

Computational Tankegang i Matematik

Et studie af det pædagogiske personales transformative agency i et kulturhistorisk analytisk perspektiv

Kaup, Camilla Finsterbach

DOI (link to publication from Publisher):
[10.54337/aau548870015](https://doi.org/10.54337/aau548870015)

Publication date:
2023

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Kauf, C. F. (2023). *Computational Tankegang i Matematik: Et studie af det pædagogiske personales transformative agency i et kulturhistorisk analytisk perspektiv*. Aalborg Universitetsforlag.
<https://doi.org/10.54337/aau548870015>

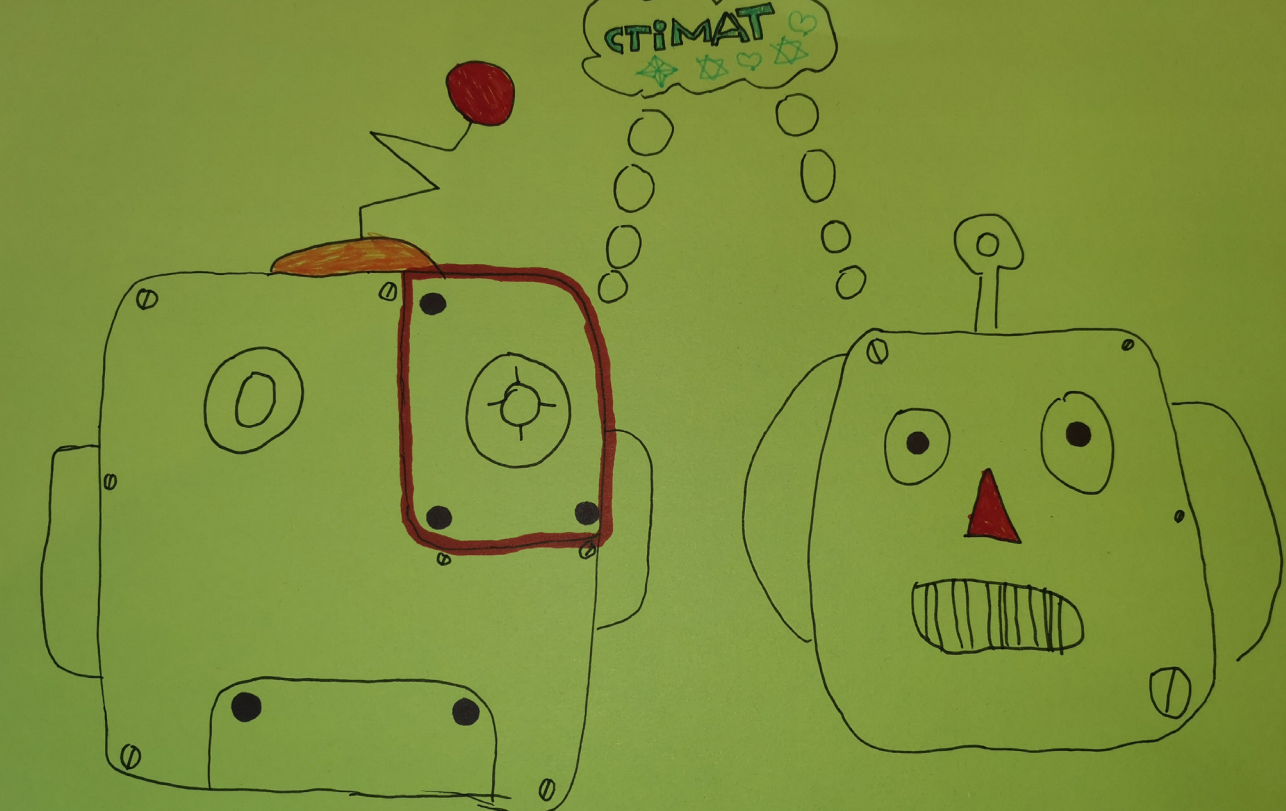
General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



COMPUTATIONEL TANKEGANG I MATEMATIK

ET STUDIE AF DET PÆDAGOGISKE PERSONALES TRANSFORMATIVE
AGENCY I ET KULTURHISTORISK ANALYTISK PERSPEKTIV

AF
CAMILLA FINSTERBACH KAUP

PH.D. AFHANDLING 2023



AALBORG UNIVERSITET

COMPUTATIONEL TANKEGANG I MATEMATIK

**ET STUDIE AF DET PÆDAGOGISKE PERSONALES
TRANSFORMATIVE AGENCY I ET KULTURHISTORISK
ANALYTISK PERSPEKTIV**

by

Camilla Finsterbach Kaup



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Dissertation submitted

Ph.d. indleveret: 05.04.2023

Ph.d. vejleder: Professor Eva Brooks
Aalborg University

Ph.d. bi-vejledere: Docent Susanne Dau
Professionshøjskolen UCN
Professor Morten Misfeldt
Københavns Universitet

Ph.d. bedømmelsesudvalg: Lektor Lykke Brogaard Bertel (forperson)
Aalborg Universitet, Danmark
Professor Nina Bonderup Dohn
Syddansk Universitet, Danmark
Docent Maria Spante
Högskolan Väst, Sverige

Ph.d. serie: Det Humanistiske og Samfundsvidenskabelige Fakultet,
Aalborg Universitet

Institut: Institut for Kultur og Læring

ISSN (online): 2794-2694
ISBN (online): 978-87-7573-809-0

Udgivet af:
Aalborg Universitetsforlag
Kroghstræde 3
9220 Aalborg Ø
Tlf. 9940 7140
aauf@forlag.aau.dk
forlag.aau.dk

© Copyright: Camilla Finsterbach Kaup

Trykt i Danmark af Stibo Complete, 2023



CV

Scientific Focus Areas

My research is placed on the intersection between digitalization of teaching and learning and mathematics education. I have recently worked with integrating computational thinking in mathematics from a professional development point of view, trying to understand how digital artifacts influence mathematics teaching. My approach combines ethnographical work with interventionist methodologies, often using digital artifacts and designing new processes that push our established ideas of teaching and learning mathematics.

Education

2019- : PhD-student, Aalborg University. Subject: *Computational Thinking in Mathematics*

2014-2016: Master of Science in Information technology, Aalborg University

2012-2014: Master of Arts in Learning and Innovative Change, Aalborg University

2005-2009: Bachelor of Education, University College Lillebaelt, UCL

Present and Past Employment

03.01.2019- : PhD-student Aalborg University

09.01.2015- Denmark, Social educator	Assistant professor, University College of Northern
01.01.2015-09.01.2016	Parttime editor -Ministry of It and Learning
10.01.2011-08.31.2015 North	Teacher, Social Welfare and Health Training, SOSU
08.01.2009- 09.30.2011	Teacher, Preschool, Sports boarding school Ulboelle

Publications

- Kaup, C. F.** (2019): Læreres og lærerstuderendes forståelse af computationel tankegang i relation til matematikundervisningen: Et hermeneutisk litteraturreview. *Studier i læreruddannelse og - Profession*, 4(1), 77-103
- Kaup, C. F.** (2020): Examining educational staff's expansive learning process: To understand the use of digital manipulative artefacts to support the students' computational thinking and mathematical understanding. *Proceedings of the 10th ERME Topic Conference MEDA 2020*. s. 853
- Kaup, C. F.** (2021). Computational tankegang fra et pædagogisk perspektiv: Skolepædagogens betydning for teknologiinddragelse i matematikundervisningen. *Forskning i Pædagogers Profession og Uddannelse*, 5(1), 14. <https://doi.org/10.7146/fppu.v5i1.125705>
- Kaup, C.F.** (2022). Orchestration Between Computational Thinking and Mathematics. In Brooks, E., Sjöberg, J., Møller, A. K. (Eds.). Design, Learning, and Innovation: 6th EAI International DLI Conference. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, Vol., Springer, Cham. **Award-winning paper – best paper**
- Kaup, C.F.** (2022). Kaup, C. F. (2022). Mapping the relations between computational thinking and mathematics in terms of problem-solving. *Acta Didactica Norden*, 16(4), 17 sider. <https://doi.org/10.5617/adno.9185>
- Kaup, C.F.** (2022). Orchestration Between Computational Thinking and Mathematics. In Brooks, E., Sjöberg, J., Møller, A. K. (Eds.). Design, Learning, and Innovation: 6th EAI International DLI Conference. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, Vol., Springer

Kaup, C.F. & Dau, S. (2022). Digitale artefakter i matematikundervisningen. Understøttelse af elevernes computationelle og matematiske forståelse. *Learning Tech – Tidsskrift for læremidler, didaktik og teknologi*, (11), 73-106. DOI: 10.7146/lt.v7i11.128231

Kaup, C.F., & Kristiansen, M.A. (2021). Eksplorativ feedback gennem computer supported collaborative learning in *Feedback i Pædagoguddannelsen* red. Hyldahl, K., & Kirkegaard, P.O. Kapitel 6, Dafolo.

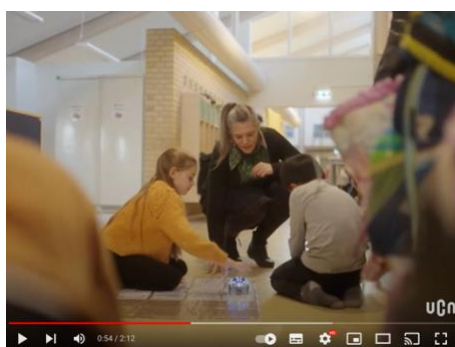
Møller, A. K., **Kaup, C. F.**, Brooks, E., Gnaur, D., Schurer, M. H. (2022). From programming to computational perspectives in higher educations for humanities students. *Acta Didactica Norden*.

Conferences & talks with presentations

- 2022:** Talk at SESAME (The Graduate Group in Science and Mathematics Education, UC Berkeley)
- 2021:** DLI – Design, Learning & Innovation – Award-winning paper “best paper”
- 2021:** ICME - International Congress on Mathematical Education
- 2020:** MEDA- Mathematics Education in the Digital Age
- 2018:** OEB – Berlin - The global, cross-sector conference on technology supported learning and training
- 2016:** OEB – Berlin - The global, cross-sector conference on technology supported learning and training

Communication to practices

Video about my project: <https://youtu.be/yxkdw1XOIWI>



LISTE OVER ARTIKLER MEDTAGET I DENNE AFHANDLING

- I. Kaup, C. F. (2019): Læreres og lærerstuderendes forståelse af computationel tankegang i relation til matematikundervisningen: Et hermeneutisk litteraturreview. *Studier i læreruddannelse og - Profession*, 4(1), 77-103
- II. Kaup, C. F. (2021). Computational tankegang fra et pædagogisk perspektiv: Skolepædagogens betydning for teknologiinddragelse i matematikundervisningen. *Forskning i Pædagogers Profession og Uddannelse*, 5(1), 14. <https://doi.org/10.7146/fppu.v5i1.125705>
- III. Kaup, C. F. & Dau, S. (2022). Digitale artefakter i matematikundervisningen. Understøttelse af elevernes computationelle og matematiske forståelse. *Learning Tech – Tidsskrift for læremidler, didaktik og teknologi*, (11), 73-106. DOI: 10.7146/lt.v7i11.128231
- IV. Kaup, C. and Brooks, E., 2022. A Cultural-Historical Perspective on How Double Stimulation Triggers Expansive Learning: How Teachers and Social Educators Can Use Double Stimulation to Implement Computational Thinking in Mathematics. *Designs for Learning*, 14(1), p.151–164. DOI: <https://doi.org/10.16993/dfl.206>
- V. Kaup, C.F. (2022). Orchestration Between Computational Thinking and Mathematics. In Brooks, E., Sjöberg, J., Møller, A. K. (Eds.). Design, Learning, and Innovation: 6th EAI International DLI Conference. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, Vol., Springer
- VI. Kaup, C. F. (2022). Mapping the relations between computational thinking and mathematics in terms of problem-solving. *Acta Didactica Norden*, 16(4), 17 sider. <https://doi.org/10.5617/adno.9185>

ENGLISH SUMMARY

Computational Thinking in Mathematics

A study of the educational staff's transformative agency in a cultural-historical activity theory perspective.

This dissertation aims to contribute knowledge about the impact of focusing on the concept of computational thinking (CT) on the practice of educational staff (mathematics teachers and social educators). Studies have shown that educational staff find it challenging to make CT in mathematics a permanent part of their practice. The thesis consists of six articles highlighting different aspects of the work on including CT in mathematics education methodically, empirically, and theoretically.

The dissertation seeks to answer the following research questions:

How do educational staff's activities with computational thinking in mathematics reflect their transformative agency during the change process?

What work-related constraints and potentials arise with computational thinking when the educational staff collectively create change?

Thus, the challenges and strategies that develop when educational staff faces unfamiliar situations in an educational context are explored. Central to this study is how, through formative interventions, educational staff transform their practice in the process based on key concepts from the Change Laboratory methodology and the theoretical framework of expansive learning.

The dissertation consists of six articles, in addition to this thesis summary, each of which

- I. reviews existing literature related to teachers' understanding of CT,
- II. illuminates how educators can help support the inclusion of CT in mathematics education,

- III. explores how teachers can incorporate digital artefacts and the potentials that arise when working with CT,
- IV. explains how transformative agency unfolds with the expansive learning process of educators,
- V. explains how the empirical model developed in Article III can be theoretically substantiated, and
- VI. reviews existing studies to examine the relationship between CT and mathematics.

This dissertation provides methods for enhancing the transformative agency of educational staff by working with double stimulation, in which they actively construct and develop their pedagogical practices. The dissertation thesis contributes to the field of professional learning and agency theory by demonstrating that educators can create collective change when they design their practice.

The dissertation demonstrates: a) that the formative approach of the Computational Thinking in Mathematics (CTiMAT) intervention supports the pedagogical staff's competencies in working with digital artefacts in mathematics education. b) The digital artefacts acted as explicit mediators and helped the pedagogical staff in their acquisition of computational thinking. c) The pedagogical staff needed to gain a computational understanding to integrate CT into mathematics education. d) A collective change process can be seen as a positive influence assisting the individual working with CT. Due to the collective change process, the educational staff's motivations for using CT in mathematics were also altered, and the subsequent development was observed: at first, the staff focused on *digital artefacts*, followed by *CT and mathematics*, and finally, they realised that in the future, pupils would need *CT competencies*.

DANSK RESUMÉ

Formålet med afhandlingen er at bidrage med viden om, hvilken betydning det har for det pædagogiske personales (matematiklærere og pædagoger) praksis, at der sættes fokus på begrebet computationel tankegang (CT). Tidligere undersøgelser har vist, at det kan være svært for det pædagogiske personale at gøre arbejdet med CT i matematik til en vedvarende del af den pædagogiske praksis.

Afhandlingen består af seks artikler, der belyser forskellige aspekter i arbejdet med at inddrage CT i matematikundervisningen både metodisk, empirisk og teoretisk. Afhandlingen søger at besvare følgende forskningsspørgsmål:

Hvad viser sig i det pædagogiske personales virksomhed i arbejdet med computationel tankegang i matematik, og hvordan afspejles dette i det pædagogiske personales transformative agency under forandringsprocessen?

Hvilke begrænsninger og potentialer opstår i arbejdet med computationel tankegang, når det pædagogiske personale kollektivt skaber forandringer?

Det undersøges således, hvilke udfordringer og strategier, der udvikles, når det pædagogiske personale står over for ukendte situationer i en undervisningssammenhæng. Det centrale i undersøgelsen er, hvordan det pædagogiske personale undervejs, ved hjælp af formative interventioner, transformerer deres virksomhed baseret på centrale begreber fra Change Laboratory metodologien og den teoretiske ramme for ekspansiv læring.

Afhandlingen består ud over denne kappe af seks artikler, der hver især:

- I. Afdækker eksisterende litteratur på området i relation til lærernes forståelse af arbejdet med CT
- II. Belyser, hvordan pædagogerne kan være med til at understøtte inddragelse af CT i matematikundervisningen

- III. Belyser, hvordan lærerne kan inddrage digitale artefakter, og hvilke potentialer der opstår i arbejdet med CT
- IV. Belyser, hvordan transformativ agency udfoldes i forhold til det pædagogiske personales ekspansive læreproces
- V. Belyser, hvordan den empiriske model, fremkommet i artikel III, teoretisk kan underbygges
- VI. Afdækker eksisterende undersøgelser for at undersøge relationen mellem CT og matematik

Det fremgår af afhandlingen, at den formative tilgang til interventionen Computational Tankegang i Matematik (CTiMAT) var med til at understøtte det pædagogiske personales kompetencer i arbejdet med digitale artefakter i matematikundervisningen. De digitale artefakter fungerede som eksplicit mediering og hjalp det pædagogiske personale i deres tilegnelse af den computationelle tankegang. Det blev fundet centralt, at det pædagogiske personale selv udviklede en computationel forståelse for at kunne inddrage CT i matematikundervisningen. Det ses, at den kollektive forandringsproces var med til at understøtte den enkelte i arbejdet med CT. Den kollektive forandringsproces var ligeledes med til at ændre det pædagogiske personales motiv for at arbejde med CT i matematik, hvor følgende udvikling blev fundet: Først havde det pædagogiske personale fokus på *brugen af digitale artefakter*, dernæst *CT og matematik* for til sidst at finde et behov for at eleverne i fremtiden får brug for *CT-kompetencer*.

Metodisk bidrager afhandlingen med metoder til at understøtte det pædagogiske personales transformative agency gennem arbejdet med dobbelt stimulation, hvor de selv aktivt er med til at konstruere og udvikle deres pædagogiske praksis. Denne afhandling bidrager til teorifeltet omhandlende professionel læring og agency og finder, at når det pædagogiske personale selv er med til at designe deres egen praksis, kan der skabes kollektive forandringer.

TAKSIGELSER

Under denne rejse, som jeg har været på med dette ph.d.-studie, har jeg mødt mange vidunderlige mennesker. Det har været tre spændende år, som ikke havde været det samme uden dem. Her vil jeg takke dem, der har inspireret og støttet mig mest.

Først og fremmest vil jeg takke **Morten Misfeldt**, som hele vejen igennem har haft troen på projektet, og som var med fra projektets spire og et halvt år inde i projektet. Trods et skift af hovedvejleder i projektets første år har Morten været med på sidelinjen og givet gode faglige indspark – det er jeg ham evigt taknemmelig for. Der skal også lyde en særlig tak til **Eva Brooks**, som blev min hovedvejleder efter Morten. Eva har haft en særlig evne til at guide og støtte mig i min rejse inden for det sociokulturelle perspektiv. Eva har altid været åben for mine idéer, også de mere skøre af slagsen og har både støttet og fået mig til at reflektere over gode og dårlige beslutninger. En stor tak til dig! **Susanne Dau**, har været med fra start. Susanne var der, da jeg først fik tanken om en ph.d. og har støttet mig lige siden. Susanne har som bi-vejleder på projektet støttet mig i både op- og nedture og givet mig opmuntring, når projektet har mødt bump på vejen. Dette ph.d.-projekt ville ikke have været en realitet uden din støtte, hvilket jeg vil være dig evigt taknemmelig for.

Der skal også lyde en stor tak til **Preben Kirkegaard**. Preben har fra start støttet op om projektet og hjalp med til, at det kunne blive en realitet gennem det fælles nordjyske projekt Viden i Skolen. En stor tak skal derfor også lyde til de nordjyske kommuner, som har skabt rum for empiriindsamling og gjort det muligt at formidle min viden til gavn for praksis. Tak til de nordjyske skoler, forvaltninger og skoledirektører for at tage så godt imod projektet fra start til slut. Ligeledes skal der lyde en stor tak til **Jesper Jensen**, min leder på pædagoguddannelsen, som har været med til at bane vejen for ph.d.-studiet. Uden din støtte og troen på at jeg kunne komme i gang, var det nok ikke lykkedes. Tak for altid at være der og lade mig tage på en akademisk rejse, tak til UCN og i særdeleshed Pædagoguddannelsen for at støtte mig. Jeg ser frem til det videre samarbejde om mange og spændende projekter i fremtiden.

Desuden skal nævnes mine medstuderende **Pernille** og **Anne** for at være trofaste støtter under projektet, og som jeg kunne dele store som små sejre med i ph.d.-processen. **Nadia** og **Marlene** for at indgå i en skrivegruppe, hvor der altid er åbenhed og mulighed for at få god og saglig feedback. **Jill** og **Marina**, som jeg mødte på et ph.d.-kursus i Sverige, og som jeg jævnligt har onlinemøder med om stort og småt relateret til CHAT og til Jill for at åbne sine arme og invitere mig på besøg, da jeg var i USA.

Der skal også lyde en tak til forskningsgruppen i **XLAB**, som har taget kærligt imod mig. Tak for at støtte, guide og vejlede mig under processen. Det har været inspirerende at være en del af jeres forskningsgruppe, hvor der er højt til loftet og plads til, at man kan udfolde sine idéer. Corona har været en uundgåelig ting, jeg har måttet forholde mig til under dette ph.d.-projekt på godt og ondt. På et splitsekund blev verden lukket, men det åbnede også for nye samarbejdsmuligheder på tværs af landegrænser. En stor tak til **Yjro Engeström** og hans kone **Annalisa Sannino** skal lyde for at skabe et forskningsnetværk, der har gjort det muligt for mig at fordybe mig yderligere i CHAT og for altid at være åbne, hjælpsomme og guidende i min tilegnelse af den til tider komplekse teoriramme. Det er med stor taknemmelighed, jeg blev indviet i **Dor Abrahamsons** forskningsgruppe ERDL (Embodied Design Research Laboratory), først med ugentligt onlinemøde for dernæst at kunne tage til UC Berkeley og diskutere mit projekt med forskningsgruppen. Der skal også lyde en tak til **Andrea diSessa**, der tog sig tid til at lytte til mit projekt og dele viden fra sit inspirerende arbejde med computational literacy.

Tak til venner og familie for at opmuntre mig og troen på, at det hele nok skulle lykkes. Tak for, at jeg har kunnet vende både store og små tanker med jer undervejs og for at tage jer lidt ekstra af os, når I kan se, at det hele er ved at brænde på. Både over strikketøjet, et glas rosé eller ved at byde os som familie på aftensmad.

Sidst, men ikke mindst vil jeg takke min familie; uden jer var dette aldrig lykkedes. Tak til min mand **Andreas** for tålmodighed, opmuntring og al den kærlighed du har delt under denne rejse. Der har været dage, hvor rollen som hustru måske har været sekundær i relation til rollen som ph.d.-studerende – men din støtte har været konstant. Der skal også lyde en særlig tak til mine to børn **Emmy** og **Albert**, for at huske mig på, at der også var et liv ved siden af studiet. De har været en stor støtte og inspiration, når jeg har haft robotter og dimser med hjem, hvor de altid har været nysgerrige og været med på at udforske sammen med mig. Tak for jer!

INDHOLDSFORTEGNELSE

Kapitel 1 Indledning	20
1.1 Computational tankegang i lyset af problemløsning	20
1.2 Transformativ agency og udvikling af computational tankegang	23
1.3 En formativ intervention.....	26
1.4 Formål og forskningsspørgsmål	28
1.5 Læsevejledning.....	28
Kapitel 2 Epistemologisk afsæt.....	29
2.1 Formativ intervention.....	34
2.2 CHAT fra begyndelsen.....	35
2.3 Anden generation.....	36
2.3.1 Cultural Historical activity theory (CHAT)	38
2.3.2 Modsætninger i virksomhedssystemet	40
2.4 Princippet om dobbelt stimulation.....	43
2.5 Det individuelle i det kollektive.....	45
2.6 Fra det abstrakte til det konkrete.....	48
2.7 Ekspansiv læring.....	50
2.8 Internalisering og eksternalisering	53
2.9 Transformative Agency by Double Stimulation	54
2.10 Implikationer for brug af CHAT i en uddannelsesmæssig virksomhed.....	56
2.11 Et sociokulturelt perspektiv	58
2.12 En dialektisk tilgang.....	59
Kapitel 3 Forskningsdesign	62
3.1 Et prototypisk design.....	62
3.2 Metoder til dataindsamling	65
3.3 Metode til indsamling af data: fokuseret etnografi	67
3.3.1 Videoobservation	69

3.3.2 Observationsnoter	70
3.3.3 Observationsnedslag	71
3.3.4 At være i feltet	72
3.3.5 Opfølgende interview	74
3.4 En beskrivelse af inklusionskriterier og udvælgelsesmetode	75
3.5 Rammerne for skolernes deltagelse i interventionen	76
3.6 Målgruppen for interventionen	77
3.7 Begrænsninger i studiet	78
3.7.1 At følge objektet	79
3.8 CL oversigt	79
3.8.1 De syv change laboratory sessioner	80
3.9 Udvælgelse af anden stimulus til understøttelse af det pædagogisk personale	84
3.10 Læringslaboratorie	86
3.11 Dataindsamling under og mellem CL-sessionerne	89
3.11.1 Analysemetode i relation til observationerne	90
3.11.2 Dataanalyse fra CL-sessioner	92
3.12 Datagrundlag for analysen i kappen	93
3.13 Etiske overvejelser	95
3.13.1 Etiske overvejelser over observationsstudie	97
3.13.2 At tage vare på informanter	97
3.14 Studiets gyldighed	98
3.14.1 Overførbarehed	99
3.14.2 Konsistens og transparens	100
3.14.3 Troværdighed	100
3.15 Triangulering i kvalitativ forskning	102
3.15.1 Data- og metodetriangulering	103
3.15.2 Teori- og forskertriangulering	103
3.15.3 Sammenhængen mellem data i interventionen CTiMAT	106
3.16 Rollen som forsker	108
3.16.1 Ene forsker	111
3.16.2 Værktøjsskassen	111
Kapitel 4 Oversigt over artiklerne	114
4.1 Artikel I	115

4.2 Artikel II	115
4.3 Artikel III	116
4.4 Artikel IV	117
4.5 Artikel V	117
4.6 Artikel VI	118
Kapitel 5 Analyseprocessen på tværs af artiklerne	119
5.1 TADS og læringshandlinger	119
5.2 Det pædagogiske personales virksomhedssystem	123
5.3 Artefaktet som det medierende led	124
5.3.1 Design af CT i matematik	125
5.4 Modsætning mellem artefakt og objekt	128
5.4.1 Model 2 – specialisering	130
5.4.2 Model 3 – værkstedsugen	131
5.5. Modsætninger mellem artefakter	133
5.5.1 Computationelle tænkere	136
5.6 Virksomhedens tre niveauer	140
5.7 Udvikling og læring	142
5.8 Modsætninger mellem regler og artefakt	145
5.9 Det kollektive som omdrejningspunkt	147
5.9.1 C-klassen	147
5.9.2 Når rollerne skifter	150
5.9.3 Klasseopdelt undervisning	152
5.10 Den interaktive zone	154
5.10.1 Nye elever blomstrer	155
5.11 At skabe en transformation	159
5.12 Vejen mod et nyt objekt	166
5.13 På tværs af skoler	168
Kapitel 6 Diskussion og bidrag	170
6.1 Et andet blik på uddannelsesforskning	170
6.2 Dobbelt stimulation understøtter ekspansiv læring og på sigt transformativ agency	172

6.3 Den didaktiske transposition	173
6.4 Udveksling- og brugsværdi	175
6.5 Studiets begrænsning.....	177
6.6 Refleksioner over forskningsprocessen	180
<i>Kapitel 7 Konklusion og fremtidige tiltag.....</i>	183
7.1 På vej mod nye ændringer.....	183
7.2. Fremadrettet perspektiv.....	186
<i>Literaturliste</i>	189
<i>Appendices</i>	205

OVERSIGT OVER FIGURER

Figur 1. Model over det teoretiske afsnit og deres forbundethed	32
Figur 2. A). Vygotskys model for medieret handling og (B) dens almindelige reformulering	34
Figur 3: De tre virksomhedsniveauer	36
Figur 4. Virksomhedssystemet	38
Figur 5. Vygotskys (1997) teori om dobbelt stimulation	42
Figur 6. Davydovs (1990) teori om at gå fra det abstrakte til det konkrete	48
Figur 7. Ekspansiv læringscyklus	50
Figur 8. Transformative agency by double stimulation (TADS)	54
Figur 9. Et prototypisk design over et CL	62
Figur 10. Datagrundlag for brug af første stimulus	92
Figur 11. Oversigt over dataindsamling og løbende analyse	104
Figur 12. Potentielt delt objekt	106
Figur 13. Artikeloversigt og deres forbindelser til hinanden	111
Figur 14. Det pædagogiske personales virksomhedssystem	120
Figur 15. Virksomhedssystemet og primær modsætning omkring artefaktet	124
Figur 16. Virksomhedssystemet sekundær modsætning mellem artefakt og objekt	126
Figur 17. Teritær modsætning	129
Figur 18. Kvartær modsætning mellem CFU og det pædagogiske personale.	134
Figur 19. Sekundær modsætning mellem artefakt og regler	143
Figur 20. Sekundær modsætning mellem subjekt og arbejdsdeling	146
Figur 21. Orkestrering mellem CT og matematik	157
Figur 22. Teoretisk placering	158
Figur 23. Realistisk placering	159
Figur 24. Primær modsætning under regler	160
Figur 25. Venn-diagram, Orkestrering mellem CT og matematik	162
Figur 26. Den formative interventions lagdelte karakter	163
Figur 27. Den Didaktiske Transposition	170

Akronymer

CT – Computational Tankegang
CTiMAT – Computational Tankegang i Matematik
TADS – Transformativ Agency by Dobbelt Stimulation
NUZO – Zonen for Nærmeste Udvikling
CHAT – Cultural-Historical Activity Theory
CL – Change Laboratory

KAPITEL 1 INDLEDNING

I afsnit 1.1 introduceres den computationelle tankegang i relation til matematikundervisningen. I afsnit 1.2 vil det blive begrundet, hvorfor transformativ agency er relevant for udviklingen af CT, samt for matematiklæreres og pædagogers kompetenceudvikling. I afsnit 1.3 følger en kort præsentation af, hvorfor en formativ intervention blev valgt som metode. Dette leder op til afsnit 1.4, hvor afhandlingens formål og forskningsspørgsmål præsenteres. I slutningen af kapitel 1 er der en kort læsevejledning, hvor strukturen af denne afhandling forklares.

