden repræsentation for at motivere flere af eleverne og gav mulighed for en dybere læring. Jo mere selvsikker læreren var, jo nemmere var det for læreren at guide og støtte eleverne og hjælpe dem med at bygge bro mellem CT og matematikken (Benton et al. 2017). Det findes således væsentligt, at lærernes kompetenceudvikling sker igennem de erfaringer, de har med deres faglige viden, og at de hjælpes med at lave klare forbindelser til CT og relatere dette til egen undervisningspraksis.

Diskussion

I de valgte undersøgelser fremkommer linket mellem CT og matematik. Dog har fokus for dette litteraturreview været at skabe et overblik over lærernes og de lærerstuderendes holdning og forståelse for CT i matematikundervisningen snarere end at se på en direkte kobling mellem CT og matematik. Dette afspejles også i undersøgelserne, hvor det er lærernes og de lærerstuderendes forståelse og udvikling af computationelle tankegange, der vægtes højest, og ikke den faglige relation til matematik. Koblingen mellem CT og matematik er i midlertidig ikke ny. Det var allerede en integreret del af Paperts (1980) arbejde med Logo, og der ses også en sammenhæng mellem CT og matematik i de valgte undersøgelser, men der mangler fortsat viden om, hvordan CT kan forstås af lærerne og integreres i matematikundervisningen. I reviewprocessen blev artikler med fokus på mål og elever sorteret fra af hensyn til undersøgelsesspørgsmålet. Dog ville en inkludering af disse artikler kunne have givet et større indblik i, hvordan CT kan ses i relation til matematikfaget. Det anbefales, at der kigges nærmere på dette felt for at kunne forstå implikationerne for, hvordan matematiklærere og lærerstuderende med linjefag i matematik kan integrere CT som en del af undervisningen, og hvilken betydning dette har for didaktikken og understøttelsen af elevers matematiske færdigheder.

Konklusion

I undersøgelserne fremgår det, at lærerne og de lærerstuderende ikke havde en stor viden om CT. Den viden, de havde, kunne karakteriseres som overfladisk og simplificeret. Der bemærkes derved et behov for kompetenceudvikling i de udvalgte undersøgelser, således at lærerne og de lærerstu-



derende blev klædt på til at kunne håndtere det øgede fokus på CT inden for uddannelsessektoren, men også at forskningsområdet er i den spæde start. Det fremkommer i undersøgelse, at kompetenceudviklingen gjorde lærerne og de lærerstuderende i stand til at arbejde med en dybere forståelse af CT-begreberne, og at brug af teknologi, herunder high-level programmeringssprog i forbindelse med kompetenceudviklingen, hjalp dem med deres begrebsudvikling og rustede dem til at inddrage det i egen undervisningspraksis. Det var ligeledes betydningsfuldt, at lærerne og de lærerstuderende arbejdede med CT i relation til deres fagområde, herunder matematik, da det gjorde koblingen mellem CT-begreber og det faglige indhold mere konkret. Ligeledes hjalp teknologien og det at bruge high-level programmeringssprog de lærerstuderende i deres tilegnelse og forståelse af matematiske begreber.

Deltagerne fandt det udfordrende at arbejde med begreber relateret til CT, og mange påpegede, at det var deres manglende viden og forståelse, der forhindrede dem i at arbejde med begrebet. Her kunne der ikke ses forskel på de enkelte lande og deres måde at introducere til CT igennem deres curriculum, og ej heller om det var uddannede lærere eller lærerstuderende. Det fremstår derfor væsentligt, at både lærere og lærerstuderende bliver klædt på til at varetage undervisningen i CT og bliver hjulpet med at udvikle strategier og værktøjer, der kan hjælpe dem med at lave linket mellem CT og matematik. Der ses derfor et behov for at udvikle kompetenceforløb, der både sætter fokus på læreres og lærerstuderendes egen tilegnelse og forståelse af CT og samtidig hjælper dem med at perspektivere dette til egen undervisningspraksis, så de didaktisk begynder at integrere CT-koncepter i deres undervisning.

Ved at arbejde med strukturerne for CT i matematikundervisningen vil det være muligt at hjælpe lærerstuderende og elever med at udvikle et positivt mindset ved at koble matematikken til hverdagssituationer, og hvor det på sigt kan give større mening at arbejde med matematikken igennem komplekse problemstillinger. Dette fordrer dog, at lærerne og de lærerstuderende kan arbejde inden for alle tre kernerdimensioner af CT (Brennan & Resnick, 2012) for på den måde at arbejde med egen forståelse af CT igennem en kontekstbestemt undervisning.

Referencer

Ananiadou, K., & Claro, M. (2009). 21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries. *OECD Education Working Papers, 41*. Paris: OECD Publishing.