1.1 COMPUTATIONEL TANKEGANG I LYSET AF PROBLEMLØSNING

Denne Ph.d.-afhandling ser på resultatet af et treårigt forskningsprojekt om inddragelse af computationel tankegang (herefter CT) i de yngste klasser i folkeskolen. CT skal i dette perspektiv ses som en problemløsnings kompetence. Afhandlingen undersøger, på hvilke måder pædagoger og matematiklærere (herefter det pædagogiske personale) kan være med til at bidrage med viden om, hvordan CT inddrages i matematikundervisningen. CT anses som en væsentlig kompetence i det 21. århundrede (Voogt et al., 2015; Wing, 2006) og kan ses som en værdifuld ressource for problemløsning i en bred vifte af skolens fag og på arbejdspladser (Buitrago Flórez et al., 2017; Yadav et al., 2018; Møller et al., 2022). Dog skal CT ikke ses som et resultat, men som en tankeproces, der bruges til at identificere et problem og forsætter, indtil problemet er succesfuldt løst (Wing, 2006). Det er en proces, der hjælper med “solving problems, designing systems, and understanding human behavior, by drawing on the concepts fundamental to computer science” (Wing, 2006, s. 33). Det handler ikke så meget om teknologien, men om en måde, hvorpå eleverne kan blive støttet i deres tankeproces og bruge denne strategi til at blive skabere og ikke kun forbrugere af teknologien (Sykora, 2021; Lee et al., 2022). I litteraturen ses det at CT karakteriseres som en problemløsningsstrategi, hvor et komplekst problem løses ved at trække på CT-tankeprocesser så som abstraktion, dekomposition, algoritmisk tænkning, evaluering og generalisering (Selby &

Woolland, 2013). CT som forskningsområde er i sin begyndelse, og meget af den forskning, der er på området, finder inddragelsen af CT i en undervisningskontekst vanskelig (fx Bower et al., 2017). Omvendt viser resultater også, at arbejdet med CT i en undervisningskontekst har potentialer for elevernes læring, hvor CT blandet andet kan understøtte en mere problemorienteret tilgang til undervisningen (Yadav et al., 2018).

Digitale artefakter¹ og teknologi-berigede læringsmiljøer har på det seneste fået stor interesse inden for uddannelsessektoren. CT bliver ofte nævnt som en tilgang, der kan understøtte disse nye læringsmiljøer (Monjelat & Lantz-Andersson, 2019; Wing, 2006). CT ses ofte som en kompleks tankeproces, der hovedsageligt har været målrettet ældre elever inden for matematik og datalogi (Chongo et al., 2020). Forskning i CT har hovedsageligt været forbeholdt udskolingen og gymnasiet (fx Lee et al., 2022; Chongo et al., 2020), og forskellige indsatser er blevet lavet for at fremme elevernes CT ved at integrere kodning, programmering og teknologiforståelse i skolernes læreplaner både nationalt som en forsøgsordning (Børne- og Undervisningsministeriet, 2021) og internationalt (The Royal Society, 2017; Bocconi et al., 2016). I Danmark er CT undersøgt gennem en forsøgsordning relateret til hele grundskolen, hvor det er undersøgt om teknologiforståelse skal ind i fagene eller blive et selvstændigt fag (Børne- og Undervisningsministeriet, 2021). Forskning relateret mod de yngre elever er dog fortsat sparsomt (Lee et al., 2022) og det er stadigvæk et spirende begreb inden for arbejdet med yngre elever i en uddannelseskontekst, og viden er stadigvæk begrænset i forhold til at fremme yngre elevers CT (Lee et al., 2022; Shute et al., 2017). Det er dog bekræftet, at yngre børn lærer gennem konkrete og håndgribelige legebaserede aktiviteter, også når det gælder arbejdet med CT (Bers, 2018; Lee et al., 2022; Lavigne et al., 2020; Vygotsky, 1978). Det er derfor fra et

¹ Definition/ afgrænsning af digitale artefakter. Digitale artefakter anses i dette projekt som et materielt artefakt med en indlejret intentionalitet, idet det er en materiel genstand, der er frembragt med et bestemt formål, og der sker en re-konfigurering ved brug af det i en social kontekst (Hasse et al., 2015; Kaup, 2021).

forsknings- og anvendelsesperspektiv væsentligt at undersøge, hvorledes CT kan anvendes i folkeskolen allerede fra indskolingen.

Ser man på forskningen inden for feltet udviklingen af det pædagogiske personale i relation til læring og digitale artefakter er den yderst sparsom. Det meste af den viden der eksisterer omkring læring og digitale artefakter, er baseret på forskning om elevernes brug heraf, hvor fokus sjældent har været på det pædagogiske personale (Monjelat & Lantz-Andersson, 2020). Det selvom det pædagogiske personales faglige udvikling betragtes som det primære middel til at forbedre læringsmiljøet (Monjelat & Lantz-Andersson, 2020; Petty et al., 2015). I mange lande er det påvist, at mulighederne for efteruddannelse er utilstrækkelige for pædagogiske personale (Pettersson, 2010). De tilbud, der allerede er etableret, opleves som fragmenterede og irrelevante i forhold til de faktiske udfordringer, det pædagogiske personale står med i praksis. Efteruddannelsen er ofte udformet som en-dagworkshops og understøtter ikke kollaborativ og kollektiv læring med udgangspunkt i deltagernes egen praksis (Monjelat & Lantz-Andersson, 2020; Petty et al., 2015). Ser vi på forskningen inden for eftervidereuddannelsen af det pædagogiske personale inden for CT, peger forskningen på, at det pædagogiske personale finder arbejdet med CT vanskeligt, hvilket i særdeleshed skyldes, at arbejdet med CT ikke har været en del af deres uddannelse, og efteruddannelse ikke findes tilstrækkelig (Monjelat & Lantz-Andersson, 2020; Bower et al., 2017; Bocconi et al., 2016). Dette studie adskiller sig fra tidligere studier ved at tage udgangspunkt i det pædagogiske personales kollektive udviklingsproces, hvor deres viden og erfaringer inddrages for derigennem gradvist at klæde dem på til at arbejde med CT i matematikundervisningen. Der ses dog nogle udfordringer med at inddrage CT i en undervisningskontekst, hvilket udfoldes i næste afsnit.

1.2 TRANSFORMATIV AGENCY OG UDVIKLING AF COMPUTATIONEL TANKEGANG

En af udfordringerne med at integrere CT i en undervisningskontekst kan ses på det pædagogiske personales manglende viden om CT (Bower et al., 2017; Menekse, 2015). Kompetenceudvikling bliver af Guskey (2002) generelt defineret som de processer og aktiviteter, der har til formål at forbedre det pædagogiske personales professionelle viden, færdigheder og holdninger, så de på sigt kan forbedre elevernes læring. Ifølge Virkkunen (2006) skal sådanne aktiviteter, hvor nye digitale artefakter og koncepter integreres, transformeres i samarbejde med praksis. Hvor det pædagogiske personale tilbydes faglige udviklingskurser, der løbende støtter og giver ressourcer til at dele undervisningsdesigns og erfaringer med kolleger (Black et al., 2013). På baggrund heraf bliver det relevant at undersøge, hvordan det pædagogiske personale som en del af deres kompetenceudvikling kan udvikle deres CT-forståelse og anvende dette i deres undervisning (Lee et al., 2011).

Inden for forskning i kompetenceudvikling i en skolekontekst er der de seneste årtier kommet et øget fokus på begrebet *teacher agency* (Imants & Van der Wal, 2020). Agency ses fundamentalt som et led i det pædagogiske personales egen læring og skoleudvikling, hvor agency vedrører kompetencen til at handle i praksis (Imants & Van der Wal, 2020). I et studie af Brandi og Hasse (2010) viser en empirisk case, at for at innovative tiltag i organisationer kan lykkes, er det afhængigt af, at den kulturelle læreproces er forbundet til motivet for innovationen. Centralt for den organisatoriske kultur er blandt andet et fokus på brugen af artefakter, værdier og følelser, der kan være med til at ændre motivet. Når den kulturelle læreproces lykkes, er motivet for deltagerne ændret og innovationen vil være gennemført. Dette underbygges af Balsamo (2011), der understreger, at det ikke er nok blot at designe teknologien, men at det er menneskene omkring, der har betydning for, at det lykkes. “The *real* business of technological innovation is the reproduction of technocultures over time” (Balsamo. 2011, s. 5, kursiv i original). Dette kan overføres til skolen, hvor digitale artefakter i de seneste år har gjort sit indtog, og hvor der stadigvæk mangler indsigt i, hvordan de digitale artefakter kan gøres til en mere vedvarende del af det

pædagogiske personales undervisningspraksis (Monjelat & Lantz-Andersson, 2020; Bower et al., 2017). Indførelsen af nye begreber og digitale artefakter kræver således interventionsmetoder, der giver deltagerne mulighed for at tage nye begreber til sig og selv identificere et behov for ændringer i forhold til egen undervisning – altså motivet er ændret. Motiv refererer til det formål eller den intention, der driver og styrer en persons eller gruppes handlinger inden for en given praksis (Leont'ev, 1978). Dette giver således anledning til at vende sig mod begrebet agency, der positionerer læreren og pædagogen som intentionel handlende inden for rammerne af egen undervisning (Komischke-Konnerup et al., 2020). Sannino (2010) påpeger, at inddragelse af nye faglige begreber og fagligt indhold kan hindre sand agency, hvis det påføres udefra. Hvilket underbygges af Lasky (2005), der understreger, at indførelse af skolereformer kan true det pædagogiske personale og lede til, at det pædagogiske personale ikke ønsker at skabe ændringer i egen praksis (s. 913). I en dansk kontekst kan det ses i forbindelse med skolereformen anno 2014, hvor det blandt andet, blev ændret på lærerens arbejdstid og pædagogerne fik en legitim rolle i undervisningen (Ringskou & Gravesen, 2020).

Priestley et al., (2013) påpeger, at hvor det faglige indhold kræver en høj grad af initiativ og indflydelse, er agency en væsentlig del af det pædagogiske personales professionelle virke. Agency kan derved ses som et situeret begreb (Chartetis & Smardon, 2015), der reflekterer "the capacity of actors to critically shape their own responsiveness to problematic situations" (Emirbayer & Mische, 1998, s. 971). Chartetis og Smardon (2015) argumenterer endvidere for at for at kompetenceudvikling og læringsinitiativer kan blive bæredygtige, er det centralt at skabe deltagerinddragelse og deltagerinitierede handlinger gennem nysgerrighed og ejerskab. Long (2008) foreslår:

"Hence we need to develop a form of analysis that centers on understanding actors' everyday life struggles, the semiautonomous fields of action in which they operate, and the creativities – both discursive and pragmatic – they display in resolving the problems they face. Unless we attempt this, we are unlikely to

identify the crucial sites of struggles and the combinations of coercion and consent that compose the topography of power relations (s. 77-78).

Når Long (2008) refererer til *struggles*, så henviser han til de forskelligrettede motiver, der kan opstå mellem dem, der intervenserer og deltagere i interventionen (Sannino, 2010). Dette er relevant da det kan være med til at give viden om, hvordan det pædagogiske personale selv drager slutninger og handler på baggrund af nye tiltag og hvilke udfordringer der opstår undervejs om en del af kompetenceudviklingen. Det er således væsentligt at undersøge, hvordan denne agency opstår mellem individer og ikke blot i magtrelationen mellem den, der intervenserer, og dem der deltager. Litteraturen relateret til uddannelsesmæssige forandringer understreger, at top-down løsninger ofte fejler på grund af manglende ejerskab, tilsagn og klarhed, hvorimod bottom-up forandringer er vanskelige at opskalere og fastholde over tid (Scahill & Bligh, 2022; Day, 2017). Når initiativer derimod lykkes, skyldes det blandt andet, at det har givet mening for den enkelte medarbejder, og at samarbejdet er sket kollektivt (Scahill & Bligh, 2022 s. 99).

Jeg vælger derfor at inddrage et kollektivt fokus på agency, hvilket kan betegnes som transformativ agency (Sannino, 2015a; Haapasaari et al., 2016). Transformativ agency er ikke en egenskab ved enkeltpersoner, men opstår i materielt formidlet social interaktion, som muliggøres og begrænses af samfundsmæssige og materielle strukturer (Hopwood et al., 2022). Ved at tage højde for den materielle verden, som menneskelige handlinger er afhængige af og har til formål at ændre, udvides den individuelle agency udover, hvad den enkelte selv kan klare (Sannino, 2015). Et fokus på transformativ agency fremhæver, hvordan individer sammen skaber kollektive handlinger, og hvordan de i arbejdet hermed bryder med tidligere handlinger for derigennem at udvikle nye initiativer, der kan transformere situationen (Virkkunen, 2006). Et fokus på transformativ agency kan ligeledes hjælpe med at undersøge, hvordan det pædagogiske personale udvikler deres agency, når CT inddrages i undervisningen gennem kollektive handlinger. På baggrund af de skitserede studier viser der sig således en stærk argumentation for at arbejde med kollektive processer, hvor det pædagogiske personales agency undersøges i arbejdet

med at integrere CT i en undervisningssammenhæng. For at rammesætte det pædagogiske personales agency er der i studiet inddraget det, der kan betegnes som en formativ intervention. Denne interventionsform præsenteres kort i næste afsnit.

1.3 EN FORMATIV INTERVENTION

Studiets overordnede forskningsramme består af en formativ intervention. En formativ intervention kan ses som en måde, hvorpå potentielle nye måder at arbejde på kan blive forestillet, designet, oplevet og eksperimenteret med af deltagerne (Engeström, 2016). Dette gøres gennem den formative interventionen CT i Matematik (herefter CTiMAT). Studiet trækker her på et kulturhistorisk virksomhedsteoretisk perspektiv (Cultural-Historical Activity Theory – herefter CHAT). CHAT anvendes som teoretisk og analytisk ramme i besvarelsen af mine forskningsspørgsmål. CHAT baserer sig på et syn på læring ud fra sociale, kulturelle og historiske aspekter, hvilket egner sig til at undersøge CT i konteksten af et professionelt udviklingsarbejde for lærere og pædagoger. Teorirammen gør det muligt at undersøge individuelle handlinger i en meningsfuld kontekst, hvor både handlingerne og konteksten udgør analyseenheden. Deltagernes handlingerne og konteksten udgør tilsammen det der kan betegnes som *virksomheden* (Kuutti, 1997). Fordi konteksten er inkluderet i analyseenheden, skal virksomheden ses som værende kollektiv og de kollektive handlinger der skaber ændringer, kan anses som transformativ agency (Virkkunen, 2006).

I dette studie ses matematik som en del af konteksten og det historiske element, hvori CT udfoldes og undersøges i. En motivation for at inddrage CT i matematik kan ifølge Weintrop et al. (2016) blandt andet findes i det skifte, der opleves i den professionelle udførelse af matematik, hvor computationelle løsninger bliver en større del af arbejdet (s. 125). Idéen med at integrere CT i matematik er ikke ny, og den trækker tråde tilbage til Paperts (1980) arbejde med programmeringssproget Logo, som blev udviklet til brug i matematikundervisningen. Papert (1980) så matematikken som en måde, hvorpå man kunne udtrykke sig ved hjælp af computeren, og han skrev “learning to communicate with a computer may change the way other learning takes

place”, og “it is possible to design computers so that learning to communicate with them can be a natural process” (s. 6).

CT kan antage forskellige former, i denne ph.d.-afhandling kan CT ses som:

- skærmbaseret, hvilket indebærer programmering (Barr & Stephenson, 2011; Gadanidis et al., 2016)
- CT kan bruges til at fremstille eller styre digitale artefakter, såsom mikro-computere og programmerbare robotter (Gadanidis et al., 2016)
- CT kan ses som en mere generel tankegang og et værktøj til problemløsning, der fokuserer på computerstrukturer med eller uden brug af en computer (Chongo et al., 2020).

Ifølge Gadanidis et al. (2016) ses der en naturlig og historisk sammenhæng mellem CT og matematik, hvilket ligger i den logiske struktur og evnen til at modellere og undersøge matematiske sammenhænge. Det ses også i definitionen på *Merriam-Webster Dictionary*² der definerer computation som følgende:

a: the act or action of computing: CALCULATION

b: the use or operation of a computer

Det computationelle kan derved både ses som handlinger bestående af beregning, men også brugen af en computer. Ifølge Van Zanten & Van den Heuvel-Panhuizen (2021) er beregningstænkning en væsentlig del af matematikundervisningen, herunder også i indskolingen. Matematikundervisningen fungerer i dette studie som den ramme, hvori CT undersøges. Studiet bidrager derved med viden om, hvordan det pædagogiske personale kan understøttes i deres inddragelse af CT i matematikundervisningen.

² Søgning gennemført d. 2.9.2022 <https://www.merriam-webster.com/dictionary/computation>

1.4 FORMÅL OG FORSKNINGSSPØRGSMÅL

Formålet med afhandlingen er at undersøge, hvilken betydning det har for det pædagogiske personales praksis, at der sættes fokus på begrebet CT. Afhandlingen bidrager med et indblik i, hvordan det pædagogiske personale kan være med til at afdække og medvirke med viden til, hvordan CT inddrages i matematikundervisningen. Endvidere bidrager afhandlingen med viden om, hvordan det pædagogiske personale håndterer transformativ agency, når de står over for nye uddannelsesmæssige forandringer.

Dette vil blive undersøgt gennem følgende analytiske forskningsspørgsmål:

Hvad viser sig i det pædagogiske personales virksomhed i arbejdet med computationel tankegang i matematik, og hvordan afspejles det i det pædagogiske personales transformative agency under forandringsprocessen?

Hvilke begrænsninger og potentialer opstår i arbejdet med computationel tankegang, når det pædagogiske personale kollektivt skaber forandringer?

1.5 LÆSEVEJLEDNING

Efter denne korte introduktion vil jeg i Kapitel 2 præsentere og diskutere afhandlingens teoretiske ramme. Fokusset vil være på de centrale epistemologiske begreber, der er anvendt i arbejdet med det pædagogiske personales transformative agency og ekspansive læreproces. Dernæst præsenteres forskningsdesignet i Kapitel 3, hvor de valgte forskningsmetoder præsenteres og diskuteres, formålet hermed er at belyse de valg og fravalg, der har været i arbejdet med interventionen CTiMAT. Kapitel 4 giver et overblik over de seks udvalgte artikler, der sammen med denne kappe udgør den samlede afhandling. I Kapitel 5 laver jeg en opsamling og en videre analyse af interventionen CTiMAT. Kapitel 6 diskuterer undersøgelsens resultater og belyser afhandlingens begrænsninger. Kapitel 7 konkluderer på afhandlingens resultater og afsluttes med forslag til yderligere forskning inden for området.

KAPITEL 2 EPISTEMOLOGISK AFSÆT

Denne afhandling positionerer sig teoretisk indenfor CHAT og metodisk tages der afsæt i en formativ forandringsproces, hvis formål var at understøtte det pædagogiske personales transformative agency i relation til CT i matematikundervisningen. I dette perspektiv fokuseres der på transformativ agency, som handler om, hvordan deltagerne sammen med deres omgivelser kan skabe nye muligheder og perspektiver for handling og forandring. Denne tilgang fokuserer på samspillet mellem menneskelige handlinger i den kontekst, hvor virksomheden finder sted. I arbejdet med at integrere CT i matematikundervisningen er det centralt, at det pædagogiske personale selv spiller en aktiv rolle, hvor de udvikler evnen til at stille spørgsmål, analysere og forme deres egen praksis (Haapasaari et al., 2016; Sannino et al., 2016; Englund, 2018). Ifølge Sannino (2015a) er det at forstå, hvordan agency opstår, og hvordan det bedst understøttes, væsentligt, når der skal arbejdes med at udvikle det pædagogiske personales praksis. Læring i dette perspektiv skal ikke ses som en forløber for, men snarere som noget der udspringer af virksomheden (Koszalka & Wu, 2005). En virksomhed kan ses som en kompleks, målrettet og situeret proces, der er den primære enhed for menneskelig udvikling, læring og analyse af forandringer. En virksomhed er ikke isoleret, men forekommer i specifikke sociale og kulturelle sammenhænge (Engeström, 2016). I dette perspektiv ses ekspansiv læring som en tilgang til læring, hvor deltagerne udforsker og skaber ny viden gennem samarbejde og kritisk refleksion over deres egne og andres ideer. Ekspansiv læring er læring, der opstår, når deltagerne arbejder med udviklingsmæssige transformationer i deres virksomhed og bevæger sig på tværs af kollektive zoner for nærmeste udvikling (Engeström, 2015). Vygotsky (1978) introducerede begrebet zonen for den nærmeste udvikling (NUZO). Han hævdede, at et barns udvikling fremmes, når det interagerer med andre, der er mere vidende. NUZO skabes af asymmetrien mellem et individs viden og dets mere erfarne jævnaldrende eller voksne. Disse interaktioner giver mulighed for at gå langt ud over det, vi ved som enkeltpersoner. Læring gennem medieret interaktion er især vigtig for udviklingsprocesser mellem fx voksne og børn

eller lærere og elever, men også i forbindelse med kollektive udviklingsprocesser (Engeström, 2015). I sin oprindelige form omhandler begrebet NUZO tilegnelse af færdigheder, der kan ses som en vertikal form for udvikling, hvor den lærende bevæger sig fra en tilstand til en mere avanceret tilstand (Vygotsky, 1978). Engeström (1987) kritiserer dog delvist Vygotskys koncept om den nærmeste udviklingszone, i og med at han påpeger, at den kulturhistoriske skole, der hovedsageligt blev grundlagt af Vygotsky, koncentrerede sig om tilegnelse, assimilation og internalisering af medierede artefakter og tegnsystemer. Engeström (1987) påpegede, at Vygotsky ikke havde fokus på selve skabelsen af disse processer. Ifølge Engeström (1987) er en mangel ved de hidtil eksisterende begreber om NUZO, at de ikke har taget hensyn til udviklingen af den samlede virksomhed og deres motiver som helhed. Dette er begyndelsen for hans egen udvikling af CHAT og reformulering af NUZO. Engeström (1987) redefinerede således Vygotskys (1978) individorienterede begreb omkring NUZO til også at omhandle læring og udvikling i en kollektiv enhed. Gennem redefineringen af NUZO skabte Engeström (1987) således et begreb, hvori der kan ske en ekspansiv overgang fra handling til virksomhed *“distance between the present everyday actions of the individuals and the historically new form of the societal activity that can collectively generated as a solution to the double bind potentially embedded in the everyday actions”* (Engeström, 1987, s. 174). Ifølge CHAT ses læring som værende involverende, hvor individerne bliver en del af en kollektiv læring. Ifølge Foot (2014) skal CHAT ses som en teoretisk ramme, der fokuserer på medierende handlinger af kollektive deltagere samt relationer indenfor og mellem institutionelle konteksters forandring over tid. En anden læringsteori, som fokuserer på kollektiv deltagelse i læreprocessen, er praksisfællesskaber (Lave & Wenger, 1991).

På mange måder er der ligheder til Lave og Wengers (1991) teori om praksisfællesskaber, der ser på, hvordan mennesker i fællesskab engagerer sig i og konstruerer deres fælles arbejdspraksis. Lave og Wenger (1991) har blandt andet fokus på, hvordan man som novice bliver indlejret i praksisfællesskabet igennem perifer legitim deltagelse. For at udgøre et praksisfællesskab kræver det blandt

deltagerne et *fælles repertoire*, og at der udvises et *gensidigt engagement* for den *fælles virksomhed*. Disse tre begreber bruger Wenger (2004) til at forbinde praksis med fællesskaber, hvor praksis er omdrejningspunktet for sammenhængen i en situeret kontekst. Lave og Wenger (1991) ser læring som noget, der skabes gennem social deltagelse, hvor man i interaktionen med andre afstemmer sine relationer. Læring i dette perspektiv foregår i det øjeblik, vi afstemmer vores relation i forhold til hinanden og med vores omverden. Hvorimod CHAT har fokus på selve virksomheden og dennes udvikling igennem en optagethed på virksomheds objekt. Hvor objektet skal ses som det mål, deltagerne arbejder sig henimod. Læring i dette perspektiv skal ikke ses ud fra prædefinerede udfald, hvor viden og behovet for kompetencer er givet på forhånd, men gennem udviklingen af en fælles forståelse ud fra hele virksomheden (Engeström, 2016). Et fokus på CHAT kan således være med til at skabe viden om deltagernes kollektive forandringsproces. Både agency indenfor praksisfællesskaber og CHAT beskæftiger sig med, hvordan mennesker handler og tager ansvar for deres handlinger og beslutninger. Men der er nogle forskelle i, hvordan de to teoretiske rammer forstår agency.

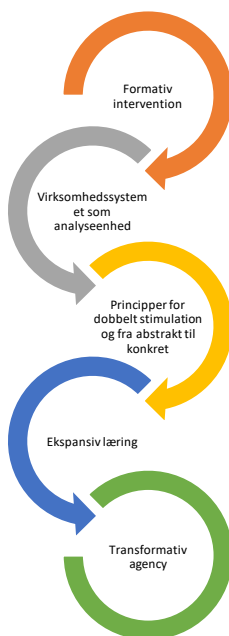
Agency refererer generelt til en persons eller en gruppes evne til at handle i verden og påvirke deres omgivelser. Indenfor praksisfællesskaber er agency ofte knyttet til en persons eller en gruppes evne til at engagere sig i og påvirke praksisser og aktiviteter i et bestemt fællesskab (Wenger, 2004). Dette kan involvere at tage initiativ til at deltage i aktiviteter, samarbejde med andre medlemmer af fællesskabet og tage ansvar for at løse problemer og udfordringer. Transformativ agency inden for CHAT refererer til en persons eller en gruppes evne til at aktivt deltage i og bidrage til at ændre de eksisterende praksisser og strukturer i deres virksomhed. Dette kan indebære at udfordre eksisterende magtforhold og hierarkier og arbejde med at transformere det objekt, virksomheden arbejder henimod. Transformativ agency indebærer dermed en kritisk holdning til de eksisterende samfundsstrukturer og en bevidsthed om, hvordan disse kan ændres. Det er en kollektiv proces, hvor flere mennesker kan arbejde sammen for at ændre eksisterende praksisser ved at skabe nye handlemuligheder.

Agency i et perspektiv af CHAT er således relevant i arbejdet med at undersøge det pædagogiske personales arbejde med at transformere deres kollektive virksomhed.

Artefakter betragtes som en faktor, der kan understøtte læring (Kafai, 1996). Både indenfor praksisfællesskaber og CHAT er der et fokus på artefakter og på, hvordan disse er med til at understøtte læringen. CHAT betragter artefakterne som en del af de medierende redskaber, som individerne anvender i deres virksomhed, her betragtes artefaktet som et middel, som subjektet anvender i bearbejdningen af de resultater, de arbejder sig henimod. Artefakter indenfor CHAT har således en central betydning, da de er en uægtelig del af subjekternes virksomhed (Engeström, 2016). Teorien om praksisfællesskaber anerkender betydningen af artefaktet, men er mere optaget af, hvordan de kan bruges til at skabe læring (Kafai, 1996), hvor CHAT er optaget af, hvordan artefakterne er med til at mediere og skabe mening som en del af selve virksomheden (Engeström, 2016). CHAT er relevant i arbejdet med at inddrage CT i undervisningen, da det kan være med til at perspektivere til, hvordan deltagerne arbejder med CT som en del af deres kollektive virksomhed ved brug af medierende artefakter.

Foot (2014) argumenterer endvidere for, at forskellen mellem praksisfællesskaber og CHAT er, at CHAT giver mulighed for at reflektere over den tidligere, nuværende og den fremtidige praksis. Mens teorien om praksisfællesskaber giver mulighed for at se på den nuværende og situerede praksis. Hvor CHAT giver en ramme for at se en forandring over tid, men også en mulighed for at hjælpe deltagerne med at identificere og gøre dem bevidste om deres roller og handlinger indenfor virksomheden.

Jeg inddrager således CHAT for at skabe en viden om, hvordan CT i matematikundervisningen kan etableres kollektivt og skabe en forståelse for, hvordan det pædagogiske personale kollektivt kan transformere deres virksomhed over tid. Dette gøres igennem en analyse af deltagernes virksomhed, der ser på hvordan de bearbejder og transformerer deres virksomheden. I dette studie ses der en sammenhæng mellem anvendelse af teori, metode og forskningsdesign, de følgende afsnit bliver udfoldet ved hjælp af følgende model:



Figur 1. Model over det teoretiske afsnit og deres forbundethed

Modellen illustrerer kapitlets opbygning, og på hvilken måde de enkelte teoretiske begreber er forbundet. Den formative intervention danner den metodologiske rammen om interventionen, hvor deltageres virksomhed fungerer som analyseramme. Et formativt design anerkender, at deltagerne og forskeren endnu ikke kender en løsning på det, der skal læres (Engeström, 2016). Et afgørende aspekt i arbejdet med CHAT er en analyse af det historisk betingede problemrum i virksomheden. Problemrummet refererer til det, som deltagerne forsøger at løse gennem den formative intervention. I dette studie anses problemrummet som, hvordan det pædagogiske personale kan integrere CT i matematikundervisningen. For at løse dette kræver det, at man udvider analysen til at omfatte hele det kollektive virksomhedssystem. Den genetiske struktur af virksomhedssystemet blev modelleret af Engeström (1987). I modellen (se figur 4) henviser subjektet til det individ eller gruppe, hvis position og synspunkt er valgt som perspektiv for analysen. Objektet henviser til det problemrum, som virksomheden er rettet mod. Objektet omsættes til

resultater ved hjælp af artefakter. Fællesskabet består af de individer og undergrupper, der deler det samme generelle objekt. Arbejdsdeling henviser til horisontal opdeling af opgaver og vertikal opdeling af magt og status. Regler henviser til de eksplicite og implicite regler, normer, standarder, som gør sig gældende indenfor virksomhedssystemet. Indenfor anden generation af CHAT anvendes modellen af virksomhedssystemet almindeligvis interaktivt mellem interventionisten og deltagerne til at analysere virksomhedens fortid-, nutid- og fremtidsperspektiv (Engeström & Sannino, 2021).

Princippet om dobbelt stimulation arbejder med deltagerens problemrum som første stimulus og inddrager teoretiske modeller som anden stimulus i et forsøg på at overkomme problemerne (Sannino, 2015a). At flytte sig fra det abstrakte til det konkrete betyder, at deltagerne arbejder med at konkretisere det objekt, de arbejder sig henimod, så der på sigt kan skabes en generalisering (Engeström & Sannino, 2012). Disse to principper er med til at udvikle og skabe ekspansiv læring. Ekspansiv læring kan ses som den proces deltagerne gennemgår i arbejdet med virksomhedsobjektet. Hvilket på sigt kan danne grundlag for transformativ agency blandt deltagerne (Engeström, 2016). I det næste afsnit vil jeg således uddybe de centrale teoretiske idéer og begreber der har været styrende for dette studie.

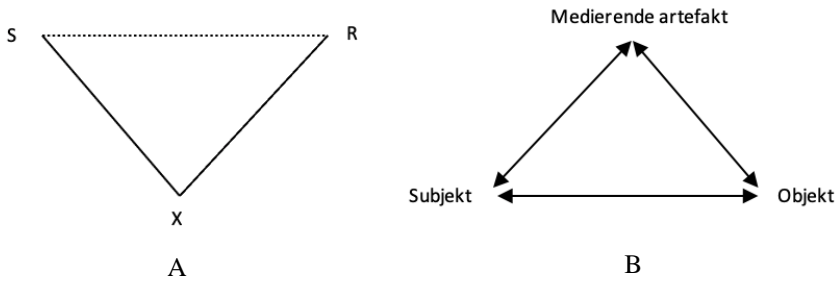
2.1 FORMATIV INTERVENTION

I dette studie arbejder jeg med metoden *Change Laboratory* (herefter CL), der kan ses som en formativ interventionsmetode, hvor indholdet formes af deltagerne og deres virksomhed. CL er en metodik, der sigter mod at identificere og transformere eksisterende praksis og skabe innovation gennem kollektivt arbejde og refleksion. CL som metode udfoldes nærmere i kapitel 3. Et CL har til formål at understøtte deltagerens ekspansive læreproces og derigennem deres transformativ agency (Sannino et al., 2016). I en CL-session analyserer deltager og interventionisten (forskeren), ved hjælp af repræsentative artefakter i fællesskab forstyrrelser og problemer ved aktiviteten og udvikler nye løsninger. Jeg vil for at skabe en teoretisk ramme for udviklingen af det pædagogiske personales agency trække teoretisk på

CHAT. Dette perspektiv er valgt for at kunne sætte fokus på både de historiske og de kulturelle sammenhænge, hvor virksomhedens formål og brug af artefakter konstant er i proces og forandring. CHAT skal ses som en kulturel og historisk linse, hvorigennem menneskelige virksomhedssystemer kan analyseres holistisk (Engeström, 1999; Koszalka & Wu, 2005). CHAT antyder, at de grundlæggende elementer i en virksomhed er den analyseenhed (fig. 4), der repræsenterer grundelementerne i en objektorienteret, kollektiv og kulturel medieret menneskelig virksomhed (Engeström, 1987). Ifølge Marken (2008) er CHAT velegnet til at analysere en intervention, og det giver mulighed for at følge virksomhedens udvikling og en dybere forståelse for de forstyrrelser og dynamikker, der er involveret i interventionen. De efterfølgende afsnit vil give en kort introduktion til CHAT, da den teoretiske ramme danner grobund for mine metodologiske og analytiske valg. Det formative interventionsdesign vil blive yderligere udfoldet i kapitel 3 under forskningsdesignet.

2.2 CHAT FRA BEGYNDELSEN

Første generation af CHAT havde særligt fokus på artefaktets betydning for virksomheden. CHAT har sine rødder i russisk psykologi (Engeström, 2001). Teorien er blevet udviklet på tværs af fire generationer, denne afhandling vil være koncentreret omkring første og anden generation af CHAT, hvor et enkelt virksomhedssystem vil være i fokus. CHAT blev oprindeligt udviklet af Lev Vygotsky mellem 1920 og 1930 og var centreret omkring hans interesse for artefaktmedierende forestillinger om udviklingen af menneskets højere mentale funktioner. Denne tanke blev implementeret i Vygotskys model over stimulus og respons. Trekanten er illustreret ved en forbindelse mellem stimulus (S), og respons (R) og overskrides gennem en kompleks intervenierende handling (X) (Vygotsky, 1978, s. 39).



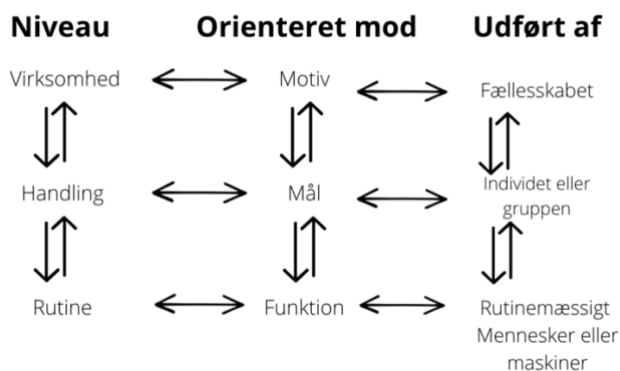
Figur 2. A). Vygotskys model for medieret handling (Vygotsky, 1978, s. 40) og (B) dens almindelige reformulering (Engeström, 2001).

Vygotskys forståelse af handlinger i kulturel formidling illustreres af triaden af et subjekt, et objekt og et medierende artefakt (Engeström, 2001). Medierende artefakter omfatter fysiske artefakter, tegn, sprog og symboler, gennem hvilke mennesker kommunikerer, oplever og opbygger virkeligheden. Ifølge Vygotsky (1978) kan subjektet ikke forstås uafhængigt af kulturen og samfundet. Ligeledes kan samfundet heller ikke ses som uafhængigt af individers handlinger i form af at producere og bruge artefakter. Det betød, at objektet skulle ses som en del af de kulturelle handlinger, og at den objektorienterede handling var nøglen til at forstå menneskers sind (Vygotsky, 1978). Én af begrænsningerne for den første generation af CHAT var, at analysen stadig var individualiseret (Engeström, 2001). Der sås derved et behov for at vende blikket mod en mere kollektiv forståelse af CHAT.

2.3 ANDEN GENERATION

I anden generation af CHAT kom der et øget fokus på objektet og den kollektive forståelse. Teorien om virksomheden som et system blev udviklet af Leont'ev (1978), som inkorporerede fællesskab og arbejdsdeling som nøglebegreber. Leont'ev (1978) videreudviklede virksomhedsbegrebet ved at skelne mellem begreberne virksomhed, handling og rutiner. Leont'ev (1978) konceptualiserede virksomheden som et kollektivt system, der er drevet eller defineret af sit objekt. Virksomheden er den minimale meningsfulde kontekst, hvori individuelle og kollektive handlinger kan

forstås (Leont'ev, 1978; Kuutti, 1997). Virksomhedens objekt forstås gennem individualiserede handlinger, som er drevet af et mål. Handlingen realiseres ved hjælp af dens midler i form af automatiserede rutiner. Leont'evs (1978) begrundelse var, at handlinger og rutiner kun kunne analyseres og forstås, når de blev fortolket på baggrund af en kollektiv virksomhed. Dette kan ses i følgende hierarkiske model (fig. 3) over de tre virksomhedsniveauer (Leont'ev, 2002). Modellen beskriver niveauet og hvad det er orienteret mod, samt hvem der udfører selve niveauet.



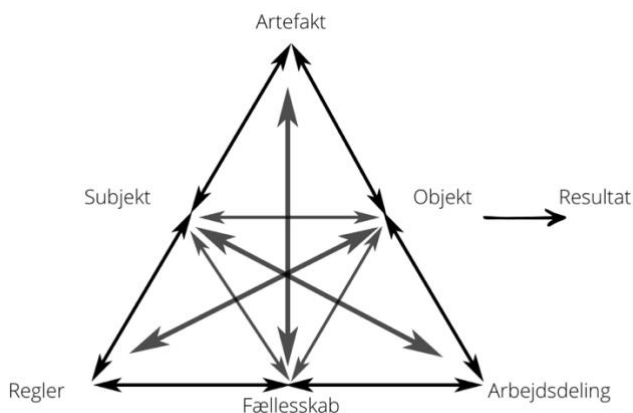
Figur 3: De tre virksomhedsniveauer (tilpasset efter Knutagård, 2013)

Virksomhedsbegrebet er formuleret som en systemisk og kollektiv dannelse rettet mod et objekt, hvor motiver realiseres gennem handlinger. Virksomheder har ikke altid et klart defineret objekt for deltagerne, men de foretager alle *handling*er for at opnå intentionelle *mål*, der er relateret til virksomhedens samlede *motiv*. *Rutiner* skal forstås som det grundlæggende niveau for menneskelige handlinger, og de er veldefinerede rutiner, der anvendes ubevidst under handlingen som en *funktion* for at opfylde målet. Motiver ses som et behov, der enten kan være fungerende på et ubevidst eller bevidst plan (Leont'ev, 1978). I dette studie har jeg valgt primært at fokusere på den synlige praksis og de bevidste motiver. Jeg har derfor ikke interesse i at anlægge analyser, der ser på de mere ubevidste handlinger og motiver i arbejdet med at inddrage CT i undervisningen. Der ligger således heri en antagelse om, at inddragelse af CT i en undervisningskontekst kan forstås uden brug af dybere

psykologiske analyser, og at dette desuden falder udenfor dette studies fagområde. Motiver i dette anlæggende kan således ses som den bevidste motivation, hvor mål refererer til konkrete handlinger, der ikke er automatiserede og indgår i forfølgelsen af motivet (Knutagård, 2013). Fx kan motivet for det pædagogiske personale være at deltage i interventionen CTiMAT for at opnå indsigt i, hvordan CT kan inddrages pædagogisk i relation til den fagfaglige undervisning. Det underliggende mål for deres motiv kan være at tilegne sig den nødvendige viden om CT. Hertil at det er væsentligt, at de enkelte niveauer er dynamiske. Tidsperspektivet må derfor også medtages, da det, der på et tidspunkt kan fremstå som en selvstændig virksomhed med eget motiv, på et senere tidspunkt kan være blevet reduceret til en handling, der fokuserer på et konkret mål. Det samme kan gøre sig gældende for konkrete mål, der senere kan blive ophøjet til selvstændige motiver, og hvor handlinger derved ophøjes til en virksomhed (Leont'ev, 1978).

2.3.1 CULTURAL HISTORICAL ACTIVITY THEORY (CHAT)

I arbejdet med at udvikle Leont'evs teori som en konstruktion af det kollektive introducerede Engeström en grafisk gengivelse af Leont'evs teori. Der ses dog nuanceforskelle ved analyseenheden for henholdsvis Leont'ev (1978) og Engeström (1987). Engeström har også individet med som en del af virksomheden, men understreger, at virksomheden skal ses kollektivt. En anden forskel skal ses i, at Leont'ev udviklede en psykologisk teori, hvor Engeström har udviklet en teori om ekspansiv læring og professionel udvikling (Development Work) (Engeström, 1987; Engeström, 2016). Engeström (1987) er interesseret i at undersøge, hvad der kræves for at støtte ekspansiv læring i arbejdssammenhænge. I forsøget på at udvikle virksomhedssystemet (figur 4), fremhæver han vigtigheden af at betragte systemet som en helhed, hvor hvert element spiller en specifik medierende rolle mellem to andre punkter. Tag f.eks. forholdet mellem artefakter, fællesskab og objekt. Trekanten, der dannes, antyder, at dette forhold formidles af den måde, hvorpå eksempelvis skolen som helhed understøtter brugen af det digitale artefakt for at imødekomme arbejdet med CT i matematik.



Figur 4. Virksomhedssystemet. (tilpasset efter Engeström, 1999)

Menneskelig aktivitet blev af Engeström (Engeström, 1999) modelleret som en systemisk helhed, der involverer:

- Artefakter: omfatter fysiske artefakter, tegn, sprog, symboler gennem, hvilke mennesker kommunikerer, oplever og opbygger virkeligheden
- Objekt: det mål, der er identificeret af subjektet, og som virksomheden er rettet mod
- Subjekt: person eller personer, der ønsker at udføre deres virksomhed
- Arbejdsdeling: hvordan opgaver, magt og situationer indenfor fællesskabet er fordelt
- Fællesskab: den sociale kontekst med relation til virksomheden
- Regler: eksisterende regler, normer og interaktioner inden for en virksomhed
- Resultat: resultatet af virksomhedens handlinger, ikke nødvendigvis det intendede (s. 31)

Derudover trækker Engeström (1987) også på Marx og Nicolaus' (1973) begreber om brugs- og udvekslingsværdi, hvorigennem der kan skabes en yderligere forståelse af objektet. Ifølge Marx og Nicolaus (1973) kan en vare betegnes som en genstand med en vis værdi, som bestemmes ud fra den mængde socialt arbejde, der kræves for, at den bliver produceret. En vares brugsværdi henviser til den værdi, som det oprindeligt har som et nyttigt produkt, der har til formål at opfylde et socialt behov ved at have mulighed for at blive udvekslet. En vares udvekslingsværdi henviser til den værdi,

som den opnår, fordi den kan udveksles mellem individer og kan påvirkes af nogle eksplicite eller implicite sociale betingelser. Varens udvekslingsværdi er den, der tillægger virksomheden en social karakter og en ensartet social status, som ikke på anden måde kan afsløres. Marx og Nicolaus (1973) og Engeström (1987) antyder, at handlinger også kan gøres til varer, og som sådan også kan få en brugs- og udvekslingsværdi. Inden for rammerne af dette studie har begreberne brugsværdi og udvekslingsværdi bidraget til at hjælpe med at konceptualisere visse begivenheder som spændinger mellem disse to værdier, hvilket førte til en af transformationerne af objektet i arbejdet med CT, dette vil blive yderligere udfoldet i kapitel 5.

Det er således væsentligt, at der udvikles en forståelse for objektet, når et virksomhedssystem skal analyseres. Et virksomhedssystem kan beskrives ved hjælp af den triangulære model udviklet af Engeström (1987) figur 4. CHAT ser objektet som værende det, virksomheden arbejder sig hen mod, og som giver virksomheden et formål og en identitet (Engeström, 2016). Engeströms model (fig. 4) er egnet til at forstå, hvordan en lang række aspekter gensidigt påvirker aktiviteten. Det centrale ved at bruge CHAT som begrebsramme ligger således i at forstå helheden ved en virksomhed og ikke kun separate dele af virksomhedssystemet. Dette gør det muligt at analysere relationerne på tværs af virksomhedssystemet både på et bestemt tidspunkt og som et system, der udvikler sig over tid (Foot, 2014). Denne begrebsramme, gør det således muligt at udfolde forskningsspørgsmålene og derigennem kvalificere forskningsdesignet. For at forstå og anvende denne begrebsramme er det dog nødvendigt at se på de gnidninger, der kan opstå mellem enkelte elementer i virksomhedssystemet eller på tværs af flere virksomhedssystemer.

2.3.2 MODSÆTNINGER I VIRKSOMHEDSSYSTEMET

Virksomheder kan ikke ses som en isoleret enhed, men som en enhed, hvor eksterne påvirkninger kan ændre noget i virksomhedssystemet (fig. 4) og gøre, at der bliver en ubalance i virksomheden. CHAT bruger begrebet *modsætning* (contradiction) for at indikere denne uhensigtsmæssighed enten mellem elementerne i virksomhedssystemet, mellem forskellige virksomhedssystemer eller mellem

udviklingsfaser af en enkelt del af virksomhed (Engeström, 2016). Modsætninger manifesterer sig selv som problemer, forstyrrelser, nedbrud, sammenstød med mere. Modsætninger skal her ses som kilden til udvikling, hvor virksomheden stort set altid er i proces med at bearbejde modsætninger (Kuutti, 1997). Engeström og Sannino (2011) beskriver fire typer af diskursive manifestationer af modsætninger:

Dilemmaer, som er udtryk for eller udvekslinger af uforenelige opfattelser, enten mellem personer eller inden for en enkelt persons diskurs.

Konflikter, tager form af modstand, uenighed, argumentation og kritik.

Kritiske konflikter, er situationer, hvor mennesker står over for indre tvivl, der paralyserer dem over for modstridende motiver, der ikke kan løses af subjektet alene.

Dobbeltbindinger, er processer, hvor deltagerne gentagne gange står over for presserende og lige uacceptable alternativer i deres virksomhedssystem, uden at der tilsyneladende er nogen vej ud.

For at kunne forstå hvordan et CL fungerer i praksis, er det nødvendigt at skabe en forståelse for, de modsætninger der kan opstå i virksomhedssystemet. Engeström (2016) har identificeret fire niveauer af modsætninger, der kan opstå i et menneskeligt virksomhedssystem. Det første niveau kaldes den *primære modsætning* og opstår inden for det enkelte element af virksomhedssystemet. Det andet niveau kaldes for *sekundære modsætninger* og opstår mellem de enkelte elementer af virksomhedssystemet. På det tredje niveau opstår *tertiære modsætninger*, det er modsætninger mellem selve objektet for den dominerende virksomhed og en mere avanceret ny form for central virksomhed. Det centrale er, at en virksomhed udvikles over tid, og det er mellem den gamle og den nye måde at gøre tingene på, at der kan opstå forstyrrelser, når nye tiltag indføres. Det fjerde niveau kaldes for *kvarter modsætninger* og opstår mellem det centrale virksomhedssystem og dens relaterede virksomhed (Engeström, 2016; Knutagård, 2013). Relaterede virksomheder kan

forstås som andre virksomheder, der inddrager samme objekt som den centrale virksomhed. Det kan være virksomheder, der påvirker subjektet i den centrale virksomhed, værende igennem uddannelse eller tilegnelse af færdigheder. Gennem deltagelse i læringslaboratorierne kan Center for Undervisningsmidler (CFU) ses som en relateret virksomhed, der påvirker det pædagogiske personale og deres centrale virksomhedssystem. De enkelte workshops i samarbejde med CFU er beskrevet i afsnit 3.10.

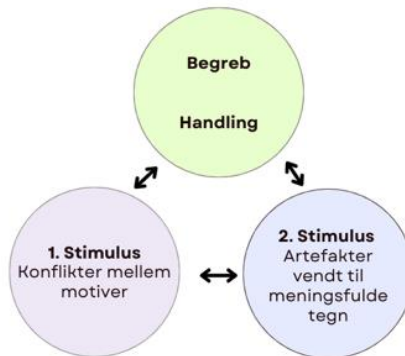
Engeströms (1987) trekant over virksomhedssystemet (fig. 4) giver mulighed for at undersøge læring i en social kontekst. Jeg anvender dette perspektiv for at kunne fokusere på den virksomhed, hvor det pædagogiske personale engagerer sig i at arbejde med CT i matematik, hvilket kan ses som det problemrum, virksomheden arbejder med og forsøger at transformere. Virksomhedssystemet fungerer i dette studie som analyseenheden, der er med til at finde konflikter, dilemmaer og modsætninger, eller potentialer til at forandre virksomhedssystemet (Foot, 2014). I dette studie har jeg fokus på det pædagogiske personales virksomhedssystem, hvilket kan relateres til anden generation af CHAT. Jeg har valgt denne selektion, da rammen for studiet er det pædagogiske personales kollektive arbejde med CT i matematikundervisningen. Denne selektion er ligeledes sket i samråd med Yrjö Engeström på et sommerkursus³ sommeren 2019. Dette med henblik på at sikre troværdigheden af min brug af hans teori.

De indre modsætninger der opstår i virksomhedssystemet medbringes under de enkelte CL-sessioner som første stimulus. Denne første stimulus er med til at gøre deltagerne bevidste om de problemstillinger der er opstået i arbejdet henimod objektet. Det næste afsnit vil udfolde princippet om dobbelt stimulation.

³ Sommerkursus Högskola West, 2019

2.4 PRINCIPPET OM DOBBELT STIMULATION

Dobbelt stimulation er en metode inden for eksperimentel psykologi bestående af to typer af stimuli. Den første stimulus skabes gennem en opgave, der styrer aktiviteten og belyser problemrummet. Den anden stimulus er givet som et tegn eller et artefakt, der kan hjælpe deltagerne med at organisere aktiviteten (Vygotsky, 1978) og bliver af Wertsch (2011) betegnet som eksplicit mediering, hvor et artefakt bruges til begrebsudvikling. Vygotsky (1987) fandt også ud af, at selvom deltagerne ikke bliver givet en anden stimulus, ville de på sigt selv komme med løsninger på den givne situation. Når vi som individer står over for en problematisk situation, trækker vi på eksterne ressourcer som support for at kunne handle. Dette eksemplificerede Vygotsky (1987) med sin gengivelse af Lewins "waiting experiment". I dette eksperiment blev deltagerne bedt om at vente i et rum uden yderligere instruktion. Dette skabte en konflikt mellem motiver, mellem lysten til at gå og forpligtigelsen til at blive (Vygotsky, 1987). Her brugte en af deltagerne klokken som ekstern ressource. Når klokken slog 14:00 havde personen besluttet sig for at forlade lokalet, hvis ikke andet var sket i mellemtiden. I et forsøg på at klare problemet brugte deltageren et artefakt i form af anden stimulus. I ovenstående eksempel fungerede klokken som anden stimulus, men det kan også forekomme som en model, et digitalt artefakt, en tekst eller andet, der gør, at når deltagerne bruger den anden stimulus, så hjælper den anden stimulus deltagerne til at få kontrol over og transformere den problematiske situation til noget, der er mere forståeligt og håndterbart. Som et resultat heraf bliver både den problematiske situation og deltagernes virksomhed transformeret (Sannino, 2020). Dette kan illustreres i følgende model (fig. 5) der beskriver princippet bag dobbelt stimulation:



Figur 5. Vygotskys (1997) teori om dobbelt stimulation (tilpasset efter Engeström & Sannino, 2012, s. 204)

Her indgår som første stimulus en konflikt mellem forskellige motiver. Konflikten løses ved at inddrage et neutralt artefakt som en anden stimulus, der forvandles til et formidlende tegn ved at give artefaktet en mening (fig. 5). Dette artefakt kan være noget individet selv tillægger mening eller det kan stilles til rådighed af andre fx en interventionist eller en kollega. Denne frigørelse fra den oprindelige konfliktfyldte situation foregår i to trin: For det første udvælger man et artefakt (f.eks. robotter) og giver det mening, og for det andet foretager man en frivillig handling ved hjælp af det formidlende tegn. Der opstår her en proces, hvor en problemsituation omformes eller rekontekstualiseres. Vygotsky har også understreget den tidsmæssige dimension af processen: "The conflict between motives frequently occurs a long time before the actual situation develops in which it becomes necessary to act" (Vygotsky, 1997, s. 215). Arbejdet med dobbelt stimulation ses af Sannino (2015a) som en måde at fremme deltagernes frivillige handlinger, hvilket har været centralt for dette studies metodiske greb i arbejdet med digitale artefakter og CT.