- Barcelos, T., Munoz, R., Villarroel, R., Merino, E., & Silveira, I. (2018). Mathematics Learning through Computational Thinking Activities: A Systematic Literature Review in Journal of Universal Computer Science. *Journal of Universal Computer Science*, 24(7), 815-845.
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: What is involved and what is the role of the computer science education community? *ACM Inroads*, 2(1), 48-54. doi>10.1145/1929887.1929905
- Benton, L., Hoyles, C., Kalas, I., & Noss, R. (2017). Bridging Primary Programming and Mathematics: Some Findings of Design Research in England. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 3(2), 115-138. <https://doi.org/10.1007/s40751-017-0028-x>
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., & Engelhardt, K. (2016). *Developing computational thinking in compulsory education – Implications for policy and practice*. EUR 28295 EN. Rapport. Luxembourg: Publications Office of the European Union. the doi:10.2791/792158
- Boell, K., S., & Cecez-Kecmanovic, D. (2014). A Hermeneutic Approach for Conducting Literature Reviews and Literature Searches. *Communications of the Association for Information Systems*, 34 (artikel 12), 257-286. <http://aisel.aisnet.org/cais/vol34/iss1/12>
- Bower, M., Wood, L. N., Lai, J. W., Howe, C., Lister, R., Mason, R., Highfield, K., & Veal, J. (2017). Improving the Computational Thinking Pedagogical Capabilities of School Teachers. *Australian Journal of Teacher Education*, 42(3), 53-72. <http://dx.doi.org/10.14221/ajte.2017v42n3.4>
- Bundsgaard, J., Binderslev, S., Caeli, E., Pettersson, M., & Rusmann, A. (2019). *Danske elever teknologiforståelse – Resultater fra ICILS-undersøgelsen*. Aarhus: Aarhus Universitetsforlag.
- Caspersen, M. E., Iversen, S. O., Nielsen, M., Hjort, A., & Musaeus, H. L. (2018). *Computational Thinking – hvorfor, hvad og hvordan?* Efter opdrag fra Villum Fondens bestyrelse. Aarhus.
- Curran, J., Schulz, K., & Hogan, A., (2019). *Coding and Computational Thinking – What is the Evidence?* State of New South Wales, Department of Education.
- Dansk Vækstråd (2016). *Rapport om kvalificeret arbejdskraft*. http://danmarksvaekstraad.dk/file/634221/Rapport_om_kvalificeret_arbejdskraft.pdf lokaliseret d. 14.09.2017
- Gadanidis, G., Cendros, R., Floyd, L., & Namukasa, I. (2017). Computational Thinking in Mathematics Teacher Education. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education (CITE Journal)*, 17(4), 458-477.
- Haddaway, N. R., Collins, A. M., Coughlin, D., & Kirk, S. (2015). The Role of Google Scholar in Evidence Reviews and Its Applicability to Grey Literature Searching. *PLoS ONE* 10(9): e0138237. doi:10.1371/journal.pone.0138237
- Ejsing-Duun, S., & Misfeldt, M. (2015). Tema 1: Programmering af robotenheder i grundskolen. *Tidsskriftet Læring og Medier (LOM)*, 8(14). <https://doi.org/10.7146/lom.v8i14.21615>
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., ..., PRISMA-P Group (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *BioMed Central, Systematic Reviews* 4(1). <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>
- Mouza, C., Yang, H., Pan, Y., Yilmaz Ozden, S., & Pollock, L. (2017). Resetting educational technology coursework for pre-service teachers: A computational thinking approach to the development of technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(3), 61-76. <https://doi.org/10.14742/ajet.3521>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms. Children, computers and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Pérez, A. (2018). A Framework for Computational Thinking Dispositions in Mathematics Education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 49(4), 424-461. DOI: 10.5951/jresmetheduc.49.4.0424



- Randolph, J. (2009). A Guide to Writing the Dissertation Literature Review. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 14(13). <http://pareonline.net/getvn.asp?v=14&n=13>
- Sand, P., Yadav, A., & Good, J. (2017). Computational Thinking in K-12: In-service Teacher Perceptions of Computational Thinking: Foundations and Research Highlights. I: Khine, S. (red.), *Computational Thinking in the STEM*, (s. 151- 164). Springer International Publishing AG. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93566-9_8151
- Selby, C., & Woolland, J. (2013). *Computational Thinking: The Developing Definition*. Rapport. University of Southampton (E-prints).
- The Royal Society, UK (2017). *After the reboot: computing education in UK schools*. Rapport.
- UVM (2018). *Tilføjelse til læseplan i matematik*. Undervisningsministeriet. <https://emu.dk/sites/default/files/2019-02/læseplan%20i%20matematik.pdf> lokaliseret d. 09.10.2019.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Yadav, A., Gretter, S., Good, J., & McLean, T. (2017). Computational Thinking in Teacher Education. I: Rich, P., & Hodges, C. (red.), *Emerging Research, Practice, and Policy on Computational Thinking, Educational Communications and Technology: Issues and Innovations* (s. 205-220). DOI 10.1007/978-3-319-52691-1_13
- Yadav, A., Mayfield, C., Zhou, N., Hambrusch, S., & Korb, J.T. (2014). Computational Thinking in elementary and secondary teacher education. *ACM Transactions on Computing Education* 14(1), 1-16. <https://doi.org/10.1145/2576872>