Dobbelt stimulation giver derved mulighed for at udfolde transformativ agency og se, hvordan det opstår og udvikles som en del af de kollektive handlinger. Princippet giver ligeledes mulighed for at udvide begrebet agency fra indre psykologiske egenskaber

til eksterne artefakter, der måske kan fungere som anden stimulus og derved udløse transformative handlinger (Sannino, 2020). Dette sker gennem en analyse relateret til konflikter mellem motiver, hvor begrebet motiv skal forstås i bred forstand, hvor motivet karakteriserer en trang, en impuls eller et ønske om at ændre eller foretage en bestemt handlemåde i arbejdet mod et nyt objekt (Vygotsky, 1978; Sannino et al., 2016). ”The waiting experiment” blev reproduceret af Sannino og Laitinen (2015) og senere af Sannino (2015b), blot som et gruppeeksperiment. I begge forsøg fremkom den frivillige handling med hjælp fra en anden stimulus skabt af deltagerne (Sannino & Laitinen, 2015; Sannino, 2015b). I gruppeeksperimentet fremkom der en del kolliderende stimuli og motivkonflikter, hvor problemet blev diskuteret, men der blev sjældent søgt mod stimuli, der kunne hjælpe dem med at overkomme problemet. Det sås, at den kollektive opsætning hindrede individuelle forsøg på at overvinde motivkonflikterne og på at bruge anden stimuli (Sannino, 2015b). Senere forskning har vist, at fx formative interventioner kan være med til at guide og støtte kollektivet til at bearbejde problemrummet ved hjælp af anden stimulus (Hopwood, 2017; Sannino, 2015a).

Dobbelt stimulation fungerer som epistemologisk princip, hvor ny viden opstår i arbejdet med at transformere virksomheden (Engeström, 2016). Dette er således relevant for dette studie, hvor det undersøges, hvordan det pædagogiske personale arbejder med CT som en del af deres virksomhed, og der ses på, hvilke motiver der ligger bag. I det næste afsnit vil det blive udfoldet, hvordan det individuelle perspektiv kommer til udtryk i det kollektive arbejde med dobbelt stimulation.

2.5 DET INDIVIDUELLE I DET KOLLEKTIVE

I den tidlige litteratur om dobbelt stimulation diskuterer Vygotsky (1978), hvordan individer løser konfliktsituationer med kulturelle medierende artefakter. Igennem et eksperiment udviklet af Leont’ev og beskrevet i Vygotsky (1998) beskrives det, hvordan et barn bruger en hjælpende stimulus for at besvare et spørgsmål stillet af interventionisten. Eksperimentet er sat op, så løsningen er svær at komme frem til uden fejl. Situationen, som barnet er sat i, kræver fuld koncentration og

opmærksomhed, det kræver kontrol over den interne opmærksomhed, hvilket ligger udover barnets formåen. Dog sker der et skifte, når barnet får tilbudt hjælpende artefakter:

The child immediately has an external auxiliary device for solving the internal problem of concentrating and intensifying attention, and he makes a transition from direct to mediated attention. As we have already said, the child must master his internal attention, but he works with external stimuli. Thus, the internal operation is carried out or at least connected with the external operation and presents us with the possibility of studying it objectively. A double-stimulus type of experiment unfolds before us (Vygotsky, 1998, s. 155).

Barnet bliver her konfronteret med et spørgsmål af interventionisten, dette kan ses som første stimulus. Den anden serie af stimuli er det, der hjælper barnet med at holde opmærksomheden og rette den mod svaret på spørgsmålet. Den anden stimulus giver også mulighed for at undersøge, hvordan deltagere retter deres opmærksomhed mod medierende artefakter i problemfyldte situationer og åbner derfor op for at bruge dobbelt stimulation som eksperimenterende metode. Anvendelsen af metoden om dobbelt stimulering udviklet af de russiske psykologer havde en tendens til at fokusere på børns individuelle adfærd. En udvidelse af denne idé til kollektive adfærd med voksne viser, hvordan den grundlæggende logik i metoden kan udvides som et redskab i interventionsforskning og kan findes i Leont'evs (1978) arbejde omkring det kollektive (Cole & Engeström, 2007). Stetsenko (2013) forklarer, at den individuelle subjektivitet skal ses i lyset af en åbenlys og en iboende lyst til samarbejdsprocesser mellem individer, der handler som sociale subjekter, hvor individet handler som medlem af et fællesskab og som aktør i fællesskabets historie "who enact collectivities by changing them through their own, individually unique contributions instantiated in each and every act of knowing, being, and doing" (s. 9). Individer skal i dette perspektiv ikke ses adskilt fra kollektivet og omvendt, de er således forbundet i alle livets sammenhænge.

Nyere forskning (Sannino, 2016; Hopwood, 2022) tyder på, at kollektive dynamikker spiller en afgørende rolle, når grupper af mennesker står over for en fælles konflikt, som det er tilfældet for det pædagogiske personale i dette studie. Senere studier inden for forskning i formative interventioner åbner således op for anvendelse af dobbelt stimulation for kollektive grupper, hvor Vygotskys metodologiske princip om dobbelt stimulation introduceres som et middel til at fremme kollektive handlemuligheder (Sannino, 2015a). Ifølge Wheelahan (2007) er det væsentligt at inddrage de individuelle livserfaringer, når læringsforløb tilrettelægges. Livserfaringerne og det historiske tilbageblik er med til at forme deltagernes handlinger i deres nuværende praktiske og sociale verden og er med til at forme de individuelle engagement i et uddannelsesforløb. Der vurderes derfor et behov for at tydeliggøre forholdet mellem den individuelle og kollektivitet i stedet for at reducere det ene til det andet (Wheelahan, 2007). Dog er CHAT blevet kritiseret for at ignorere de individuelle kognitive processer og de intersubjektive relationer i menneskelige virksomheder (Wheelahan, 2007). Jeg vil dog argumentere for, at det er et spørgsmål om analytisk fokus og ikke et forsøg på at ignorere de individuelle processer. Et princip indenfor CHAT er mediering (Vygotsky, 1978), som handler om, at vi ikke kan forstå individuel udvikling og læring uden de kulturelle artefakter, der ligger til grund herfor. Skabelsen og brugen af de medierende artefakter skal således ses som et resultat af individers ageren i virksomhedssystemer (Engeström, 2016). De individuelle handlinger er således også med til at drive den kollektive transformative agency under et CL og kan derved ikke reduceres til kun et kollektivt fokus. Det styrende er dog det analytiske fokus, der i denne afhandling ser på, hvordan det pædagogiske personale kollektivt er med til at forandre og transformere deres egen praksis. Læring og udvikling i sådanne processer er fra mit perspektiv særlig interessante i arbejdet med at integrere CT i undervisningen, da deltagernes handlinger har indflydelse på både deres individuelle udvikling og på den virksomhed, som de deltager i.

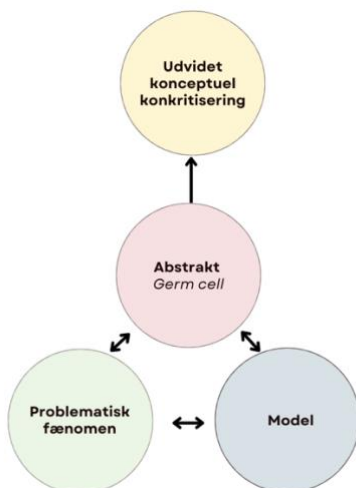
I dette studie ses der eksempler, hvorpå deltagerne individuelt finder en anden stimulus, som senere bliver taget op og brugt kollektivt. Et eksempel herpå er også inddraget i analysen afsnit 5.3.1. Her henter en af matematiklærerne elevernes

matematikbog, da de har svært ved at komme videre i forhold til at inddrage CT i matematikundervisningen. Matematikbogen fungerede her som anden stimulus taget op først af en individuel deltager og fungerede derefter som anden stimulus for alle deltagerne, der gjorde, at de kom ud af den fastlåste situation. Som det påpeges i de to eksperimenter af Sannino og Laitinen (2015) og Sannino (2015b), var der en tydeligere fremkomst af transformativ agency blandt de individuelle forsøgspersoner frem for dem, der deltog i de kollektive eksperimenter. Det kan derfor antydes, at kollektive interventioner skal støttes og guides i forhold til at opnå den fulde transformative agency i henhold til dobbelt stimulation. Interventionisten har derfor en betydelig rolle at spille i forhold til at tilbyde de rette anden stimuli for deltagerne, således at det bliver muligt for dem at skabe vedværende forandringer, der måske på sigt kan lede til transformativ agency. Arbejdet med dobbelt stimulation hjælper deltagerne med at begrebsliggøre deres problemrum i arbejdet med at gå fra det abstrakte til det konkrete. Dette princip udfoldes i næste afsnit.

2.6 FRA DET ABSTRAKTE TIL DET KONKRETE

Det andet princip handler om udvikling fra det abstrakte til det konkrete. Inden for CHAT har Davydov (1990) arbejdet med princippet som udtryk for læring og brugt det som en interventionistisk tilgang til ændringer og læring i skolen (Sannino et al., 2016). For at gå fra det abstrakte til det konkrete er det nødvendigt først at analysere selve begrebernes oprindelse og udvikling inden for et virksomhedssystem. Derefter er det muligt at analysere og transformere det konkrete fænomen, der undersøges. Davydov (1990) anvendte dette princip i arbejdet med matematikundervisning, her udviklede han en læreplan. Princippet gik ud på at eksperimentere med, hvordan matematiske begreber blev introduceret, inden eleverne lærte om algebra og aritmetik. Formålet var, at eleverne skulle lære foruddefinerede matematiske begreber og modeller for derigennem at eksperimentere og udvikle deres matematiske forståelse. Resultaterne viste, at det var muligt at hjælpe eleverne med at skabe en relation mellem aritmetik og algebra, som ellers kan være et problem for mange elever (Davydov, 1990).

Engeström (1999) adapterede Davydovs princip til forskningsfeltet omkring professionel udvikling (Development Work Research), som drivende tilgang til forandring og innovation af praksis. Engeström (2016) beskriver dette som en proces af at lære det, der endnu ikke er til stede. Analysen og arbejdet med dette princip kan fungere som redskab til at identificere problemer og til at skabe zonen for nærmeste udvikling (NUZO), hvorfra det er muligt at udvikle en løsning (Virkkunen & Schaupp, 2011). Resultatet af at modellere teoretiske generaliseringer til mere forståelige begreber, der indebærer potentialer, men også dilemmaer, betegnes inden for CHAT som *germ cell*. Følgende model (fig. 6) illustrerer, hvordan deltagerne i et CL kan arbejde med at gå fra det abstrakte til det konkrete.



Figur 6. Davydovs (1990) teori om at gå fra det abstrakte til det konkrete (tilpasset efter Engeström & Sannino, 2012, s. 205)

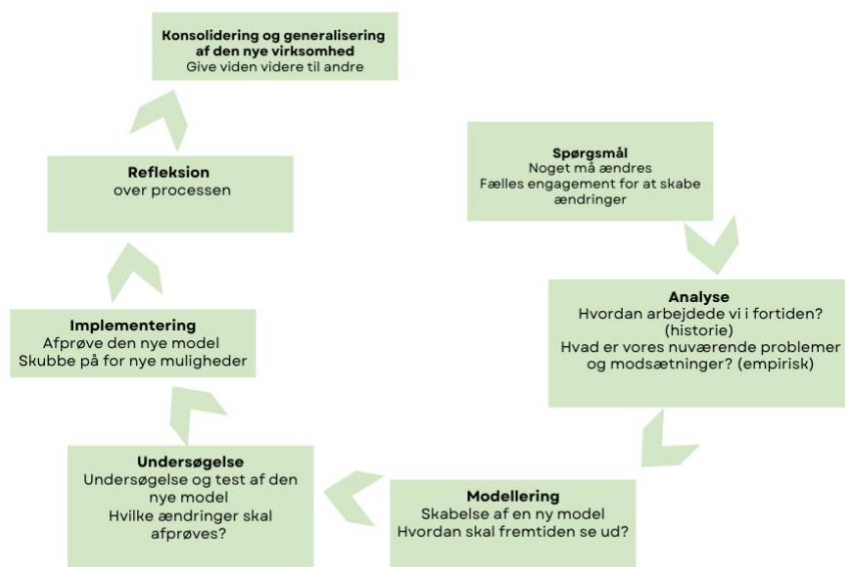
Ifølge Davydov (1990) repræsenterer den indledende problemstilling eller det der arbejdes henimod som et diffust begreb. Problemstillingen modelleres og transformeres for at finde den grundlæggende forklarende relation eller *germ cell*, som repræsenteres ved hjælp af en model. Handlingerne transformation og modellering indebærer, at man sporer problemets oprindelse og tilblivelse. Selve modellen

undersøges og bruges til at generere og løse yderligere problemer. Den abstrakte model fører derefter til en begrebsmæssig behersket konkretisering, der åbner muligheder for udvikling og innovation. Arbejdet med at gå fra det abstrakte til det konkrete åbner for rige og mangfoldige muligheder for forklaring, praktiske anvendelser og kreative løsninger (Sannino et al., 2016). Udviklingen af germ cell sker i arbejdet med den ekspansive læreproces, hvor germ cell skal opdaget og udvikles af deltagerne, gennem undersøgelser og transformationen af deres virksomheds- og vidensdomæne (Sannino et al., 2016; Engeström & Sannino, 2010). Ved design og udvikling af nye undervisnings- og læringspraksisser kan modellering af germ cell ske ved hjælp af en analyse af virksomhedssystemet og være en måde at forankre den nye model på. Dette sker først i en lokal kontekst i virksomhedssystemet, men kan på sigt forankres i andre forbundne virksomhedssystemer der deler samme objekt. En prototype kan derved ses som en model, der arbejder med systematiske spændinger og problemer samt mulige løsninger herpå, og som på sigt kan være et springbræt for at udvikle andre design og nye praksisser (Sannino et al., 2016). I dette studie udvikles germ cell undervejs og er med til at forme det pædagogiske personales praksis, også efter interventionen CTiMAT er afsluttet. Arbejdet med at gå fra det abstrakte til det konkrete kan således kobles sammen med den ekspansive læreproces. Den ekspansive læreproces udfoldes derfor herunder.

2.7 EKSPANSIV LÆRING

Ekspansiv læring skal ses som en proces, der har som intention at løse modsætninger så som, dilemmaer og indre konflikter i et virksomhedssystem og på den måde skabe et udviklingsrum, hvor nye koncepter og praksisser kan opstå. Brugen af CHAT som teoretisk ramme har tidligere vist sig at kunne styrke det pædagogiske personales agency og muligheder for at transformere deres praksis (Englund & Price, 2018; Scahill & Bligh, 2022; Morselli & Sannino, 2021). For at skabe en forståelse for, hvordan det pædagogiske personale har kunnet arbejde med deres transformative agency, er det nødvendigt at se nærmere på, hvordan deres forandringsproces bedst understøttes af ekspansiv læring. Ekspansiv læring blev udviklet med baggrund i første og anden generations af CHAT, med det formål at kunne begrebssette radikale

ændringer i virksomhedssystemet (Engeström, 1987). Ekspansiv læring bliver drevet af gentagne cyklusser, hvor deltagerne kritisk undersøger deres eksisterende praksis ved at identificere forstyrrelser og modsætninger i virksomhedssystemet. Gennem en historisk analyse er det muligt at finde modsætninger, der hindrer, at den nye virksomhed kan etableres og derigennem arbejde med at finde nye løsninger, der kan erstatte de gamle (Virkkunen & Newnham, 2013). Disse modsætninger ses som det, der driver den ekspansive læringsproces, og hvor deltagerne kollektivt udarbejder en ny model for løsning af problemet (Engeström, 2011). Den ideelle cyklus' ekspansive læreproces kan ses som bestående af syv læringshandlinger: spørgsmål, analyse, modellering, undersøgelse, implementering, refleksion og konsolidering.



Figur 7. Ekspansiv læringscyklus (tilpasset fra Engeström, 2016)

Engeström (2011) ser ikke ekspansiv læring som en lineær proces, men som cyklusser, hvor deltagerne bevæger sig frem og tilbage mellem nye og gamle handlemønstre for at skabe forandring. Identifikationen og analysen af de syv læringshandlinger kan være med til besvare spørgsmålet om, hvordan læring udvikles,

og deltagernes agency transformeres over tid. Udviklingen af ny viden sker gennem kollektive handlinger, hvor deltagerne deler deres viden, artikulerer og løser problemer. Denne udvikling kan være med til at fremme ikke blot den ekspansive læreproces, men også transformere deltagernes virksomhedssystem, hvor de sammen bearbejder tidligere handlinger for at skabe en ny praksis. Det at bryde væk fra gamle handlinger og derved skabe nye handlingsmønstre kan karakteriseres som transformativ agency (Engeström, 2011). De nye handlemuligheder, der skabes gennem den ekspansive læreproces, indeholder fremtidsorienterede visioner dannet af deltagerne. Den objektcentrerede ekspansive læreproces og transformativ agency tilstræbes gennem de formative interventioner ved hjælp af to tidligere præsenterede epistemologiske principper: dobbelt stimulation og en metodisk bevægelse fra det abstrakte til det konkrete.

Principperne er ligeledes kernebegreber, der bruges som en del af den formative interventionsmetode CL (Sannino et al., 2016). Metoden CL kan hjælpe deltagerne med at analysere og designe handlinger, der kan lede til eller understøtte forandringsprocesser. Et CL forsøger at understøtte deltagernes ekspansive læreproces gennem et længerevarende engagement (Engeström, 1987). Den ekspansive læreproces understøttes af NUZO. Vygotsky (1978) argumenterede for, at barns udvikling fremmes gennem samspillet med mere vidende børn eller voksne. Det er asymmetrien mellem den lærende og den mere erfarne, der skaber NUZO; dette kan ses som zonen, hvor færdigheder og ny viden udvikles gennem et socialt samspil. NUZO er nyttig, da denne zone også kan være med til at skabe udvikling i mere komplekse læringsmiljøer. Det forsøges således at ramme deltagernes NUZO under de enkelte CL-sessioner, hvor NUZO kan ses som det, der skaber transformativ agency (Engeström, 2011). Det er således forskerens hensigt at sørge for at guide deltagerne ind i deres NUZO ved hjælp af den ekspansive læreproces, hvilket gøres ved hjælp af internalisering og eksternalisering. Denne proces beskrives i næste afsnit.

2.8 INTERNALISERING OG EKSTERNALISERING

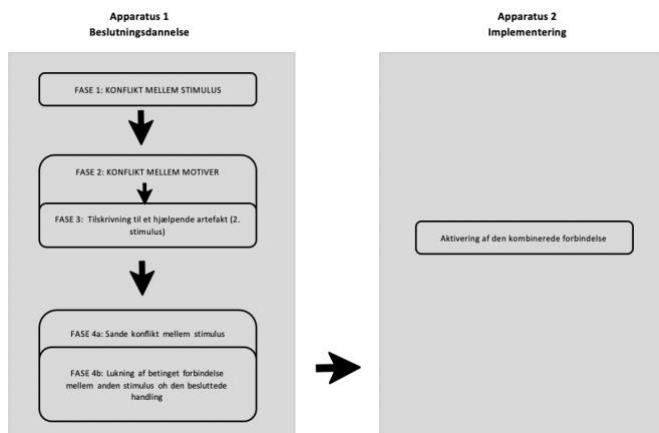
CHAT skelner mellem eksterne og interne handlinger. Disse aktiviteter kan ikke forstås særskilt, men skal ses som en sammenhængende proces. Dette skyldes, at de to transformeres til hinanden. Internalisering kan ses som omdannelsen af eksterne handlinger til interne processer (Engeström, 2016). Dette kan være mentale processer eller simple forestillinger. Eksternalisering omdanner på den anden siden interne handlinger til eksterne handlinger. Dette sker for eksempel, når internaliserede handlinger skal ændres eller forbedres. Eksternalisering får stor betydning i kollektive samarbejdsprocesser, hvor handlingerne udføres eksternt for at kunne koordineres. Det, der først er blevet internaliseret, kan på et senere tidspunkt blive eksternaliseret i fremtidige sociale handlinger, hvilket på sigt kan føre til yderligere forandring og mulig læring (Engeström, 2016). Den ekspansive læringscyklus er en udviklingsproces, der består af både internalisering og eksternalisering. En ny virksomhedsstruktur opstår ikke af sig selv, men kræver reflektiv analyse af den eksisterende virksomhedsstruktur. Dette kræver en reflektiv tilegnelse af eksisterende kulturelt avancerede modeller og redskaber (2. stimulus), der tilbyder veje ud af de interne modsætninger. Som cyklussen udvikles, vil det aktuelle design og implementering af en ny model gøre, at processen for eksternalisering bliver den dominerende (Engeström 1999, s. 33). Den ekspansive læreproces består af en fælles rekonceptualisering fra deltagere, der søger imod det samme objekt, for hvilken der ikke findes en umiddelbar løsning. I dette studie er det langsigtede objekt og dermed målet at skabe vedvarende løsninger, der indebærer at arbejde med CT i matematikundervisningen, hvor arbejdet mod målet kan medføre ændringer i tankegange og det pædagogiske personales pædagogiske og didaktiske arbejde. Tidligere undersøgelser (Sannino et al., 2021; Hopwood, 2017; Morselli & Sannino, 2021) har vist, at når deltagere kollektivt lærer ekspansivt, skaber de en ny vision og et langsigtet engagement. Nyerere forskning peger på, at *Transformative Agency by Double Stimulation* (TADS) kan ses som en central proces for ekspansiv læring (Hopwood, 2017; Sannino et al., 2021). Dette er illustreret i modellen (fig. 8) over

teorien, hvor transformative agency er en afledning af ekspansiv læring understøttet af dobbelt stimulation. Teorien om TADS vil blive udfoldet i næste afsnit.

2.9 TRANSFORMATIVE AGENCY BY DOUBLE STIMULATION

Transformativ agency skal ses som en proces, der udvikles over tid gennem komplekse dialoger, hvor nye handlinger udspringer. Transformativ agency afviger fra klassiske opfattelser af agency, idet det udspringer af mødet med modsætninger såsom spændinger, forstyrrelse og konflikter i den kollektive virksomhed (Sannino, 2015a; Hopwood et al., 2022). Transformativ agency er med til at understøtte en transformation af en fælles virksomhed ved at eksemplificere og visualisere nye handlemuligheder. En afgørende betydning for transformativ agency er den ekspansive overgang fra individuelle initiativer til kollektive handlinger for at opnå vedvarende forandringer. Nøglebegreberne i TADS omhandler motivet for virksomheden, intentionaltet, frivillig handling og agency, hvilket udvider Vygotskys (1997) arbejde med selvkontrol. Ved at forankre agency i materielle handlinger (2. stimulus), forkastes begreber om agency, hvor agency ses som en ”følelse”, som folk har eller som en individuel evne (Sannino, 2020; Hopwood et al., 2022). TADS-processen indebærer, at mennesker bryder ud af fastlåste omstændigheder ved at forvandle disse gennem brug af artefakter, der udvikles og anvendes undervejs (Sannino et al., 2021). Ved at gøre dette ændrer deltagerne omstændighederne for deres handlinger samt sig selv (Hopwood et al., 2022). Teorien om TADS er forholdsvis stadigvæk i sin vorden, hvilket ses i arbejdet med at udvikle en model over TADS-processen (Sannino, 2015a; Sannino et al., 2021). I artikel IV benyttede vi en model, som beskriver beslutnings- og implementeringsfasen særskilt (fig. 8). I en publikation fra 2021 har Sannino et al. ændret modellen fra at bestå af to apparaturer til at bestå af to faser: en beslutningsfase og en implementeringsfase. Den nye model indfanger den mangel, vi pegede på ved den ældre version, hvor vi manglede et fokus på de beslutninger, der forsøgtes implementeret, men som ikke lykkedes og derfor på ny skulle igennem beslutningsfasen. I denne kappe har jeg har valgt at tage teoretisk

udgangspunkt i Sanninos model fra 2015a for at kunne lave en forsettelse af analyserne fra artikel IV.



Figur 8. Transformative agency by double stimulation (TADS) (tilpasset fra Morselli & Sannino 2020; Sannino, 2015a)

Et apparatus kan anses som en funktionel proces, hvor en systematiseret aktivitet kan udføres. Apparatus 1 består af fire faser (Sannino, 2015a). I den første fase konfronteres deltagerne med modstridende stimulus (første stimulus). Det kan være et problem relateret til objektet, observeret af enten deltagerne eller interventionisten. I den anden fase udløses konflikten mellem motiver (første stimulus). Konflikter kan ses som modsætninger, der får deltagerne til at stoppe op, og som et problemrum, hvor der skal ske en bearbejdning. De to første faser kan således ses som udgangspunktet for at sætte gang i TADS. Den tredje fase består af hjælpende artefakter, der hjælper deltagerne med at fokusere ved at skabe et hjælpende motiv (anden stimulus). Den fjerde fase består i at etablere en forbindelse mellem den ønskede reaktion og fremkomsten af et hjælpende artefakt (Sannino, 2015a). Dette starter med det, som Vygotsky (1997, s. 215) kalder "the real or actual conflict" mellem stimulus (fase 4a).

Dernæst kommer fase 4b, der består i "closure of the connection between the given stimulus and the reaction" (s. 215). Den fjerde fase kan ses som planlægningsfasen, hvor deltagerne koordinere og laver aftaler, i forhold til hvem der skal udføre specifikke opgaver relateret til objektet for virksomheden. Handlinger, der senere kan føre til implementering. Apparatus 2 består af gennemførelsen af den beslutning, der er truffet i apparatus 1. I Apparatus 1 har deltagerne mulighed for at se, at de ikke står alene med de problemer, der opstår i løbet af interventionen, og det giver således mulighed for, at de i fællesskab kan overvinde problemet. Dette er med til at udvide deltageres forståelse af og deres evne til at foretage yderligere handlinger (Sannino et al., 2021). En større udfoldelse af arbejdet med TADS kan findes i artikel IV.

Dobbelt stimulation kan være med til at styrke en fælles ekspansiv læreproces, hvor deltagerne sammen udformer, gennemfører og konsoliderer nye løsninger på de problemer, der opstår under interventionen. Princippet kan derved rammesættes og ved afprøvning medvirke til at understøtte deltageres transformative agency gennem længerevarende formative interventioner. Forskning, der er baseret på at bruge virksomhedssystemet som udgangspunkt, kan bidrage med viden om situationen før og efter interventionen (Postholm, 2014). Hvorimod forskning, der anvender den ekspansive læringscyklus, som udgangspunkt kan fremskaffe viden om, hvordan de medierede og målorienterede handlinger finder sted, når deltagerne kollektivt arbejder med objektet (Postholm, 2014). Dette studie søger således viden om både før og efter perspektivet for interventionen, men også hvad der sker i virksomheden, når det pædagogiske personale kollektivt arbejder med objektet CT i matematik. Næste afsnit udfolder brugen af CHAT i en uddannelseskontekst ved at sætte den formative interventionsmetode op imod aktionsforskning og designeksperimenter.

2.10 IMPLIKATIONER FOR BRUG AF CHAT I EN UDDANNELSESMÆSSIG VIRKSOMHED

Brugen af CHAT og CL som interventionsmetode kan være med til at give et indblik i, hvordan der kan skabes forskningsbaseret viden om en kollektiv udvikling af den pædagogiske praksis. Metoden giver ligeledes et indblik i, hvordan deltagerne selv er

med til at forme og transformere deres egen praksis. Teorirammen gør det muligt at undersøge individuelle og kollektive handlinger i en kontekst, hvor både handlingerne og konteksten udgør analyseenheden. CL metoden kan anses som teoridrevet, hvilket også efterlader flere metodologiske svagheder (Bligh & Flood, 2015). Disse svagheder kan ses ved en risiko for at fokuset bliver for snævert, og at der kun ses efter tegn, der kan indfanges af teorien, i dette studie er denne svaghed forsøgt imødekommet, ved at der er arbejdet datadrevet med analyserne igennem artikel II og III (Ravitch & Carl, 2021). Ved sammenligning af andre interventionsmetoder indenfor det pædagogiske felt er CL også forholdsvis præskriptiv. Ved en sammenligning af CL og aktionsforskning ses det, at de ser forskelligt på procesmodeller og diskurser (Bligh & Flood, 2015). Aktionsforskere anser for eksempel den ekspansive læringscyklus som værende dominerende indenfor CL og finder derved interventionerne som værende forudbestemte (Darwin, 2011). Ifølge Darwin (2011) kan et CL bære præg af at være eksperimenterende, argumenterende og aktivt styret. Aktionsforskning kan siges at have fokus på person-person-diskurser, hvor CL fokuserer på, hvordan deltageres handlinger støttes, forhandles og formidles af bestemte artefakter (Bligh & Flood, 2015). Et andet eksempel på en forskningsmetode inden for det pædagogiske felt er designeksperimenter (Brown, 1992), hvor forskeren konstruerer nye læringsmiljøer, der derefter undersøges i praksis. Det grundlæggende er her, at forskeren designer nye læringstiltag, som derefter afprøves, testes og re-designes i samarbejde med deltagerne. Inden for et CL er forskeren derimod intervenerende i designprocessen af læringsmiljøet, men har ikke direkte kontrol over denne designproces. Et CL er desuden drevet af historisk dannede modsætninger i deltageres virksomhed, som er et resultat af deltageres kollektive bestræbelser på at forstå og imødekomme de modsætninger og problemer, der opstår (Engeström, 2016).

Det centrale ved et CL er, hvordan i dette tilfælde det pædagogiske personale undervejs og ved hjælp af formative interventioner transformerer deres virksomhed. Hvor disse transformationer er baseret på en metode, der er konstitueret af centrale begreber fra CL-metodologien og den teoretiske ramme for ekspansiv læring

(Engeström, 2016). Dette gøres igennem en teoridrevet analyse, hvor der arbejdes mellem teoretiske antagelser og modeller, der er med til at give forklaring til den indsamlede data. Dog sker dette hele tiden i sondringen mellem interventionisten og deltagernes forståelse af problemrummet og med objektet og derved formålet for virksomheden for øje. Derved adskiller studier som dette, der har fokus på det kollektive udviklingsrum, sig også fra andre interventionsstudier ved at inddrage deltageres viden og erfaringer for derigennem gradvist at ”klæde dem på” til at arbejde med nye metoder indenfor den pædagogiske praksis. Brugen af CHAT i en forskningssammenhæng kan således være med til at tydeliggøre det pædagogiske personales proces og sætte fokus på, hvordan man forskningsmæssigt kan undersøge deres rolle i kollektive udviklingsprocesser. I det næste afsnit ses der nærmere på, hvordan dette studie har arbejdet ud fra både et sociokulturelt og et CHAT perspektiv.

2.11 ET SOCIOKULTURELT PERSPEKTIV

Dette afsnit omhandler Vygotskys teori om, hvordan tegn og redskaber medieres, og diskuterer den ud fra både et sociokulturelt og et CHAT-perspektiv. I denne undersøgelse er begge tilgange inddraget for at undersøge udviklingen og integrationen af digitale artefakter, da deres materielle karakter og objektive rolle er af stor betydning.

Vygotsky (1978) skelnede mellem internt orienterede tegn og eksternt orienterede redskaber, men påpegede også vigtigheden af at analysere den indbyrdes sammenhæng af redskaber og medieringen af tegn. “Although practical intelligence and sign use can operate independently in young children, the dialectical unity of these systems in the human adult is the very essence of complex human behaviour” (Vygotsky, 1978, s. 24). Den dialektisk sammenhæng for især voksne bliver således centralt i arbejdet med en forandringsproces. I brugen Vygotskys teoriramme har det været almindeligt at skelne mellem et sociokulturelt og et CHAT perspektiv på forskning (Miettinen & Paavola, 2018). Den sociokulturelle tilgang har fokuseret på mediering af tegn og brugen af sprog som fundament for tanker, kommunikation og meningsskabelse. Hvor CHAT er baseret på den objekt-orienterede virksomhed

(Engeström, 2016; Miettinen & Paavola, 2018). Perspektivet for CHAT er præsenteret i afsnit 2.3.1. I dette studie har jeg dog fundet det nødvendigt ikke at skelne mellem de to tilgange, da jeg har studeret udviklingen og integreringen af digitale artefakter, hvor materialiteten konstant har været til stede, og hvor interventionens problemrum har påmindet mig om virksomhedens objektivitet. Dette ses udfoldet i artikel III, hvor teorien om semiotisk mediering (TSM), anlægger et sociokulturelt perspektiv for at skabe et større indblik i deltagernes arbejde med at inddrage CT og digitale artefakter i deres undervisning (Bartolini Bussi & Mariotti, 2008). Som det påpeges i ovenstående citat af Vygotsky, refererer han til to forskellige måder, hvorpå mennesker interagerer med sine omgivelser: praktisk intelligens og tegnbrug. Praktisk intelligens henviser til evnen til at handle og løse problemer uden at bruge sprog eller symboler som mediering, mens tegnbrug indebærer brugen af symboler og sprog til at formidle information og mening. Ifølge Vygotsky kan disse to systemer fungere uafhængigt af hinanden hos mindre børn, men i voksenlivet bliver deres samspil eller den dialektiske sammenhæng afgørende for at forstå kompleks menneskelig adfærd. En dialektisk tilgang er derfor relevant at inddrage i arbejdet med at se på, hvordan det pædagogiske personale transformerer deres virksomhed i arbejdet med CT.

2.12 EN DIALEKTISK TILGANG

En dialektisk tilgang kan ses som en måde at udtrykke den grundlæggende idé om, at livet er noget i bevægelse, og at det handler om transformation. Dialektikken trækker her på et marxistisk epistemologisk perspektiv, hvor forholdet mellem hvert element i virksomhedssystemet ses som forbundne. Elementerne, der definerer virksomhedssystemet figur 4, kan ses som værende dialektisk forbundet mellem individet, kulturen, den materielle og historiske dimension af de sociale strukturer (Grimalt-Álvaro & Ametller, 2021 s. 2). “To us, activity must be seen, in line with Marxist and Vygotskian tradition, as a key category to transcend dualism by intrinsically relating consciousness and the physical world, the individual and society” (Grimalt-Álvaro & Ametller, 2021, s. 3). CHAT trækker således på dialektisk perspektiv for at studere forskellige synspunkter og dialoger mellem deltagerne inden for og på tværs af virksomhedssystemer. Dette sker med udgangspunkt i

virksomhedssystemet, hvor de enkelte dele i virksomhedssystemet er forbundet med forandringer. Denne betydning af relationerne ses både i de relationer, der er etableret inden for virksomhedssystemet og i de kulturhistoriske relationer, der forbinder virksomheden i en bredere social kontekst (Grimalt-Álvaro & Ametller, 2021). Der ses en sammenhæng mellem bevidstheden og de fysiske egenskaber af den ydre virkelighed, der er gensidigt forbundet i virksomhedssystemet, hvilket ses af den transformative karakter af CHAT, hvor det er transformationerne, der opretholder virksomheden (Engeström, 2016; Grimalt-Álvaro & Ametller, 2021).

Når man ser på en konkret virksomhed, kan den materielle virkelighed og bevidstheden ikke adskilles. Der vil derfor være en spænding eller en dynamik i virksomhedssystemet. Teorien om ekspansiv læring ser modsætninger som historisk udviklende spændinger, der kan opdages og bearbejdes i virksomhedssystemet. Modsætninger er den drivende kraft i transformationen. Objektet for en virksomhed vil altid være internt modsætningsfyldt. Disse interne modsætninger gør objektet til et bevægeligt, motiverende og fremtidsskabende mål. Ekspansiv læring kræver aktualisering og praktisk engagement for at overvinde de indre modsætninger i deltagernes virksomhedssystem (Engeström 2010). Roth et al. (2012) foreslår, at eksplicitering af modsætninger kan blive en drivkraft til at begynde at producere forandring. I dette studie gøres dette gennem CL-sessionerne og TADS-processen.

I dette studie anlægges der derved et dialektisk perspektiv, der tager udgangspunkt i virksomhedssystemets forbundne elementer. Det fremkommer i de to litteraturreview (artikel I og VI), der er relateret til dette studie, at det pædagogiske personale finder inddragelsen af CT vanskelig, dels fordi de mangler kompetencer til at inddrage CT, dels fordi der forskningsmæssigt mangler viden om, hvordan CT kan inddrages i matematik. Det fremhæves, at der findes en stærk teoretisk relation mellem CT og matematik, men at det kan være svært for det pædagogiske personale at skabe den nødvendige transfer, der giver mening i forhold til at inddrage CT i matematikundervisningen. Der ses derfor et behov for at skabe et studie, der ser på, hvordan det pædagogiske personale bearbejder det at gå fra det abstrakte til det konkrete, og hvordan de gradvis transformer deres virksomhed. CHAT giver

derigennem mulighed for at skabe en general forståelse igennem arbejdet med at analysere og fortolke virksomheden og dens udvikling over tid. CHAT kan derved være med til at give et indblik i og viden om, hvordan CT kan inddrages i matematikundervisningen.

Arbejdet med virksomheder indebærer forandringer, og disse forandringer kræver tid. Det er derfor også væsentligt, hvordan tiden udfoldes undervejs i forandringen, og hvordan tiden spiller en rolle i undersøgelsen af fænomenet, objektet og de indbyrdes relationer i virksomhedssystemet, herunder hvordan disse er kontekstualiseret. Det er her centralt at definere det historiske element, da der eksisterer en tidsmæssig ramme, der går ud over den virksomhed, der undersøges. Virksomhedens grundlæggende rolle og vægt på transformationen kræver således mekanismer til at forklare, hvordan transformationerne skaber forandringer i virksomhedssystemet (Grimalt-Álvaro & Ametller, 2021). Valget og udformningen af metoder bør baseres på, i hvilket omfang de valgte metoder kan give oplysninger, der kan være med til at rekonstruere virksomhedssystemet og dens kontekst. Dette udfoldes i næste kapitel med fokus på forskningsdesignet.

KAPITEL 3 FORSKNINGSDSIGN

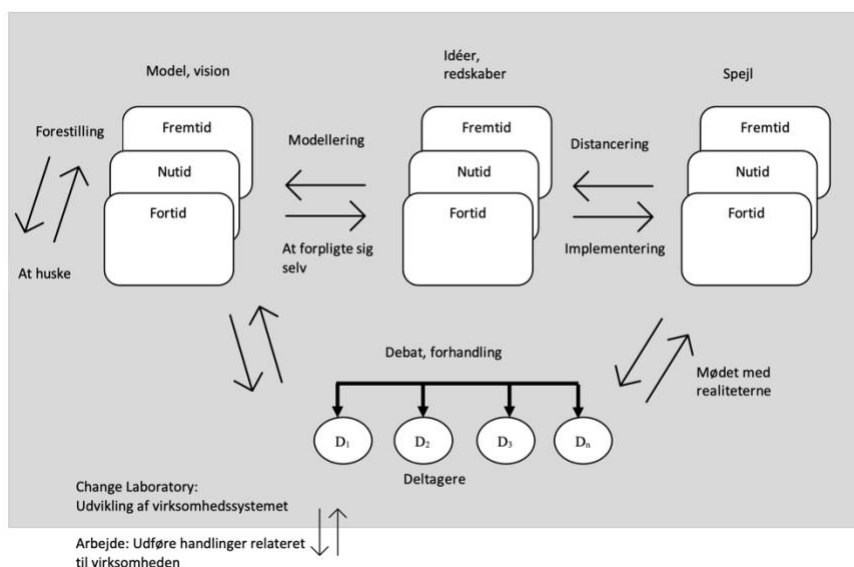
Dette kapitel beskriver i detaljer de metodiske overvejelser, der er brugt i forbindelse med studiet CTiMAT. CHAT er blevet brugt til både at informere og skabe en forskningsramme, der kunne facilitere indsamlingen og analysen af mine data. Derved giver CHAT mulighed for en holistisk metode til at udforske, hvordan CT kan inddrages i en undervisningssammenhæng, og hvordan dette påvirker det pædagogiske personales praksis (Koszalka & Wu, 2005). Teorirammen gør det muligt at skabe en fælles forståelse af emnet, at kortlægge emnets historie og forholde sig fælles til det omkringliggende samfunds karakteristika samt de artefakter, der er til rådighed for at kunne arbejde sig hen imod løsninger (Engeström, 2016). CHAT blev i dette studie brugt både som teoretisk og analytisk ramme. Dette har hjulpet mig med at forstå den kompleksitet, der opstod, når CT blev inddraget i en undervisningssammenhæng. CHAT har ligeledes gjort det muligt at undersøge de faktorer, der har påvirket forandringerne og det pædagogiske personales agency under interventionen. Det diskuteres i afsnit 3.14, hvordan dette studie har forholdt sig til begrebet gyldighed. De steder, hvor det har været relevant, er begreberne troværdighed og pålidelighed inddraget under de enkelte metodiske overvejelser.

Dette studie består af seks delstudier, der til sammen udgør det samlede studie. Jeg vil først præsentere de metodiske og metodologiske overvejelser i forbindelse med at afholde et CL ved at vise et prototypisk design. Dernæst vil de mere generelle dataindsamlingsmetoder blive beskrevet.

3.1 ET PROTOTYPISK DESIGN

Afsnittet diskuterer betydningen af den kulturelle baggrund for deltagernes læring og adfærd, afsnittet præsenterer et prototypisk design der beskriver de enkelte elementer i et CL. Ifølge Engeström (2010) gennemføres et CL typisk i et virksomhedssystem, der står over for en større transformation. I dette studie vil det være, hvordan det pædagogiske personale transformerer deres virksomhed fra ikke at have et fokus på

CT til at have fokus på CT i matematikundervisningen. CL skal ses som et læringsrum, hvor der kan eksperimenteres med nye innovative metoder (Engeström & Sannino, 2010 s. 15). Grundlæggende skabes et rum, hvor det er muligt for deltagerne at analysere deres virksomhed og efterfølgende designe og afprøve nye arbejdsmetoder og modeller herfor. Analysen gennemføres sammen med deltagerne. Et CL opbygges over tre perspektiver: fortiden, nutiden og fremtiden. Følgende model (fig. 9) viser et prototypisk design af et CL og dets instrumenter, der bruges til at understøtte sammenspillet mellem deltagerens virksomhed og en teoretisk funderet refleksion.



Figur 9. Et prototypisk design over et CL (tilpasset efter Virkkunen & Ahonen, 2011, s. 237)

Spejlmateriale i form af første stimulus repræsenterer og undersøger konkret data vedrørende virksomheden og arbejdet imod det nye objekt. Det spejlmateriale, der inddrages, kan fra den igangværende virksomhed ses som en modsætning, heraf forstyrrelser, problemer eller individuelle innovative løsninger i bearbejdelsen af objektet. Spejlet af fortiden har fokus på data om historiske ændringer i virksomheden. Spejlet af den nuværende aktivitet kan omfatte tilfælde af virksomhedsobjektet og

forstyrrelser, brud og individuelle innovative løsninger i frembringelsen af resultatet. Spejlet for fremtiden bruges til at repræsentere og diskutere opfølgningsdata vedrørende deltagernes eksperimenter med de nye koncepter og de værktøjer, som de har skabt, i løbet af processen (Virkkunen & Ahonen, 2011, s. 237).

Model/vision bruges til at modellere fortidens, nutidens og fremtidens former for virksomhed. Her bruges anden stimulus som fx virksomhedssystemet (fig.4) til at analysere sammenhængen mellem de forskellige elementer og dets indbyrdes egenskaber. Modellen for cyklussen for ekspansiv læring (fig. 7) kan være med til at belyse virksomhedens transformation. Aktiviteten, som følger af brugen af virksomhedstrekanten og cyklussen for ekspansiv læring (Engeström, 2016 s. 227), fremmer transformationen af deres handlinger. Dette ved først at anvende artefakterne som spørgeramme og dernæst som analyseenhed. Morselli og Marcelli (2021) betegner dette som en epistemologisk dobbeltbetydning. Dobbeltbetydningen ligger i, at virksomhedstrekanten (fig.4) for det første kan fungere som spørgeramme, hvor virksomhedssystemet fungerer som analyseenhed. For det andet kan virksomhedssystemet ses meta-epistemologisk, idet den beskriver, hvordan de enkelte elementer forholder sig til hinanden, og hvilke gensidige relationer der kan udvikles (Morselli & Marcelli, 2021). De historiske tilbagevendende forstyrrelser og problemer, der opstår i det daglige arbejde, undersøges og konceptualiseres som indre modsætninger i virksomhedssystemet. I bearbejdningen af spejlmaterialet bevæger deltagerne sig mellem erfaringsbaserede handlinger og den teoretiske model, her producerer de generaliseringer relateret til virksomhedens historiske udvikling og virksomhedens nuværende form. Denne viden bruger deltagerne til at skabe nye koncepter og redskaber, der skal eksperimenteres med, afprøves og anvendes som led i opbygningen af en ny model for virksomheden (Virkkunen & Ahonen, 2011, s. 237).

Idéer/redskaber kan ses som en repræsentation af generaliseringer, der bygger bro mellem den store mængde af empiriske data fremkommet i spejlmaterialet og den mere reducerede model af virksomhedssystemet (Virkkunen & Ahonen, 2011, s. 237).

Det prototypiske design har fungeret som ramme i udviklingen af den formative intervention CTiMAT. Designet har således været med til at danne rammen om min dataindsamling, som præsenteres i de næste afsnit.

3.2 METODER TIL DATAINDSAMLING

Jeg benyttede mig af den kvalitative forskningsmetode, hvor jeg systematisk arbejdede med at få et indblik i deltagernes handlinger, kontekst og verden. Et kvalitativt forskningsdesign har fokus på konteksten, fortolkning og subjektivitet (Denzin & Lincoln, 2018; Ravitch & Carl, 2021). I studiet benyttede jeg forskellige kvalitative tilgange herunder observationer og interviews for at opnå indsigt i deltagernes erfaringer og handlinger (Miles & Huberman, 1994 s. 7). En generel definition af kvalitativ forskning er, at det tager udgangspunkt i en situeret aktivitet, der muliggør at observere en del af verden (Ravitch & Carl, 2021). CTiMAT skriver sig ind i et partcipatorisk paradigme, der hviler på en samskabt virkelighed, som understøttes af praksisviden. Formålet er transformationer, der er baseret på demokratisk deltagelse mellem subjekter (Lincoln et al., 2018). Jeg vil først præsentere mine delstudier i tabel 1, for dernæst at udfolde de enkelte metodiske overvejelser. Tabel 1 herunder viser, titlen og den type data der er indsamlet og de metoder der er anvendt.

Tabel 1. Oversigt over de seks artikler og metoder

Artikel nummer og titel	Data	Metoder og analysestrategi
I. Læreres og lærerstuderendes forståelse af computational tankegang i relation til matematikundervisningen: et hermeneutisk litteraturreview	Søgning i 4 databaser: ProQuest, Scopus, Education Research Complete, Compendex. 6 artikler blev inkluderet i analysen.	Hermeneutisk litteraturreview

II.	Computational tankegang fra et pædagogisk perspektiv <i>Skolepædagogens betydning for teknologiinddragelse i matematikundervisningen</i>	Feltnoter Videodata CL-sessioner	Observationer Tematisk analyse
III.	Digitale artefakter i matematikundervisningen <i>Understøttelse af elevernes computationelle- og matematiske forståelse</i>	Feltnoter Videodata fuldt transskriberet	Observationer Indholdsanalyse
IV.	A cultural-historical perspective on how double stimulation triggers expansive learning <i>How teachers and social educators can use double stimulation to implement computational thinking in mathematics</i>	Transskriberet data fra 5 CL sessioner ⁴	Identifikation og analyse af nøglebegreber fra ekspansiv læring og TADS og deres indbyrdes relation
V.	Orchestration Between Computational Thinking and Mathematics	Teoretisk artikel Feltnoter til at uddybe de teoretiske fund	Teoretisk funderet artikel til undersøgelse af den generiske model der fremkom i artikel III.
VI.	Mapping the relations between computational thinking and mathematics in terms of problem-solving.	Søgning i to databaser, Scopus og ERIC begrænset til mellem 2011-2021. 19 artikler blev inkluderet i analysen.	Mapping review

⁴ For at anmode om yderligere oplysninger kan indholdet rekvireres af bedømmelsesudvalget ved henvendelse til forfatteren.

3.3 METODE TIL INDSAMLING AF DATA: FOKUSERET ETNOGRAFI

I forbindelse med de afholdte CL trækker jeg på en bred variation af kvalitative data. Et af de bærende elementer, jeg har brugt, er fokuseret etnografi, hvor jeg har indsamlet data fra deltagernes virksomhedssystem. Fokuseret etnografi har vist sig at være en forskningsmetode, der kan bruges til afdækning af specifikke samfundsmæssige spørgsmål, der påvirker forskellige facetter af en undersøgelseskontekst (Cruz & Higginbottom, 2013). Fokuseret etnografi blev introduceret og først beskrevet af Knoblauch (2005) og er primært blevet anvendt inden for praksisbaserede discipliner som en pragmatisk og effektiv måde at indfange specifikke kulturelle perspektiver (Cruz & Higginbottom, 2013; Wall, 2015; Knoblauch, 2005). Ifølge Wall (2015) adskiller fokuseret etnografi sig fra traditionel etnografi ved at være kendetegnet ved kortvarige feltbesøg. Forskeren inden for fokuseret etnografi kommer ofte med et specifikt forskningsspørgsmål og en insider- eller baggrundsviden om den kulturelle gruppe, hvor de benyttede metoder også kan ses mere intensivt i form af video eller lydoptagelser⁵. (Knoblauch, 2005; Wall, 2015). Det var også gældende for denne afhandling, hvor viden fra det første litteraturreview (artikel I) var med til at forme den videre undersøgelse. Inden for traditionel etnografi (Ravitch & Carl, 2021) går forskeren typisk ikke ind i feltet med et formelt specificeret forskningsspørgsmål og vil ofte forholde sig mere neutral og distanceret som den reflekterende observatør (Wall, 2015). Fokuseret etnografi har vist sig at være en lovende metode til at anvende etnografi inden for et bestemt og specifikt område, hvor der ses på fælles erfaringer i kulturer eller i subkulturer i en konkret kontekst snarere end i hele samfundet (Cruz & Higginbottom, 2013). Desværre findes der kun begrænset mængde af studier med anvendelse af fokuseret etnografi, især i forbindelse med uddannelsesforskning. Fokuseret etnografi kan ses som kortvarig etnografi og er af kritikere blevet betegnet som ”quick and dirty”, da metoden ikke opfylder ét af de mere centrale træk ved traditionel etnografi, hvor forskeren er fordybet i en

⁵ For at anmode om yderligere oplysninger kan indholdet rekvireres af bedømmelsesudvalget ved henvendelse til forfatteren, men er fortroligt pga. personhenførbare data.

længerevarende periode i et fremmed felt (Andreassen & Malling, 2019; Vindrola-Padros & Vindrola-Padros, 2018). Metoden er derfor blevet kritiseret for ikke at være etnografisk i ordets egentlige forstand, men en pragmatisk og effektiv måde at producere mere forenklede svar på komplekse spørgsmål (Andreassen & Malling 2019; Vindrola-Padros & Vindrola-Padros, 2018; Wall, 2015). Denne afhandling imødekommer denne kritik igennem brug af forskellige former for triangulering. Brugen af triangulering er yderligere udfoldet i afsnit 3.15.

I denne afhandling blev der indsamlet data med tidsintervaller for at undersøge ændringer over en periode med baggrund i CTiMAT-interventionen. Der blev anvendt metoder med gentagne observationer til at indsamle kvalitative data, som blev analyseret for at vise ændringerne over tid samt vise ændringer og interaktioner på forskellige tidspunkter i løbet af interventionsperioden. De fokuserede etnografiske dataindsamlingsmetoder, der blev anvendt i denne undersøgelse, var observation, herunder videoobservation og interviews. Metoderne blev tilpasset undervejs i forskningsprocessen, som projektet udviklede sig (Raudaskoski, 2015).

Mine forskningsspørgsmål er i sig selv rettet mod at generere viden om hændelserne bag en ændring af virksomhedssystemet, hvor CT bliver indført i matematikundervisningen, og hvordan deltagernes virksomhed transformeres undervejs i interventionen. Ved at tage et fokuseret etnografisk perspektiv gav det mulighed for at undersøge deltagernes virksomhedssystem som analyseenhed. Jeg var interesseret i at forstå, hvad der motiverede og skabte forhindringer i deltagernes handlinger i arbejdet med CT. Ved at anlægge et fokuseret etnografisk perspektiv blev det muligt at opnå en nærhed og et tættere kendskab til det pædagogiske personale i undersøgelsen, hvilket gav mulighed for at forstå deres virksomme handlinger ud fra deres perspektiv.

Under klasseobservationerne benyttede jeg mig af et deltagende perspektiv (Kristiansen & Krogstrup, 2015). Dette muliggjorde en tættere kontakt til deltagerne under mine observationer i forhold til, hvordan det pædagogiske personale handlede og formidlede CT-aktiviteter i undervisningssituationen. Observationerne blev

understøttet af observationsnoter og videoobservation, hvor formål var at filme de overordnede handlinger i klasselokalet (Kawulich, 2005). I det efterfølgende afsnit udfoldes hver metode mere detaljeret.

3.3.1 VIDEOOBSERVATION

I dette studie blev der genereret data i form af videoobservation. Clarke og Chan (2019) påpeger, at brugen af video i klasseværelsesforskning har både metodologiske og teoretiske implikationer. Clarke og Chan (2019, s. 209) har identificeret metaforerne *vindue*, *linse* og *spejl*.

- Vindue beskriver, hvormed forskere kan observere et klasseværelse ved blot at kigge udefra (see).
- Linsen beskriver, hvordan forskere kan fokusere på specifikke aspekter af klasseværelsesaktiviteten (focus).
- Spejlet beskriver, hvordan videoer kan bruges i lærernes og elevernes refleksion over deres egen praksis (reflect).

Videomateriale kan også ses som et forvrængende spejl på grund af de rige data, som det giver mulighed for at rekonstruere data og reorganisere data på baggrund af forskernes egne overbevisninger og værdier. En enkelt metafor kan ikke udelukkende anvendes på et enkelt projekt. I en forskningsundersøgelse synes metaforerne at hjælpe med at skelne mellem de forskellige måder, hvorpå videomateriale kan anvendes (Chan et al., 2019; Clarke & Chan, 2019).

Dette studie anvender både video som en linse og et spejl. I forbindelse med video som linse blev der placeret et videokamera, så det optog tavlen, det pædagogiske personale og størstedelen af eleverne ved diskussioner på klassen. Ved arbejdet på tavlen blev der som udgangspunkt zoomet ind på det pædagogiske personale, som varetog undervisningen. Det blev fravalgt at følge det pædagogiske personale med et kamera, da det vil kunne forstyrre den daglige undervisning og derved påvirke undervisningssituationen. Ved elevernes arbejde med digitale artefakter blev der som udgangspunkt valgt en gruppe, der blev fulgt med videokameraet. Dette viser, hvordan forskeren gennem valg og fravalg er med til at skabe et bestemt perspektiv

(Hansen & Carlsen, 2017). Ifølge Hansen og Carlsen (2017) kan transskriptionen af videomaterialet ikke ses som værende objektivt, da det beror på overvejelser i relation til detaljeringsgraden og overskueligheden. Guiden, der blev udarbejdet til brug af transskription, kan ses i appendiks A. I forbindelse med transskriptionen relateret til artikel III blev samtalerne på klassen transskriberet, og i det omfang at et billede indfangede meningen af det transskriberede, blev der taget et skærbillede, der blev gemt sammen med transskriptionen. I artikel III kan der findes eksempler på uddrag fra samtalerne mellem læreren og eleverne, hvor billederne fra videomaterialet var med til at fastholde udtrykket og handlingen i situationen. Ifølge Chan et al. (2019) tjener spejlmaterialet som et forskningsredskab, der kan bruges til at fremkalde data fra deltagerne. I forbindelse med CL-sessionerne bruges videomaterialet som spejl for at katalysere reflekterende svar fra deltagerne som en datakilde. For at undersøge hvad deltagerne kollektivt tænkte om arbejdet med CT-aktiviteter, optog jeg deres diskussioner enten med video eller diktafon under de enkelte CL-sessioner; disse blev efterfølgende transskriberet og analyseret⁶ for at følge tidsperspektivet igennem intervention CTiMAT.

Brugen af observation var valgt for at finde ud af, hvordan det pædagogiske personale i praksis arbejdede med CT-aktiviteter i klasserummet, hvilket udfoldes i næste afsnit.

3.3.2 OBSERVATIONSNOTER

Observationsnoter kan være med til at gengive førstehåndsindtrykket af det, der blev observeret. Undersøgelser har vist, at der kan sættes spørgsmålstegn ved troværdigheden af deltagernes egne selvrapporteringer i form af fx interviews (Ravitch & Carl, 2021), derfor har det været centralt at undersøge virksomheden gennem flere typer af dataindsamlingsmetoder, hvilket udfoldes yderligere i afsnit 3.15. For at understøtte observationerne udviklede jeg et observationsskema (appendiks B). Dette skema gjorde blandt andet brug af low-inference beskrivelser

⁶ For at anmode om yderligere oplysninger kan indholdet rekvireres af bedømmelsesudvalget ved henvendelse til forfatteren.

(Silverman, 2005), der kan ses som en standardiseret måde at foretage observationsnotater på for derigennem at mindske risikoen for logiske slutninger. Hertil blev der for hver observation beskrevet rammerne for observationen, herunder tid, sted, deltagere og varighed. Ligeledes blev det beskrevet, hvordan eleverne sad i klasselokalet, om de arbejdede fx i grupper eller individuelt og hvordan CT og matematiske pointer blev inddraget i undervisningen. Skemaet havde til formål at indfange det pædagogiske personales arbejde relateret til CT og gjorde det muligt at holde det samme fokus under hver enkelt observation. Jeg var således interesseret i at opfange, hvordan de italesatte brugen af CT, deres anvendelse af digitale artefakter og hvordan dette kom til udtryk i klasserummet for at kunne følge deres transformation. Ifølge Ravitch og Carl (2021) giver observationer mulighed for at skabe ”interpretive and naturalistic approaches to understanding people and activities in their multiple and intersecting contexts, including aspects of social identity and positionality” (s. 145). Jeg brugte således observationerne til at udvide min forståelse for den kontekst, det pædagogiske personale handlede indenfor. Det har medvirket til at identificere og forklare nogle af de komplekse strukturerer, der opstod, da virksomhedssystemet var under forandring. De observationsnoter der er gjort, er nedfældet som nedslag, hvilket udfoldes i nedenstående afsnit.

3.3.3 OBSERVATIONSNEDSLAG

Jeg har som deltagende observatør valgt under observationerne at benytte mig af observationsnedslag, det vil sige, at jeg under observationerne ikke har lavet lange observationsnotater. Jeg har derimod støttet mig til observationsskemaet (appendiks B) og skrevet ned, når der opstod noget i undervisningen, der kunne karakteriseres som modsætninger, jf. afsnit 2.3.2, og som senere kunne indgå som første stimulus under CL-sessionerne.

Dette blev efterfølgende brugt som spejlmateriale under CL-sessionerne, hvor det blev vist for det pædagogiske personale. Dette gjorde det muligt for mig at udfordre min forståelse og de antagelser, jeg havde gjort mig under observationerne og diskutere dette med deltagerne. Gennem CL-sessionerne blev min begyndende analyse udfoldet

i samarbejde med deltagerne. Ifølge Engeström (2007) skal der findes en balance i forhold til at introducere disse dilemmaer, da det kan virke følelsesmæssigt voldsomt at se sig selv på for eksempel video samtidig med, at processen kræver, at deltagerne har noget at forholde sig til. Dilemmaer og problemer skal dog ses som en væsentlig del af designet og skal derfor tænkes ind som et led i CL-sessionerne. Som processen skrider frem, vil disse stimuli oftere blive designet af deltagerne selv, og disse forandringer vil kunne ses som mere vedvarende (Haapasaari & Kerosuo 2015; Engeström, 2016). I dette studie blev det særligt de designs deltagerne udviklede, og de digitale artefakter de inddrog, der kunne ses som stimuli de selv var med til at introducere. Aktiviteterne blev tilrettelagt således, at de understøttede deltagernes ekspansive læreproces (fig. 7) ved at fremme deltagernes evne til at sætte spørgsmålstejn ved egen praksis og give dem de redskaber, de havde brug for at kunne håndtere eventuelle opståede dilemmaer eller problemer. Dette er således med til at skabe grobund for, at det pædagogiske personale på sigt kan skabe varige ændringer, hvilket også var formålet med dette studie. Samlet set har observationsnedslagene spillet en væsentlig rolle i at undersøge og forstå det pædagogiske personales praksis og arbejde med CT i undervisningen. Observationsnedslagene har også bidraget til at skabe et fælles grundlag for diskussion og refleksion under CL-sessionerne. Gennem disse sessioner har deltagerne haft mulighed for at udforske og udfordre deres praksis og samtidig skabe nye designs til at understøtte deres undervisning i matematik med inddragelse af CT. Observationerne åbner også op for flere væsentlige parametre, der skal tages højde i for i forhold til at bevæge sig ud i feltet. Dette diskuteres i næste afsnit.

3.3.4 AT VÆRE I FELTET

For at skabe et så naturligt undersøgelsesmiljø både for det pædagogiske personale og eleverne, prioriterede jeg at fokusere på, at eleverne følte sig trygge ved min deltagelse. Eleverne spurgte ofte ind til, om kameraet var tændt; dette blev dog mere naturligt, som observationerne skred frem, og til sidst var det en naturlig del af opsætningen, når jeg observerede i klasserne. For at skabe tillid til eleverne indtog jeg

en deltagende rolle (Creswell & Creswell, 2018). I den deltagende observation bliver forskeren involveret i deltagernes centrale aktiviteter, uden dog at engagere sig til fulde i deltagernes værdier og mål (Baker, 2006; Kristiansen & Krogstrup, 2015). Observationerne kan føre til venskaber med deltagerne, hvilket kan ses gavnligt, fordi deltagerne kan oplyse forskeren om deres personlige og sociale verden. Det kan dog også have den modsatte effekt, hvis deltagerne identificerer sig for meget med forskeren og derved ikke bliver naturlige at observere.

Under observationerne blev jeg ofte spurgt til råds, hvis de digitale artefakter drillede. Jeg indgik derfor i en hjælpende rolle, hvilket viste sig ved, at eleverne ofte kaldte begejstret på mig, når de havde udført en opgave og ville vise løsningen. I starten påvirkede min tilstedeværelse eleverne, i og med at situationen var ny for dem, men de blev trygge ved min tilstedeværelse allerede efter de første par observationer, hvilket kunne ses ved, at de ikke var så optagede af kameraet, når jeg satte det op. Videooptagelserne med det stationære kamera var ofte ikke nok for at dokumentere processen undervejs, da arbejdet med digitale artefakter ofte kræver mere plads end traditionel undervisning. Eleverne var spredt ud over et større areal fx med nogle elever ude på gangen, i tilstødende undervisningslokaler eller siddende på gulvet. Det var svært at monitorere med det stationære kamera. Det stationære kamera er derfor blevet suppleret med håndholdt videokamera og billeder for at kunne fastholde førstehåndsindtrykket og bruge dette som spejlmateriale under CL-sessionerne. I forbindelse med at observere er det dog væsentligt, at forskeren forbliver tilstrækkelig distanceret for at kunne indsamle og analysere data, der er relevante for det problem, der undersøges (Baker, 2006). Jeg erfarede dog, at rollen som deltagende observatør til tider var vanskelig og betød, at jeg var nødt til at tænke over "*what to write down, how to write it down, and when to write it down*" (Hammersley & Atkinson, 2007 s. 142, kursiv i original). Det kunne til tider være svært at finde tid og rum til at nedskrive observationer, ofte trak jeg mig tilbage bagerst i lokalet ved behov for at nedskrive i min notesbog. Efter hver observation og CL-session nedskrev jeg mine umiddelbare refleksioner, inden jeg kørte fra skolen, eller lige når jeg kom hjem for at have det i frisk erindring. Emerson et al. (2011) beskriver, at det at foretage observationer skal

ses som en sekventiel proces, hvor de notater, der blev taget i felten, efterfølgende bliver renskrevet til feltnoter; dette sker i forlængelse af eller lige efter, observationen er afsluttet med henblik på at fastholde det observerede.

I arbejdet med at indfange tidsperspektivet over interventionen CTiMAT, blev der som det sidste led i dataindsamlingen foretaget opfølgende interviews, hvilket der redegøres for i næste afsnit.

3.3.5 OPFØLGENDE INTERVIEW

Der blev efter interventionens afslutning afholdt tre opfølgende interviews, der repræsenterede deltagerne i intervention CTiMAT. De enkelte interviews blev gennemført med hver professionsgruppe for at sikre, at alle følte sig hørt. Fokusset for de opfølgende interviews var at få verificeret mine fund samt deltagernes udbytte af interventionen. De enkelte interviews havde ligeledes til hensigt at få en status på deltagerens nuværende arbejde med CT i matematik. De tre interviews blev opsat som semistrukturerede interviews, hvor interviewguiden (appendiks C) bestod af åbne spørgsmål, der lagde op til diskussion, hvilket også muliggjorde det at være med til at forme indholdet (Punch & Oancea, 2014). Nedenstående tabel viser omfanget af de tre opfølgende interviews⁷.

⁷ For at anmode om yderligere oplysninger kan indholdet rekvireres af bedømmelsesudvalget ved henvendelse til forfatteren.

Tabel 2. Oversigt over opfølgende interviews

	Profession	Deltagere	Tid
September 2021	Pædagoger	2 (A+C)	31 minutter
September 2021	Mellemlider	1	45 minutter
Maj 2022	Lærer	1 (C)	60 minutter

3.4 EN BESKRIVELSE AF INKLUSIONSKRITERIER OG UDVÆLGELSESMETODE

CTiMAT er en del af en større fælles strategisk indsats, hvor Professionshøjskolen UCN i samarbejde med de nordjyske kommuner, Århus Universitet og Aalborg Universitet har etableret projektet Viden i Skolen (VIS). Formålet med VIS har været at skabe empirisk forankret viden i en pædagogisk praksis, der har kunnet bidrage til forskningsbaseret udvikling i de nordjyske kommuner (UCN, internt dokument, 2017). Rekrutteringsgrundlaget har således været de nordjyske kommuner. For at få adgang til skolerne blev skoleforvaltningerne i de nordjyske kommuner kontaktet. Forvaltningerne fungerede her som gatekeepers videre til skolelederne, som igen fungerede som gatekeepers videre til det pædagogiske personale, hvilket kan beskrives som snowballing-metoden (Creswell & Creswell, 2018). Det er således forvaltningen, herunder skolelederne, der har hjulpet med at finde frem til deltagerne gennem en målrettet udvælgelse med baggrund i en formålssampling baseret på skolernes socioøkonomiske faktor, det pædagogiske personales erfaringer med digitale artefakter i undervisningen og deres engagement i matematikundervisningen. Inklusionskriterierne var som følgende: at der skulle være skoler repræsenteret både fra land og by og med høj og lav socioøkonomisk faktor. Viden fra det første litteraturreview (artikel I) indikerede, at det pædagogiske personale ofte fandt arbejdet med CT vanskeligt, og de manglede kompetencer til at arbejde med CT. Derfor opsatte jeg også et inklusionskriterie om, at deltagerne kun måtte have et lille

eller ikke noget kendskab til brug af digitale artefakter i en undervisningssammenhæng. Dette for at skabe en så homogen gruppe for interventionen som muligt. Ifølge Grønkjær et al. (2011) er det væsentligt at skabe en homogen gruppe for at sikre sig, at der er en vis form for dynamik og interaktion mellem deltagerne (s. 23). På den anden side kan en gruppe også blive for homogen, hvilket kan få indflydelse på variationen af de data, der skabes (Grønkjær et al., 2011). Det pædagogiske personale, der deltog i interventionen CTiMAT, kan i interventionens første år ses som en homogen gruppe, når det kommer til erfaring med brug af digitale artefakter. Hvorimod de med deres uddannelsesmæssige baggrund og pædagogiske erfaring kan anses som værende heterogene. Dette for at sikre, at de som udgangspunkt havde den samme erfaring og udgangspunkt i arbejdet med digitale artefakter. Engeström (2016) beskriver dette som *multi-voicedness*, der dækker over vigtigheden af at inddrage både konfliktende og komplementerende stemmer, når der sammensættes en gruppe, der skal deltage i CL-sessioner. Dette perspektiv har særligt været vigtigt i relation til udvælgelsen af mine informanter. Denne udvælgelse præsenteres i de to næste afsnit.

3.5 RAMMERNE FOR SKOLERNES DELTAGELSE I INTERVENTIONEN

Skolerne, der efterfølgende udviste interesse for at deltage i interventionsdelen, modtog alle et brev omhandlende interventionen (appendiks D). Efterfølgende blev der afholdt *face-to-face* møder med skolelederne og det pædagogiske personale for at rammesætte interventionsdelen, og det pædagogiske personale fik mulighed for at stille spørgsmål til interventionen. Dette møde var ligeledes med til, at det pædagogiske personale fik et indblik i forventningerne til deltagelsen, da interventionen krævede et tæt samarbejde med de udøvende. Efterfølgende havde det pædagogiske personale mulighed for at tilkendegive, om de ønskede at deltage i interventionen. Selve udvælgelsen er således sket på frivillig basis, og både det pædagogiske personale og deres elever har givet informeret samtykke (appendiks E). Det pædagogiske personale og forældrene til eleverne underskrev en samtykkeerklæring, hvor de blev informeret om formålet med deltagelsen,

organisationen og forskeren bag, en beskrivelse af anonymiseringen, samt hvordan resultaterne skulle formidles, og at det til enhver tid var muligt at trække sig fra studiet (Hammersley & Traianou, 2012). Forældrene modtog som det pædagogiske personale et følgebrev, der beskrev selve interventionen og hensigten hermed. Eleverne blev også informeret om projektet og havde under hele processen mulighed for at trække sig, hvis de ikke ville optages på video eller have taget billeder af deres arbejde. Der har under hele processen således været forsøgt skabt en så åben proces som muligt, hvor eleverne også selv havde mulighed for at vælge til og fra (Ravitch & Carl, 2021). Eleverne kan dog karakteriseres som værende den sekundære målgruppe undervejs i interventionen, hvor den primære målgruppe kan betegnes som det pædagogiske personale, hvis transformation der ønskes undersøgt.

3.6 MÅLGRUPPEN FOR INTERVENTIONEN

Den primære målgruppe for interventionen var derfor lærere og pædagoger tilknyttet 2. årgang, der skulle følges hen over to skoleår. Den toårige undersøgelsesperiode blev valgt for at kunne følge det pædagogiske personales transformative agency over en længere periode, da tidligere undersøgelser har vist, at ekspansiv læring og transformativ agency udvikles over tid (Engeström, 2016; Sannino 2015). 2. årgang blev udvalgt for at kunne følge det pædagogiske personale igennem en længere periode og samtidig ved hjælp af opfølgende interviews at kunne få et indblik i, om de efter interventionen arbejdede med CT som en del af deres undervisningspraksis. Målgruppen blev ligeledes udvalgt for at undersøge, hvordan arbejdet med CT kunne udvikles i matematikundervisningen allerede i indskolingen, da studier af CT på indskolingsniveau er forskningsmæssigt underbelyst (Lee et al., 2022; Chongo et al., 2020). 2. klasse blev valgt som målgruppe, da elever i anden klasse allerede har etableret en klassekultur, og det pædagogiske personale og elever kender hinanden.

Målet var at få både en lærer og en pædagog med fra hver klasse. Dette var dog ikke muligt på alle skoler, da de organisatorisk ikke havde pædagogerne tilknyttet i matematiktimerne på alle skoler. Under det første år af interventionen CTiMAT, i 2019/2020, deltog der $n = 12$ lærere og pædagoger. Tabel 3 illustrerer deltagerne fra

interventionens første år. Fra skole 4 deltog én af lærerne med to klasser. Den socioøkonomiske variation var valgt for at sikre en bredde i repræsenterede skoler og for at kunne tage højde for eventuelle socioøkonomiske variabler.

Tabel 3. Antal deltagere – interventionens første år

Skoler	Lærer	Pædagoger	Antal klasser	Land/by	Socioøkonomi
1	1	1	1	Land	Lav
2	1	1	1	By	Høj
3	3	3	3	By	Høj
4	2	0	3	Land	Lav

3.7 BEGRÆNSNINGER I STUDIET

Studiet har undervejs oplevet metodiske forhindringer i form af Corona-relaterede skolenedlukninger og efterfølgende nødundervisning. Dette har resulteret i, at tre ud af fire interventionsskoler kun har været med i første del af studiet i skoleåret 2019/2020, da det ikke var muligt at opretholde en fornuftig eksponering af arbejdet med CT i matematik. Valget blev derfor at arbejde videre med skole 3, der var længst i interventionsdelen i skoleåret 2020/2021. Data indsamlet fra de tre andre skoler indgår som generaliserende element på tværs af skoler og giver et indblik i, hvordan inddragelsen af digitale artefakter ser ud i en opstartsfasen, hvilket udfoldes i artikel II. Den videre bearbejdning af data sker ud fra skole 3, der har været med gennem hele forløbet. Frafaldet af skoler har gjort, at jeg er kommet tættere på mine informanter fra skole 3, da jeg har haft mere tid til at komme ud og observere deres undervisning mellem de enkelte CL-sessioner. Dette har givet mig et større indblik i deres undervisningskontekst. Skole 3 havde, som den eneste skole, et helt årgangsteam med i projektet, hvilket har givet mig et unikt indblik i, hvordan deres

årgangsteam omkring matematik har fungeret. På skole 3 var der i interventionens andet år udskiftning af det pædagogisk personale da B-klassen fik en ny pædagog og C-klassen en ny matematiklærer. Med baggrund i ovenstående frafald i studiet blev det også tydeligt, at objektet, som var CT i matematik, kom i forgrunden for undersøgelsen.

3.7.1 AT FØLGE OBJEKTET

Fokusering på objektet og derved CT i matematik var nødvendigt for at holde fokus på deltageres transformation af virksomheden. Fokuseringen var ikke en ignorering af deltagerne i interventionen, men snarere et fokus på det pædagogiske personales arbejde med at inddrage CT i matematik og bearbejdningen af objektet. Valget ved at følge objektet og ikke de enkelte deltagers direkte handlinger var baseret ud fra metodologiske begrundelser i forhold til at undersøge CT's inddragelse i matematik. Lignende er set i andre studier (fx Lazarou et al., 2017). Engeström et al., (2003) karakteriserer dette ved at se objektet som: "the necessary glue is focus on the object of professional work and discourse..." (s. 370). Objektet ses her som det, der kan distribuere arbejdet og sammenholde den ekspertise, der er til stede gennem kollektivets handlinger. Det at fokusere på objektet anses af Engeström (2004) som værende et pålideligt metodologisk valg "Actors become dispersed and replaceable which renders the focus on actors increasingly vulnerable as a research strategy" (s.17). Grundet udskiftning af det pædagogiske personale på skole 3 i interventionens andet år var der således god grund til at følge objektets transformation i interventionen CTiMAT. Dette skal ikke ses som en ignorering af deltagerne i interventionen, men snarere et fokus på, hvordan det pædagogiske personale arbejder med at inddrage CT i matematik og på den måde bearbejde objektet.

3.8 CL OVERSIGT

I dette afsnit skitseres indholdet af de syv CL-sessioner, som de var tiltænkt. Først beskrives indholdet ud fra et designperspektiv, hvor jeg inddrager de teoretiske og

metodologiske begrundelser, og dernæst beskrives indholdet, der blev indarbejdet fra praksis, der muliggjorde arbejdet med CL-metoden.

Et overblik over CL-sessionerne kan anskues trefoldigt. Det kan ses som:

- et redskab til at identificere de problemer og dilemmaer, der skal udgøre analysen for sessionen
- et redskab til at identificere problemer mellem sessionerne og organisationens praksis
- forstyrrelser for at ændringerne kan føres ud i praksis og til sidst fungere som struktur over selve interventionen. (Virkkunen & Newham, 2013)

3.8.1 DE SYV CHANGE LABORATORY SESSIONER

Nedenstående tabel 4 viser en vejledende oversigt over de syv CL-sessioner og de to workshops. Skemaet er en videreudvikling af skemaet, der ses i artikel IV.

Kolonne 2 i tabel 4 præsenterer formålet med sessionerne. Hensigten var at stimulere hver fase af den ekspansive læringscyklus (fig. 7) bestående af: at stille spørgsmål til egen praksis, en empirisk og historisk analyserende fase, modellering af en ny model, undersøgelse af modellen, implementering og konsolidering (Virkkunen & Newnham, 2013; Engeström, 2016). Den ekspansive læringshandling, der ønskes at stimulere, kan ses i kolonne 3. Den ekspansive læringshandling henviser til én af faserne i Engeströms (2016) ekspansive læringscyklus. Kolonne 4 refererer til det problem eller dilemma (første stimulus), der ønskes belyst under sessionen. Dette er understøttet af spejlmateriale, der afspejler problematikken. Dette kunne være et billede, der beskrev en situation, et citat, elever der arbejder med en aktivitet med videre. Anden stimulus beskriver det artefakt, der blev brugt til at bearbejde de problematikker, som blev beskrevet under første stimulus. Det er således de modsætninger, der er opstået, der har dannet forgrunden for udvælgelse af første stimulus, dernæst har forskningsspørgsmålet og teorien dannet baggrund for arbejdet med indholdsanalysen. Ifølge Bligh og Flood (2015) er det vigtigt allerede i

begyndelsen at overveje, hvordan metoden om dobbelt stimulation kan inddrages og blive en væsentlig del af designet. Dobbelt stimulation kan som metode være med til at bidrage til udviklingen af en ny praksis blandt deltagerne og er med til at understøtte en begyndende analyse med deltagerne (Engeström, 2016; Sannino, 2015a). Tabel 4 kan ses på næstkommende side.

Tabel 4. Oversigt over CL-sessioner

Dato	Formålet med sessionen	Ekspansiv læring	Første stimulus	Anden stimulus
3.9. 2019	Workshop 1 Introduktion til CT i matematik i 2. klasse			
25.9. 2019	Session 1 Præsentation af CHAT som metode Historisk analyse af strukturer relateret til CT i matematik Modellering af nye idéer	Spørgsmål Historisk analyse Modellering	Det pædagogiske personales digitale kompetencer	Den ekspansive læringscyklus
13.11. 2019	Session 2 Præsentation af feltnoter Barriere og potentialer ved brug af digitale artefakter Modellering af nye idéer	Spørgsmål Historisk og empirisk analyse Modellering Konkretisering	Analogt artefakt Forberedelse af undervisningen Teknologien som understøttende artefakt	Virksomheds-trekanten 1. generation
29.1. 2020	Session 3 CT-begreber og brug i matematik Analyse af den nye model Modellering af nye idéer	Empirisk analyse Konkretisering Implementering	Konkrete eksempler fra praksis	CT-begreber Virksomhedstrekanten 2. generation Nye måder at undervise i problemløsning i Scratch Jr.
1.9. 2020	Workshop 2 Introduktion til CT i matematik i 3. klasse			
21.10. 2020	Session 4 Presentation af det pædagogiske personales ekspansive læringscyklus Analyse af den nye model igennem et didaktisk perspektiv	Spørgsmål Modellering Konkretisering/test	Elevernes udvikling af matematik i scratch Udvikling af CT i traditionel matematik	Den ekspansive læringscyklus Den didaktiske cyklus
2.12. 2020	Session 5 Præsentation af hvordan CT udvikles i den nye model Undersøgelse af den nye model og modellering af nye muligheder	Empirisk analyse Modellering	Hvordan CT udvikles i den nye model	Den didaktiske cyklus Virksomhedstrekanten 2. generation
07.04. 2021	Session 6 Undersøgelse af, hvordan de tre klasseteams arbejder særskilt Afslutning af interventionen CTiMAT	Empirisk analyse Modellering Konkretisering/ test	Konkrete eksempler fra praksis	Den ekspansive læringscyklus Unplugged CT-aktivitet
28.06. 2021	Session 7 Undersøgelse af værktødsugen af CTiMAT Fremadrettet perspektiv	Evaluerende og konsolidering	Nedslag fra værktødsugen CTiMATs transformation	Mindmap Firefelter model

Det var hensigten, at designet skulle understøtte de enkelte ekspansive læringshandlinger som beskrevet i afsnit 2.7. I begyndelsen af hver session havde vi en bordet-rundt-samtale, hvor det pædagogiske personale fra hver klasse beskrev, hvad de havde arbejdet med siden sidst. Her skulle de prøve at beskrive, hvad der fungerede godt, og hvad der fungerede mindre godt, når de arbejdede med CT i undervisningen. Det, at det pædagogiske personale selv fik lov til at italesætte deres egen praksis først, betød, at jeg ikke var styrende i forhold til de problematikker og dilemmaer, deltagerne så som vigtige. Efterfølgende gennemgik vi mine refleksioner og nedslag fra observationerne. Der viste sig ofte en sammenhæng mellem det pædagogiske personales beskrivelser og mine nedslag, hvilket kan skyldes at vi også talte sammen under observationen. For at undgå at være for subjektivt biased i udvælgelsen af spejlmateriale, har jeg søgt sparring hos vejledere og forskningsgrupper relateret til feltet. Derudover blev der udviklet et manuskript forud for hver session, disses kan ses i appendiks F. Manuskriptet blev udarbejdet for at sikre en rettedhed mod det objekt, som virksomheden søgte at transformere. Manuskriptet blev udarbejdet lige inden CL-sessionen, således at det også inddrog indhold fra observationerne mellem de enkelte CL. Dette manuskript var dog blot vejledende, da der skulle være plads til ændringer, alt efter hvad det pædagogiske personale selv inddrog i sessionen. Manuskriptet til de enkelte CL-sessioner havde et generelt fokus, men deltagernes behov for konkrete løsninger skabte en proces med både generel modellering og konkret udformning af design under de enkelte sessioner. Et eksempel herpå kan ses i session 4, hvor pædagogen i B-klassen gerne ville arbejde med Scratch, men hun havde problemer med at programmere det ønskede program. Problemet blev taget fælles op, og hun fik de rette redskaber til at løse det, hvor læreren i C-klassen og jeg guidede hende. Dette gav de andre deltagere et indblik i, hvordan Scratch kunne inddrages i undervisningen og gav udgangspunkt for en analyse og refleksion over inddragelsen af det digitale artefakt, dette er yderligere udfoldet i analysen i afsnit 5.9.2.

De enkelte læringshandlinger forud for hver session var valgt for at understøtte deltagernes ekspansive læringscyklus, men som det også fremgår af diagram 1 under

analysen i afsnit 5.1 og artikel IV, var det ikke kun de valgte læringshandlinger, der kom til udtryk i de enkelte sessioner, men også læringshandlinger initieret af deltagerne selv. Deltagernes læringshandlinger kom særligt til udtryk i arbejdet med at designe og analysere nye undervisningstiltag.

3.9 UDVÆLGELSE AF ANDEN STIMULUS TIL UNDERSTØTTELSE AF DET PÆDAGOGISK PERSONALE

I dette afsnit beskrives anvendelsen af anden stimulus som et redskab til at understøtte og facilitere deltageres ekspansive læring og agency i forbindelse med deres arbejde med at transformere deres virksomhed. Udvælgelsen af anden stimulus er valgt for at understøtte det pædagogiske personale i deres arbejde med at transformere deres virksomhed. Den enkelte anden stimulus betragtes af Engeström (2016) som værende neutral, men som et redskab, der kan bruges til at understøtte og facilitere deltageres ekspansive læring og agency.

By using this approach, we do not limit ourselves to the usual method of offering the subject simple stimuli to which we expect a direct response. Rather, we simultaneously offer a second series of stimuli that have a special function. In this way, we are able to study the process of accomplishing a task by the aid of specific auxiliary means; thus we are also able to discover the inner structure and development of higher psychological processes. (Vygotsky, 1978, s. 74–75)

De enkelte stimulus var derfor valgt for at få et indblik i deltageres arbejde med at transformere virksomheden. Ifølge Virkkunen (2006) kan transformationer af virksomheder ikke blot opfanges igennem observationer af deltagerne, men igennem dialog og diskussioner, der opfanger de modsætninger, der måtte være, både historiske og nutidige. Hedegaard (2020) beskriver dette som den dobbeltsigtede tilgang, hvor deltagerne først arbejder med situerede problemer valgt af interventionisten, som både er meningsfulde for deltagerne og samtidig dækker centrale begreber af det fænomen, der undersøges. Gradvist og igennem diskussioner

bliver deltagerne styret af den primære relation til problemet. Dernæst introducerer interventionisten eller deltagerne selv den anden stimulus, som er med til at udvide deltagerens begrebssystem af mere centrale begrebsmæssige relationer igennem en model. Igennem denne bearbejdning udvikler deltagerne også deres egne metoder til at udforske problemrummet. Herigennem bliver deltagerne i stand til at evaluere og forholde sig til, hvordan de kan bruge denne viden i relation til det problem, der først blev skitseret. Det er således hensigten, at deltagerne skal gøre den anden stimulus til deres egen. Dette sker i bearbejdningen og det, de beskriver og diskuterer, fx deres virksomhedssystem (Engeström, 2016). Disse anden-stimuli er således med til at hjælpe det pædagogiske personale med at gå fra det abstrakte til det konkrete ved at skabe mere generelle teoretiseringer af det problemrum, de forsøger at løse. I dette studie har den anden stimulus bidraget til at skabe en teoretisk forståelse ved at give deltagerne mulighed for at distancere sig fra den konkrete situation, som blev præsenteret som den første stimulus i undersøgelsen. Det pædagogiske personale har undervejs i interventionen selv inddraget andre stimuli i form af digitale artefakter eller deres matematikbog. Disse andre stimuli har været med til at flytte deres forståelse for arbejdet med CT ved at gøre CT mere håndterbart og konkret for deltagerne. Dette er også et eksempel på, hvorpå deltagerne har været med til at forme interventionen, da de viste en optagethed i arbejdet med de digitale artefakter. Fokus på de digitale artefakter gav et behov for et større indblik i, hvordan det pædagogiske personale kunne inddrage digitale artefakter i undervisning. Teorien om semiotisk mediering (TSM) blev valgt som en ramme, der kunne give et større indblik i artefaktets semiotiske betydning i matematikundervisningen (Bartolini Bussi & Mariotti, 2008). Både som analytisk ramme udfoldet i artikel III, men også som et redskab, det pædagogiske personale kunne bruge som anden stimulus, der var med til at give indsigt i deres transformation af virksomheden. De begivenheder, der finder sted i et CL, er organiseret for at positionere interventionen som et redskab til at bearbejde og implementer nye tiltag i en virksomhed under forandring. På et højere abstraktionsniveau indtager CL rollen som det medierende artefakt indenfor en socialt organiseret gruppe, der kollektivt forsøger at ændre deres virksomhed (Cole & Engeström, 2007).

Samlet set viser dette afsnit, hvordan anvendelsen af anden stimulus har været et vigtigt redskab i interventionen for at støtte og facilitere deltagernes ekspansive læring og transformative agency. Ved at tilbyde anden stimulus har interventionen kunnet støtte det pædagogiske personale i at udvikle deres eget begrebssystem og metoder til at udforske problemrummet. Dette har gjort det muligt for det pædagogiske personale at gå fra det abstrakte til det konkrete og skabe mere generelle teoretiseringer af deres problemområder. Derudover har deltagerne selv haft mulighed for at påvirke interventionen og vælge anden stimulus, der var relevant for deres arbejde, som fx digitale artefakter. Dobbelt stimulation har været en vigtig faktor i at skabe teoretisk forståelse og støtte det pædagogiske personale i deres transformation af virksomheden.

En beskrivelse og en begrundelse af indholdet i de enkelte CL-sessioner kan findes i artikel IV og i appendiks G. Det har været hensigten at understøtte deltagernes agency, og som processen er skredet frem, er denne agency vokset. Derfor har de planlagte aktiviteter i de senere sessioner været mere initieret af deltagernes ønsker og behov. Da en ekspansiv læreproces ikke skal forløbe som en lineær proces, vil der undervejs være overlap af de enkelte læringshandlinger (Engeström, 2016). De efterfølgende afsnit vil beskrive, hvilke metoder jeg har brugt i forbindelse med dataindsamlingen.

3.10 LÆRINGSLABORATORIE

I studiet var det vigtigt, at de digitale artefakter blev betragtet som en del af en læringsaktivitet bestående af sociale praksisser, hvor mennesker interagerer i overensstemmelse med deres kompetencer. Dette afsnit vil først skitsere deltagerens forudsætninger for deltagelse i interventionen og derefter sætte fokus på det læringslaboratorie, de deltog i to gange undervejs i interventionen CTiMAT.

Forud for læringslaboratoriet udfyldte det pædagogiske personale et spørgeskema. Et uddrag fra skole 3 kan ses i appendiks H. Spørgeskemaet tog udgangspunkt i det pædagogiske personales erfaringer med brug af digitale artefakter og CT i en

undervisningssammenhæng. Den lærer og pædagog, der kom til i interventionens anden del, blev mundtligt spurgt ind til spørgsmålene. I tabel 5 kan det ses, at pædagogen i B-klassen følte sig klædt på til at arbejde med digitale artefakter og allerede arbejdede med det i indskolingen. Det samme gjorde den nye lærer i C-klassen, da han tidligere havde arbejdet med udskolingselever og programmering. Han havde dog ikke gjort brug af sine erfaringer i forhold til undervisningen i indskolingen. Størstedelen af deltagerne havde derfor begrænset viden om, hvordan digitale artefakter kunne inddrages i en undervisningssituation.

Tabel 5. Det pædagogiske personales erfaringer med digitale artefakter

	Lærer A	Pædagog A	Lærer B	Pædagog B	Lærer C	Pædagog C	Lærer C (2. år)	Pædagog B (2. år)
Nødvendige kompetencer i arbejdet med digitale artefakter?	Nej	Nej	Nej	Ja	Nej	Nej	Ja	Nej
Brug af digitale artefakter i undervisningen	Sjældent / aldrig	Sjældent / aldrig	Sjældent / aldrig	Et par gange om ugen	Sjældent / aldrig	Sjældent / aldrig	Sjældent / aldrig	Sjældent / aldrig

Taget det pædagogiske personales tidligere viden om digitale artefakter i betragtning og samtidig den øgede mængde nye digitale artefakter, der er kommet til rådighed i skoleregi, var det vigtigt, at de digitale artefakter i studiet hverken blev betragtet som neutrale eller som et egentligt mål i sig selv. De digitale artefakter skulle heller ikke ses som værende passive elementer, når de blev anvendt i praksis, men ses som en del af en læringsaktivitet bestående af sociale praksisser, hvor mennesker handler og interagerer i overensstemmelse med deres kompetencer (Vygotsky, 1978).

Den formative intervention bestod af syv CL-sessioner, hvori det pædagogiske personale i fællesskab udviklede deres forståelse omkring arbejdet med CT i relation til matematikundervisningen. Første del bestod af en workshop sat op som et læringslaboratorium (jf. Hasse, 2014). Ifølge Hasse (2014) er et læringslaboratorie en fysisk eller virtuel ramme, hvor deltagerne kan eksperimentere, tænke kreativt og

samarbejde for at opnå dybere forståelse og læring. Læringslaboratoriet blev afholdt i starten af skoleåret 2019/2020 og igen i starten af skoleåret 2020/2021. Læringslaboratoriet blev afholdt i samarbejde med Center for Undervisningsmidler (CFU) på Professionshøjskolen UCN; dette var i særdeleshed for at undgå selektionsbias, hvor den, der skaber interventionen, styrer processen og dens udfald (Creswell & Creswell, 2018). CFU stod derfor for planlægning af læringsindholdet på de to workshops. Læringslaboratoriet var med til at give det pædagogiske personale et fælles grundlag i forhold til CT og mulighed for at eksperimentere og skabe mening i henhold til egen praksis. Samtidig gav det mulighed for at deltagerne kunne vidensdele på tværs af skolerne. Det væsentlige ved læringslaboratoriet var ikke brugen eller typen af digitale artefakter, men at det pædagogiske personale fik en forståelse for kernebegreberne i CT og kunne bruge begreberne i deres didaktiske planlægning af undervisningsaktiviteterne fremadrettet (Fadel et al., 2017). Der blev anlagt et tværprofessionelt perspektiv, hvori de to professioner (lærere og pædagoger) sammen kunne udvikle deres faglighed og supplere hinandens kompetencer for at understøtte elevernes læring (Dau et al., 2019). Dette valg blev truffet for at udfordre de enkelte professioners blinde pletter, for derigennem at medvirke til at de kunne anskue virkeligheden ud fra andre perspektiver (Engeström & Sannino, 2010). Da studiet indebærer subjekter, er det væsentligt at tage hensyn til kompleksiteten af de involverede i virksomheden, hvilket rejser det metodologiske spørgsmål om, hvordan studiet kan legitimeres ved hjælp af virksomhedssystemet som analyseenhed. Eksisterende litteratur har været med til at nuancere og definere udgangspunktet for studiet og de efterfølgende forskningsspørgsmål. Eksempelvis har forskningsspørgsmålet ændret sig fra et fokus på elevernes forståelse af CT i matematik til et fokus på det pædagogiske personales agency. Dette skyldes, at der indledningsvis blev skitseret et videnshul i forhold til, hvordan det pædagogiske personale kan arbejde med CT i matematik, hvilket senere hen blev understøttet af litteraturreviewet i artikel I. Der har derfor været et behov for at etablere et studie med fokus på det pædagogiske personales agency i arbejdet med CT.

3.11 DATAINDSAMLING UNDER OG MELLEM CL-SESSIONERNE

Jeg vil i det følgende afsnit kort redegøre for min tilgang til at analysere de indsamlede data i forbindelse med observationerne. CL-sekvensen kræver, at der sker en analyse af data mellem hver session for at forberede indholdet. Forskning, udført med baggrund i CHAT, giver ofte en rig og omfattende datamængde samtidig med en stærk ”følelse” af forståelsen for de ændringer, der opstår i virksomhedssystemet (Koszalka & Wu, 2005). For at blive kendt med mine data nedskrev jeg de umiddelbare refleksioner efter hver observation og CL-session med deltagerne i en forskningsdagbog. Forskningsdagbogen blev anvendt under hele dataindsamlingen og analysen for at øge min refleksivitet over forskningsprocessen, hvilket bidrog til at ophæve en mere forudfattet forståelse og give mulighed for en mere repræsentativ beskrivelse af deltagernes virkelighed (Percy et al., 2015). De to følgende tabeller giver et indblik i omfanget af dataindsamlingen. De er opdelt efter interventions år. Tabel 6 viser interventions første år. Tabel 7 viser interventions andet år. I den øverste række ses datoen for dataindsamlingen og nederste række fortæller omfanget af den enkelte dataindsamling i minutter. Dataindsamlingen er vist for skole 3, da det er den skole der indgår som datagrundlag og som har afsluttet interventionen. Dataindsamlingen for de resterende skoler kan ses i appendiks I. Som det fremgår af tabellerne, har der være en variation mellem CL-sessionerne og observationerne på nær mellem session 5 og 6 dette skyldes en skolenedlukning grundet Covid-19. Skiftet mellem CL-sessioner og observationer har gjort det muligt at indsamle spejlmateriale i form af empirisk data, som det pædagogiske personale efterfølgende kunne bearbejde teoretisk på de enkelte CL-sessioner. Efter tabellerne vil der komme en beskrivelse af, hvordan den indsamlede data er analyseret.

Tabel 6. Første interventions år skole 3

Workshop	CL1	Observation	CL2	Observation	CL3	Interview
03.9.2019	25.9.2019	A: 29.10.2019 B: 31.10.2019 C: 01.11.2019	13.11.2019	C: 28.11.2019 A: 03.12.2019 B: 12.12.2019	29.01.2020	02.07.2020 Lærere Fra A+B
360 minutter	72 minutter	A: 105 minutter B: 95 minutter C: 105 minutter	80 minutter	C: 105 minutter A: 125 minutter B: 105 minutter	81 minutter	55 minutter

Tabel 7. Anden interventions år skole 3

Workshop	CL4	Observation	CL5	CL6	Observation	CL7
1.09.2020	21.10.2020	B: 22.09.2020 C: 25.09.2020 A: 23.10.2020 30.10.2020	2.12.2020	07.04.2021	A: 04.05.2021 05.05.2021 06.05.2021 C: 07.05.2021	28.06.2021
360 minutter	68 minutter	B: 60 minutter C: 60 minutter A: 90 minutter 90 minutter	53 minutter	79 minutter	A: 150 minutter 150 minutter 150 minutter C: 60 minutter	116 minutter

3.11.1 ANALYSEMETODE I RELATION TIL OBSERVATIONERNE

I dette afsnit vil jeg beskrive de valg, der er truffet under analysen af observationsdata. Da det er mig som forsker, der har udvalgt de data, der skulle indgå i de enkelte CL-sessioner, havde jeg brug for en metode, der kunne understøtte

beslutningen om, hvilke data, der skulle udvælges (Engeström, 2016). Ifølge Engeström (2011; 2016) bygger et CL på etnografisk data som stammer fra den kontekst, hvori virksomheden finder sted. Her registreres problemer, vanskeligheder og problemstillinger der bringes ind i CL-sessionerne for at tjene som første stimulus. Engeström (2011; 2016) beskriver ikke yderligere, hvordan der arbejdes med at udlede første stimulus. Der er derfor valgt en målrettet indholdsanalyse (Hsieh & Shannon, 2005) for at skabe en systematik over de enkelte observationer og for at skabe en konsistent gennemgang af den første stimulus, der har været brugt under de enkelte CL-sessioner. Den målrettede tilgang til indholdsanalysen kan kategoriseres som værende deduktiv, hvor det er hensigten at validere eller udvide allerede eksisterende teoretiske begreber (Hsieh & Shannon, 2005, s. 1281). Den deduktive tilgang starter med at udlede begreber og koder fra et teoretisk grundlag, før selve analyserne begyndes. De data, der er inkluderet i datasættet, bestod af videooptagelser af klasserumsaktiviteter og observationsnoter⁸. Mine observationsnedslag blev nedskrevet med tidsangivelse, dette muliggjorde at videomaterialet kunne tilgås, hvis der var yderligere brug for at udfolde forståelsen fra observationen. Det gjorde det også muligt at indsamle artefakter, der skulle fungere som første stimulus for det pædagogiske personale (Engeström, 2011). Dataanalysen skal ses som en cyklisk proces, hvor der mellem hver enkelt CL-session som nævnt er foregået observationer, der er analyseret og sammenholdt med tidligere observationsdata.

Da indholdsanalysen er en del af en formativ intervention, skal den ses som en iterativ proces, hvor indholdsanalysen hele tiden vil være i proces og blive udviklet. Den iterative proces er med til at skabe en dynamik mellem refleksion over praksis og observation i praksis og bidrager til den historiske empiriske analyse jf. den ekspansive læringscyklus figur 7. I denne indholdsanalyse er der taget udgangspunkt i virksomhedstrekanten som analyseenhed og den teoretiske udledning af

⁸ For at anmode om yderligere oplysninger kan indholdet rekvireres af bedømmelsesudvalget ved henvendelse til forfatteren.

modsætninger præsenteret i kapitel 2. Følgende trin er inkluderet i analysen på tværs af feltnotater og videomateriale:

- Nøglebegreber er identificeret fra CHAT
- Systematisk datakodning ud fra nøglebegreberne er foretaget af først feltnoter med tidsnedslag og derefter er videomaterialet tilgået for at finde første stimulus og i nødvendigt omfang transskriberet
- Kortlægning af mønstre over sammenhængende begreber, dernæst blev der foretaget en gruppering og kategorisering ud fra de mønstre der fremkom
- Identificering af begreber der efterfølgende blev genvalideret som nye data kom til.

Dernæst blev der udledt citater og indhold med baggrund i de modsætninger, der fremkom under observationerne, i relation til studiets forskningsspørgsmål og deltageres arbejde med at transformere og konkretisere virksomheds objekt. Disse fungerede som spejlingsmateriale under næstkommende CL-session. Forståelsen af fænomenet blev derved nuanceret, og indholdet blev evalueret og videreudviklet i samarbejde med deltagerne. Nye vinkler kunne derigennem dukke op, og forståelsen herfor blev valideret gennem processen. Indholdsanalysen kan ses i appendiks J. I appendiks K gives der en beskrivelse af, hvordan nedslagene fra den første observation er blevet udvalgt som den første stimulus, hvordan de blev præsenteret for deltagerne, og hvordan deltagerne efterfølgende arbejdede med den anden stimulus. Desuden giver appendiks K et indblik i, hvordan data fra den anden CL-session er blevet analyseret.

3.11.2 DATAANALYSE FRA CL-SESSIONER

Den behandlede data fra indholdsanalysen indgik som første stimulus i CL-sessionerne. Dette har givet et indblik i det pædagogiske personales måde at arbejde med CT i undervisningen, da de under CL-sessionerne gjorde sig pædagogiske og didaktiske overvejelser for derefter at observere, hvordan de i praksis udførte

aktiviteterne. Som beskrevet i afsnit 3.8.1, bestod data fra CL-sessionerne af: transskriptioner af lyd fra de syv CL-sessioner understøttet af billeder, artefakter produceret af deltagerne under CL-sessionerne (fx analyse af virksomhedssystemet, mindmaps, refleksioner over CT i matematik), billeder og video af elevernes arbejde med CT-aktiviteter. Lydoptagelser blev transskriberet, og derefter gennemgik de en deduktiv analyse, der fulgte principperne fra Engeström et al. (2013) og Augustsson (2021) i henhold til deduktivt at udlede de ekspansive læringshandlinger (fig. 7). Dernæst blev de fire faser i henhold til TADS udledt, som fulgte principperne fra Morselli (2019) og Morselli og Sannino (2020). Indholdet i datasættet blev organiseret kronologisk for at kunne følge den grundlæggende struktur for transformativ agency og ekspansiv læring (Sannino, 2015a; Engeström, 2016). I arbejdet med både indholdsanalysen fra observationerne og den teoridrevne analyse fra CL-sessionerne gav det en grundlæggende struktur, der gav et indblik i, hvordan det pædagogiske personale arbejdede med CT i matematikundervisningen. Der kan ses eksempler på, hvordan der er arbejdet med den teoridrevne analyse i artikel IV. I forbindelse med analysearbejdet blev der skabt en kodebog (appendiks J), denne blev efterfølgende gjort tilgængelig, så andre kan efterprøve og få indblik i, hvordan de ekspansive læringshandlinger og TADS er blevet analyseret i dette studie.

3.12 DATAGRUNDLAG FOR ANALYSEN I KAPPEN

Den transskriberede data fra CL-sessionerne er brugt som primær metode for at kunne indfange det pædagogiske personales transformation. For at kunne besvare afhandlingens overordnede forskningsspørgsmål har det været nødvendigt at følge tidsperspektivet. Det har således ikke været muligt at indfange denne progressionen i artiklerne alene, og derfor har jeg set mig nødsaget til at udfolde analysen heraf under kapitel 4. Datagrundlaget for indholdet i disse analyser har været observationsnedslag, video, transskription af CL-sessioner og opfølgende interviews. Afhandlingen besidder en stor del data, og det har derfor været nødvendigt at kondensere indholdet. Denne kondensering kan ses ved, at det ikke er al videodata, der er transskriberet, men derimod er der ved hjælp af observationsnedslag fundet frem til den data, der bedst kunne give viden og forståelse til selve transformationsperspektivet og det

pædagogiske personales inddragelse af CT i undervisningen. Observationsnedslagene fremkommer i analysen i form af første stimulus og de modsætninger, det pædagogiske personale bearbejder undervejs i interventionen. Dette kan illustreres i følgende model:



Figur 10: Datagrundlag for brug af første stimulus

- 1) Observationsnedslag med baggrund i observationer af deltagernes undervisning
- 2) Analyse af videomaterialet fra observationerne med baggrund i observationsnedslagene
- 3) Med baggrund i de to første steps er der udvalgt første stimulus. Denne stimulus er valgt i relation til forskningsspørgsmålene og deltagernes bearbejdning af objektet
- 4) Præsentation af den første stimulus under en CL-session
- 5) Derefter har der enten været en ny observation, hvor de enkelte steps er gentaget, eller der har været et opfølgende interview, og processen er derefter afsluttet.

Udvælgelsen af data er hele tiden sket i relation til mine forskningsspørgsmål. Gennem denne ovenstående metodiske fremgangsmåde har det været mulig at komme tættere på det pædagogiske personales transformation og gjort det muligt at udforske mønstre for, hvordan de gradvist har arbejdet med at transformere deres virksomhed. De tre første step af figur 10 kan relateres til forskningsspørgsmålet, der er målrettet mod at få indsigt og viden om, hvilke begrænsninger og potentialer, der er i arbejdet med CT i matematikundervisningen. Hvor særligt step 4 og 5 kan være med til at besvare første del af forskningsspørgsmålet rettet mod det pædagogiske personales transformative agency. Mine forskningsspørgsmål her derved været styrende for udvælgelsen af data undervejs i studiet, herunder deltageres arbejde med at bearbejde virksomhedens objekt.

3.13 ETISKE OVERVEJELSER

Jeg vil i dette afsnit først præsentere de mere generelle etiske overvejelser for derefter at vise, hvordan enkelte situationen relateret til etik er behandlet i studiet. Dernæst vil jeg præsentere nogle eksempler på, hvordan de etiske overvejelser er håndteret undervejs i studiet.

Generelle etiske overvejelser før interventionen:

- Informeret samtykke fra elever og det pædagogiske personale, bl.a. med hensyn til tavshedspligt og anonymisering (se appendiks E).
- Åbenhed om projektet, hvor der er sendt brev til skolerne, herunder ledelsen, det deltagende pædagogiske personale og forældrene (se appendiks D).
- Af respekt for deltagerne valgte de tid og sted for observationer, CL-sessioner og interview. Respekt af afbud fx i forbindelse med sygdom og vikarbejde.

Generelle etiske overvejelser under interventionen:

- Kontakten med det pædagogiske personale i forhold til aftaler foregik hovedsageligt over e-mail for at værne om deres tid.

- Opsummering af formål, tilladelse til at filme og optage lyd forud for hver observation, CL-session og interview for at skabe et så informeret udgangspunkt som muligt.
- Præcisering af interventionistens rolle under hver CL-session som facilitator af processen, men at det var deltagerens viden og erfaring, der var styrende i forhold til selve indholdet.
- Ligelig fordeling blandt deltagerne i forhold til erfaringsudveksling, samtaler og meningstilkendegivelser.
- Sikring af interventionistens troværdighed igennem professionel distance til deltagerne.
- Sikring af respekt for deltagerne igennem ligeværdighed og lydhørhed under observation, CL-sessioner og interview.
- Verificering af interventionistens begyndende analyse fra observationerne og umiddelbare forståelse for at undgå mistolkning.
- Undersøgelse af fund på tværs af de deltagende skoler og på tværs af CL-sessioner ved at teste udsagn og undersøge for generaliserbarhed. Dog stadigvæk med sikring af anonymitet.

Generelle etiske overvejelser efter interventionen:

- At interventionisten fungerede som dataindsamler, men havde en studentermedhjælper til at lave transskriptionen. Forud herfor var der lavet en guide, som blev fulgt. Transskriptionen blev foretaget med nøjagtig afkodning som ren verbatim. Efterfølgende hørte interventionisten lydfilen og læse transskriptionen igennem for at opfange eventuelle fejl og mangler.
- At deltagerne blev anonymiseret og at både transskriptioner, audio- og videofiler blev opbevaret sikkert og ifølge Aalborg Universitets forskrifter.
- At fortolkninger og publicerede resultater ikke indeholdt personhenførbare data eller data, der kunne relateres tilbage til deltagerne.
- At deltagerne var med til at verificere resultaterne igennem den syvende CL-session og ved de opfølgende interview. Her var det muligt at opfange eventuelle uklarheder og mistolkninger. Dette gav ligeledes mulighed for at afdække indholdet yderligere.

3.13.1 ETISKE OVERVEJELSER OVER OBSERVATIONSSTUDIE

Et vigtigt element i designprocessen for dette studie er, at mine deltagere er tæt på forskningsprocessen og er med til at forme projektet jf. afsnit 3.16. I særdeleshed fordi jeg er ret tæt på praksis og har tæt kontakt med deltagerne i projektet. Det betyder også, at jeg undervejs i CL hele tiden var opmærksom på mine deltagere. En del af et CL er at præsentere deltagerne for små glimt af deres praksis. Disse praksisglimt kan bestå af video, billeder eller udtalelser. I starten viste jeg små videoer fra deres praksis med tilladelse fra deltagerne. Dette gjorde dem dog i nogle tilfælde forlegne og gjorde, at de ofte havde fokus på at undskylde deres egen rolle. Efterfølgende gik jeg over til at lave små praksisfortællinger, der opridser aktiviteten evt., supplerede med udtalelser og billeder. Dette bevirkede, at deltagerne kunne distancere sig fra egen praksis og samtidig medvirkede til, at de alle kunne deltage i en mere ligeværdig diskussion, hvilket bekræftes i analyserne af de efterfølgende CL-sessioner, hvor alle deltagere kom til orde. Det har således være relevant at jeg har taget vare på mine informanter undervejs i studiet, hvilket beskrives mere uddybende i næste afsnit.

3.13.2 AT TAGE VARE PÅ INFORMANTER

Både det relationelle og det at holde en refleksiv distance undervejs i projektet er blevet udfordret. Her er jeg stødt ind i dilemmaet ift. at sikre min rolle som observatør og samtidig handle etisk forsvarligt over for mine informanter. Som et eksempel på dette dilemma vil jeg pege på et eksempel under én af mine observationer (observation, A-klassen, d. 23.10.2020). Læreren og pædagogen havde opdelt klassen og havde en halvdel hver. Under denne observation var jeg sammen med læreren i klasselokalet. En særligt udfordret elev blev gentagne gange frustreret over ikke at kunne få det digitale artefakt til at gøre det, han gerne ville have den til. Eleven har en strategi om at forlade lokalet, hvis presset bliver for stort. Eleven forlod lokalet to gange, men kom hurtigt tilbage igen; begge gange forsøgte læreren at hjælpe eleven videre med opgaven. Tredje gang det ikke lykkedes for eleven, handlede han ved at skubbe til bordene og stolene på vej ud af klasselokalet. Den tredje gang fulgte læreren

efter eleven, og læreren kom ikke tilbage til undervisningen igen. Jeg stod derfor tilbage med klassen og måtte guide dem videre i undervisningsaktiviteten. Gennem min undervisningserfaring kunne jeg guide eleverne gennem sidste del af undervisningen. Forskningsprocessens troværdighed blev dog her sat på prøve, idet jeg afveg fra de principper, der var opsat for observationen, som var at følge det pædagogiske personale og deres handlinger (Creswell & Creswell, 2018). Dog fandt jeg mig etisk forpligtet til at hjælpe de resterende elever, idet jeg var den eneste lærerressource i lokalet. Det påhviler forskeren grundet en asymmetrisk magtrelation (Creswell & Creswell, 2018) at handle etisk forsvarligt over for andre individer. Da man som forsker holder noget af den andens liv i sine hænder, må vi derved handle og tage vare på det, som Løgstrup (1956) ville udtrykke det: ”Den enkelte har aldrig med et andet menneske at gøre, uden at han holder noget af dets liv i sin hånd” (s. 25). Eksemplet viser, at jeg som forsker er en del af situationen og dermed også altid står i valget mellem hensynet til studiet og hensynet til deltagerne. Omvendt må man som forsker hele tiden afveje situationen i forhold til, om det er etisk forsvarligt over for informanterne (Creswell & Creswell, 2018). Jeg har forsøgt at håndtere projektets etiske dilemmaer ved at reflektere og diskutere dette med mine vejledere og mit ph.d.-netværk undervejs i forskningsprocessen. Gennem forskningsprocessen ønskes det at indsamle så fyldestgørende data som muligt for at styrke studiets gyldighed, dette diskuteres i nedenstående afsnit.

3.14 STUDIETS GYLDIGHED

Traditionelt er reliabilitet og validitet blevet anvendt i kvantitativ forskning, men er i nyere tid også blevet inddraget indenfor det kvalitative forskningsparadigme. Patton (2001) fremfører, at validitet og reliabilitet er to faktorer, som også kvalitative forskere bør være bekendt med. Da reliabilitet og validitet er forankret i det positivistiske paradigme, bør det ifølge Golafshani (2003) omdefineres i lyset af et kvalitativt perspektiv. Ifølge Lincoln og Guba (1985) er det væsentligt at man som forsker er overbevisende i resultatfremstillingen, så andre kan overbevises om undersøgelsens kvalitet. I henhold til kvalitativ forskning anvender Lincoln og Guba (1985 s. 300) fire aspekter der skal være med til at sikre den kvalitative forsknings

pålidelighed og gyldighed: overførbarhed (transferability), konsistens (dependability) og transparens (confirmability) og troværdighed (credibility). I henhold til validitet hævder Lincoln og Guba (1985), at begrebet troværdighed kan sættes i stedet for og dermed være med til at etablere tillid til resultaterne. De fire aspekter diskuteres i relation til studiet herunder.

3.14.1 OVERFØRBARHED

Et vigtigt element indenfor kvalitativ forskning er kontekstualisering, hvor studiets sammenhænge tydeliggøres. I dette studie kommer dette til udtryk igennem beskrivelsen af mine informanter i afsnit 3.6. Her er udvælgelsen af informanterne beskrevet i henhold til demografiske oplysninger, deltagerniveau og selve baggrunden for udvælgelsen. Denne udvælgelse er sket med baggrund i mine forskningsspørgsmål for at sikre sammenhængen og relevansen for problemstillingen (Hammersley & Atkinson, 2000; Kvale & Brinkmann, 2009). Overførbarheden siger således noget om studiets anvendelighed og hvordan dette kommer til udtryk igennem vidneudsagn. Dette studies overførbarhed skal ses indenfor uddannelsesforskning med et fokus på professionel læring. Informanterne i dette studie er som beskrevet valgt ud så de så vidst muligt repræsenterer et generelt indblik i, hvilke efterfaringer det pædagogiske personale besidder i arbejdet med digitale artefakter i grundskolen. Dette studie undersøger, hvordan det pædagogiske personale arbejder med at udvikle og transformere deres egen virksomhed ved at inddrage digitale artefakter. Engeström (1987) ser CHAT som ekspansiv udviklingsforskning: "Expansive developmental research aims at making cycles of expansive transition collectively mastered journeys through zones of proximal development" (Engeström, 1987, s. 257). Formålet er at give deltagerne herunder de samfund, grupper, organisationer eller individer der deltager redskaber, der understøtter deres udvikling. Forskning indenfor ekspansiv udvikling skal således supplere med skabelse af redskaber til den givne praksis, der understøtter forandringen og på samme tid lægger op til refleksion over og udvikling af forudsætninger der kan skabe forandring af denne virksomhed (Engeström, 1987). Disse redskaber skal som minimum ses som generiske indenfor et

virksomhedssystem. Hvorvidt disse redskaber kan overføres til nye virksomhedssystemer, må bero på en vurdering af ligheder mellem det nye virksomhedssystem og det virksomhedssystem som det oprindelige redskab blev skabt til.

3.14.2 KONSISTENS OG TRANSPARENS

Studiets transparens er skabt ved at tydeliggøre min egen position i relation til feltet. Dette er uddybet i afsnit 3.16. Jeg har i processen benyttet mig af ekstern audit, hvor jeg i to af mine artikler har samarbejdet med andre forskere i forhold til at analyserer forskningsdata. Det at være flere om denne proces har gjort, at det har været muligt at diskutere analyser og fremskrivninger for at undgå bias (Berger, 2015). Igennem dette studie er der søgt at skabe transparens igennem en reflektiv analyse, hvor konteksten og den viden, der er udviklet systematisk, er synliggjort igennem kappens analyseafsnit (Hammersley & Atkinson, 2000). For at sikre pålideligheden er der i studiets analyser forsøgt at bevare en konsistens og stringens igennem tydeliggjorte beskrivelser af valg af metoder i relation til forskningsspørgsmålet. Herunder, hvordan der er overensstemmelse mellem forskningsspørgsmål, metode, analyse, resultat og konklusion inden for det teoretiske ramme af CHAT (Engeström, 2016). Kvalitativ forskning kan ikke antages at være neutral, og det er derfor vigtigt, at indvirkninger herpå tydeliggøres. Det er forsøgt tydeliggjort i afsnit 3.8 i relation til brugen af CL som interventionsmetode (Ravitch & Carl, 2021). Endvidere nævner Campbell (1996), at datakonsistens kan opnås ved at verificere undersøgelsen gennem flere elementer, så som rådata, datareduktion og refleksioner undervejs. Indenfor den kvalitative forskning kan triangulering derved være med til at forbedre forskningens troværdighed, samt være med til at evaluere resultaterne (Golafshani, 2003).

3.14.3 TROVÆRDIGHED

Dataindsamlingens troværdighed betinges af evnen til at skabe fortrolighed og tydeliggøre samt begrunde de benyttede metoder (Guba, 1981). I dette studie er data genereret i en sekventiel proces, hvor observationer og data fra CL-sessionerne har

været med til at føde hinanden. Observationerne har således været med til at skabe første stimulus, der har kunnet bruges under de enkelte CL-sessioner. CL-sessionerne har derefter skabt nye opmærksomhedspunkter, som der er blevet set efter under observationerne. Et væsentligt moment for at højne troværdigheden kan være en længerevarende kontakt med deltagerne, der udforskes, da det er med til at give en dybere indsigt i genstandsfeltet, hvilket er tilfældet i denne afhandling (Kvale & Brinkmann, 2009). Igennem den sekventielle proces har det også været forsøgt at indfange genstandsfeltets kompleksitet ved at gå i dybden og afsøge forskningsspørgsmålene fra flere vinkler for at få et så autentisk indblik i det pædagogiske personales transformation og transformative agency som muligt.

I dette projekt er der særligt arbejdet med troværdigheden igennem brug af flere former for triangulering. Triangulering kan defineres som “a validity procedure where researchers search for convergence among multiple and different sources of information to form themes or categories in a study” (Creswell & Miller, 2000, s. 126). Brugen af triangulering kan derved være med til at øge kvaliteten af forskningsresultaterne, ved at afspejle flere forskellige vinkler og derigennem øge troværdigheden og pålideligheden. Ved at kombinere resultaterne fra mine seks mindre studier er jeg i stand til ikke blot at kunne sige noget om, hvordan CT kan inddrages i en undervisningskontekst, men også hvordan det pædagogiske personale ændres deres praksis undervejs i interventionen. Der skal dog også her rettes en opmærksomhed på, at disse studier hver især består af forskellige forskningsspørgsmål, der til sammen er med til at besvare afhandlingens overordnede forskningsspørgsmål. Heri ligger der en opmærksomhed i, at jeg hele tiden har haft et blik for, at mine forskningsspørgsmål og metoder har komplimenteret hinanden, og at mine metoder har været med til at guide mine forskningsspørgsmål. Projekternes deltagere har undervejs i processen været med til at både forme og udfordre min forforståelse, både under de enkelte CL-sessioner, men også efterfølgende i de opfølgende interviews. Et eksempel på måden, hvorpå min forforståelse har været udfordret af deltagerne, kan ses i arbejdet med at udvikle deres computationelle forståelse, hvilket også er skitseret i figur 26. Her var mit udgangspunkt i CT som en

tankeproces, hvilket synes for abstrakt for deltagerne. Det pædagogiske personale havde brug for at konkretisere begrebet igennem brugen af digitale artefakter. Dette bevirkede også i, at indholdet i de enkelte CL-sessioner skulle målrettes deres ekspansive læreproces og omfavne deres proces fra det abstrakte til det konkret.

Desuden har jeg i starten af interventionen observeret flere pædagogiske personer på tværs af skoler og deres opstart med at inddrage CT i matematikundervisningen. Dette gav et indblik, hvordan det pædagogiske personale på tværs af skoler opstartede arbejdet med CT.

3.15 TRIANGULERING I KVALITATIV FORSKNING

I nærværende studie bruges triangulering til at opnå troværdighed af resultaterne. Draper og Swift (2011) fremhævede i deres undersøgelse to væsentlige pointer: 1) Der findes ikke noget universelt accepteret forskningsdesign, 2) forskeren spiller en central rolle i dataindsamlingsfasen. Disse punkter blev også fremhævet af Fields og Kafai (2009) i forbindelse med diskussionen af etnografiske forskningsdesigns. Her er det også væsentligt at tage højde for den subjektive forståelse, da både deltagere og forsker besidder både bias og måske forskellige verdensopfattelser, både bevidst og utilsigtet (Fields & Kafai, 2009), hvorfor triangulering er afgørende.

Denzin (1978) præsenterer fire tilgange til at arbejde med trianguleringen indenfor kvalitativ forskning: *datatriangulering* for at sammenholde personer, tid og rum; *forskertriangulering* for at sammenligne resultaterne fra flere forskere i en undersøgelse; *teoritriangulering* for at anvende og sammenholde flere teoretiske strategier, herunder analysestrategier; og *metodetriangulering* for at sammenholde data fra flere dataindsamlingsmetoder både indenfor eller imellem forskellige metoderetninger.

Herunder vil det kort blive beskrevet, hvordan jeg har arbejdet med de fire former for triangulering i dette studie.

3.15.1 DATA- OG METODETRIANGULERING

Dette studie består af seks individuelle delstudier der til sammen udgør den samlede ph.d.-afhandling. Alle seks studier er gennemført ud fra et CHAT-perspektiv, med et forsøg på at søge og redegøre for hvordan et fokus på det pædagogiske personales transformative agency kan være med til at give viden om, hvordan CT kan inddrages i undervisningen. Hertil er der anvendt forskellige metoder til triangulering af data.

Denzin (1978) anser datatriangulering som at omhandle deltagere, tid og rum. I dette studie anses datanedslagene som indbyrdes forbundene og vedvarende. Hvert nedslag skal ses som forskellige data om det samme genstandsfelt, hvor der har været fokus på at opdage fællestræk, tegn på forandringer, modsigelser mellem deltagerens kropslige ageren og det, de fortæller, at de vil gøre, for på den måde at opfange studiets videnshuller. De enkelte data fra forskellige kvalitative metoder, herunder video, observationsnedslag, CL-sessioner og interview kan potentielt modsige hinanden: Et eksempel herpå kan ses ved pædagogen i C-klassen. Hun har igennem CL-sessionerne givet udtryk for, at hun havde svært ved at arbejde med de digitale artefakter og inddrage disse i sin pædagogiske praksis, men der er flere observationsnedslag, der viser, at hun både afprøvede og hjalp eleverne, når de gik i stå. Her var observationsnedslagene med til, at pædagogen fik øjnene op for, at det ikke lå fjernt for hende at arbejde med de digitale artefakter. De forskellige data har ligeledes været med til igennem tidsperspektivet at kunne sige noget om det pædagogiske personales transformative agency og transformation af virksomhedens objekt. I dette studie har brugen af forskellige metoder til indsamling af data bidraget til at skabe et varieret datasæt, som har gjort det muligt at fokusere på deltagerne og deres transformation af objektet over tid.

3.15.2 TEORI- OG FORSKERTRIANGULERING

Brugen af flere end én type analysestrategi kan være med til at sikre troværdigheden og kan ske ved hjælp af teoretisk triangulering (Denzin, 1978).

Med baggrund i den etnografiske undersøgelse er der i henholdsvis artikel II (tematisk analyse) og III (indholdsanalyse) præsenteret to forskellige typer analyser, som ifølge Denzin (1978) kan anses som værende teoritriangulering. Ifølge Humble og Mozelius (2022), anses indholds- og tematiskanalyse for at have sammenlignende processer ved gennemførslen af kvalitative analyser. Begge analyser anses for at være i risiko for at være subjektivt biased, når data indsamles og analyseres. Her anses den tematisk analyse dog for at være mere udsat, da denne metode er mere åben for fortolkning sammenlignet med indholdsanalysen (Humble & Mozelius, 2022). Begge analysemetoder vurderes at have udfordringer i forhold til at skelne mellem koder og temaer, hvor til der er risiko for at producere for mange kategorier. Hertil er det væsentligt at have forskningsspørgsmålet for øje. For at mindske både det subjektive bias og risikoen for at danne for mange kategorier, har de enkelte koder, temaer og kategorier været diskuteret med mine vejledere. Ligesom artikel III er skabt i samarbejde med den ene af mine vejledere, for at højne pålideligheden af analyserne og sikre undersøgelsens revision ved hjælp af forskertriangulering (Denzin, 1978). Dette er gjort for blandt andet at undgå subjektive bias i analysen og undersøge, om der var en gensidig fælles forståelse af datamaterialet. Her var vi to til at kode datamaterialet for på den måde at tage højde for den indbyrdes pålidelighed og sikre konsistens blandt forskerne (Denzin, 1978; Leech og Onwuegbuzie, 2007). Ifølge Humble og Mozelius (2022), betragtes den tematiske analyse at understøtte en dybere analyse, hvilket kan være med til at dybtgående forståelse af det der undersøges. Den tematiske analyse blev valgt som analysemetode til artikel II, da der her var et ønske om at skabe en dybere forståelse i arbejdet med CT i matematikundervisningen og pædagogernes rolle hermed. I artikel III var der et ønske om at sammenligne på tværs af data, herunder deltagerobservation og videomateriale. Indholdsanalysen var derved med til at håndtere et større datasæt i interventions andet år, hvilket betragtes som en af styrkerne ved indholdsanalysen. I artikel III blev der på baggrund af meningsenhederne udledt en begrebslig generisk model. Denne model er efterfølgende testet teoretisk i artikel V og præsenteret for fagfæller på konferencen *Design, Learning and Innovation* dette kan ifølge Denzin (1978) anses som forskertriangulering, hvor teori og analyser bliver valideret af eksterne forskere. Den

genererede data fra artikel III er således teoretisk bekræftet i artikel V, hvilket er med til både at styrke troværdigheden og pålideligheden af studiet. I artikel IV findes en deduktiv udledt analyse, denne analyse er sket med baggrund i teorien om ekspansiv læring og TADS, hvor der er skabt kvantificeret data. Resultaterne fra artikel IV er yderligere udfoldet i denne kappe under afsnit 5.1. Ifølge Silverman (2005) kan kvantificeret data være med til at afsløre et fænomen, som kvalitativ forskning derefter kan forklare.

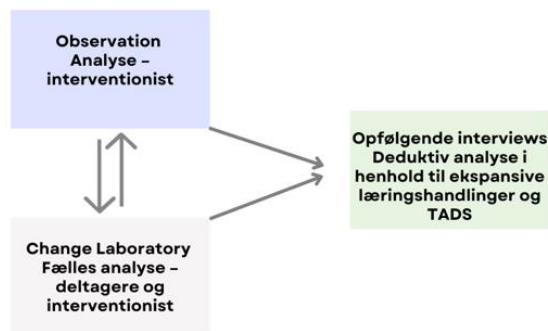
Brugen af de forskellige metoder til triangulering i dette studie er således inddraget for at øge troværdigheden og derigennem styrke studiets konsistens. Det indikeres i de to litteraturstudier artikel I og VI, at der mangler viden om, hvordan det pædagogiske personale kan arbejde med at inddrage CT i matematikundervisningen. De to litteraturstudier arbejder med to forskellige tilgange til litteraturreview. Det første litteraturreview i artikel I tager udgangspunkt i en hermeneutisk forståelse, hvor nye fund bidrager til en øget forståelse af undersøgelseskonteksten. Denne tilgang blev valgt da CT i en undervisningskontekst stadigvæk ses i sin vorden (Lee et al., 2022; Shute et al., 2017) og det var ønsket at have en eksplorativ tilgang i begyndelsen af studiet for at afdække allerede etableret viden indenfor feltet. Det andet litteraturreview i artikel VI tog udgangspunkt i en kortlægning af CT i relation til matematik. Dette studie giver derved et indblik i, hvordan CT som begreb har udviklet sig over tid samtidig med interventionen CTiMAT har forløbet. De to forskellige tilgange til mine litteraturreview er derved med til at belyse CT i relation til matematik med flere vinkler og derigennem med til at styrke det samlede studies troværdighed.

Ved at benytte flere analytiske metoder kan man i højere grad sikre, at de resultater, man finder, er gyldige og troværdige, da man kan undersøge fænomenet fra flere forskellige vinkler og dermed opnå en mere nuanceret forståelse af det. Analytisk triangulering kan også bidrage til at identificere og mindske eventuelle bias eller forvrængninger i dataindsamling og -analysen.

Triangulering har inden for dette studie været vigtigt, da det har hjulpet med at sikre pålidelighed og troværdighed af forskningsresultaterne. Ved at bruge flere forskellige metoder til indsamling og analyse af data fra forskellige kilder og perspektiver, har jeg kunne give et mere nuanceret og komplekst billede af, hvordan CT har kunne inddrages i en undervisningskontekst. Det har ligeledes hjulpet med at minimere bias eller fejl i dataindsamlingen og analyseprocessen. Ved at anvende forskellige metoder og sammenligne resultaterne fra dem, har jeg kunne opdage, om resultaterne var konsistente, og om de passede til den teoretiske ramme, der har været anvendt. På denne måde har triangulering også hjulpet med at øge gyldigheden af de konklusioner, der er dannet, og gøre dem mere pålidelige og troværdige.

3.15.3 SAMMENHÆNGEN MELLEM DATA I INTERVENTIONEN CTIMAT

Figur 11 viser en oversigt over, hvordan den anvendte data er med til at understøtte hinanden. De to felter til venstre i modellen viser tidsperspektivet under interventionen CTiMAT. Her foregik der en vekselvirkning mellem observationer og CL-sessioner. Efter interventionens afslutning var der tre opfølgende interviews med det pædagogiske personale, derefter foretog jeg en deduktiv analyse med udgangspunkt i det pædagogiske personales ekspansive læreproces og TADS. Den deduktive analyse er yderligere udfoldet i artikel IV.



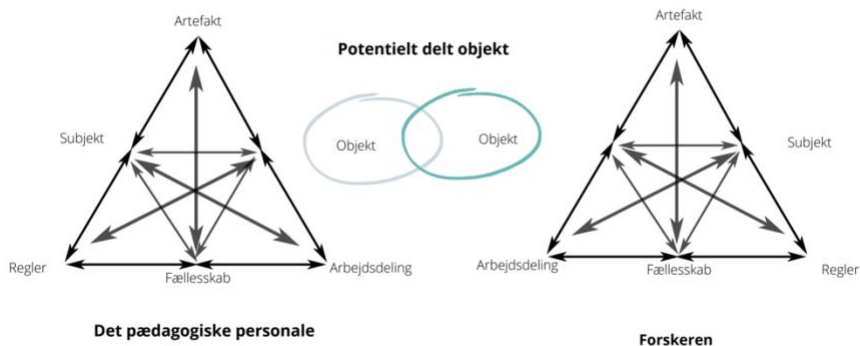
Figur 11. Oversigt over dataindsamling og løbende analyse

Det har således være vigtigt for undersøgelsen, at jeg sammen med deltagerne har kunnet få verificeret eller udfoldet min forståelse af deres praksis, da deltagerne har kunnet præcisere og være med til at analysere deres handlinger under CL-sessionerne. Dette kan ikke undervurderes, da betydningen af deltagernes handlinger og aktiviteter skal forstås gennem deres perspektiv (Engeström, 2016). Dette fungerede ligeledes som *member-checking*, hvor deltagerne var med til at be- eller afkræfte mine fund (Creswell & Creswell, 2018). Member-checking kan dog ikke betragtes som en verificering i sig selv, men give en vurdering og en dybere indsigt i deltagernes virkelighed (Silverman, 2005).

Følgende er et eksempel på, hvordan arbejdet med studiets troværdighed møder udfordringer undervejs i løbet af interventionen. En væsentlig del af idéen bag CHAT er, at det er deltagernes proces, og dem der former indholdet (Engeström, 2016). Der er her en hårfin balance mellem det at finde frem til et samarbejde, hvor både deltagerne og forskeren kommer styrkede ud af relationen. Da brugen af digitale artefakter i en undervisningssammenhæng var nyt for de fleste af deltagerne, var der derfor et behov for at hjælpe dem i gang. Her bestod balancen i at guide og stilladsere deres proces med materialer, de kunne søge inspiration fra og tilpasse til egen undervisningspraksis. En af deltagerne sagde på et tidspunkt ”Sig hvad vi skal gøre Camilla, så gør vi det” (Lærer A, CL-2, skole 4). Selve citatet er et udtryk for, at deltageren rigtig gerne vil deltage i projektet, men omvendt også at det er hårdt at starte fra bunden og skulle forholde sig aktivt til at ændre egen praksis og inddrage nye elementer i undervisningen. Citatet skubber også til projektets troværdighed og pålidelighed, da processen er deltagernes og ikke min. For at sikre studiets pålidelighed var det således vigtigt, at jeg på tværs af skolerne var konsistent og havde den samme tilgang til CL-sessionerne. Som forsker har jeg et ønske om at indsamle så fyldestgørende data som muligt for at højne projektets troværdighed, men jeg skal også afveje situationen i forhold til, om det er etisk forsvarligt over for mine informanter (Cresswell & Creswell, 2018).

3.16 ROLLEN SOM FORSKER

Som en afslutning af forskningsdesignet vil jeg forholde mig til min egen rolle som forsker. Formative interventioner fokuserer på deltagernes egne problemer snarere end på dem, der præsenteres af eksterne parter såsom ledelse eller uddannelsesudviklere (Engeström, 2011; Engeström et al., 2014). Ekspansive læringscyklusser er imidlertid sjældent spontane, og der er behov for intervention for at igangsætte og opretholde dem (Engeström & Sannino, 2010). Jeg spiller som forsker en vigtig rolle i at fremprovokere og opretholde den ekspansive læringsproces, der dog ejes og ledes af deltagerne (Engeström & Sannino, 2010). Jeg skal som forskeren ligeledes sikre mig at de analyser og design, der udføres af deltagerne, er inkluderende og skaber lige deltagelse. På den måde er jeg som forsker både designer af sessionerne samt deltager og analytiker både før, under og efter processen (Engeström et al., 2003). Selve undersøgelsen har derved et dobbelt sigte, da den både vedrører det pædagogiske personales læring og udvikling af deres undervisningspraksis samtidig med at være et forskningsforankret projekt med fokus på de udfordringer, der opstår i arbejdet med at integrere CT i en undervisningspraksis. Min rolle som forsker i denne proces har haft to centrale funktioner: 1) at understøtte og fremme det pædagogiske personales udvikling af ny praksis og 2) at gennemføre forskning gennem en systematisk proces bestående af analyser og præsentation af empirisk data (Virkkunen & Newnham, 2013). Dette kan illustreres ved hjælp af figur 12, som viser, at det pædagogiske personale og jeg potentielt deler samme objekt.



Figur 12 Potentielt delt objekt

Det viser også, at selvom de to virksomhedssystemer illustrer to forskellige processer, er de forbundet og indbyrdes afhængige. Objektet, som deltagerne potentielt deler med mig, kan betragtes som deres frivillige engagement i at deltage og arbejde med objektet i ønsket om at ændre deres egen undervisningspraksis. Hvor jeg som forsker arbejder med samme objekt, men ud fra et ønske om at undersøge dette empirisk og teoretisk. Figuren 12 kan i et udviklings- og forskningsperspektiv også ses, som at der sker en vekselvirkning mellem teori og praksis. At se de to virksomhedssystemer som bundet sammen af det potentielt delte objekt gør, at det bliver en praksisnær proces, som er med til at hindre mig som forsker i at lukke mig om den teoretiske verden. Samtidig bliver det pædagogiske personale opfordret til at generalisere deres viden, når de går fra det abstrakte til det konkrete, for på den måde at imødekomme udviklingen af objektet. Det tætte samarbejde med det pædagogiske personale henleder også til problematikken omkring det at være insider eller outsider. Ifølge Corbin Dwyer & Buckle (2009) er det op til deltagerne at afgøre, hvorvidt forskeren kan anses som værende inden- eller udenfor. Som forsker er det dog svært at være fuldstændig udenfor, da man som ofte besidder et kendskab til forskningsemnet, samt at ens status om forsker gør, at man aldrig fuldstændigt bliver en insider. Som forsker befinder man sig derved et sted midt imellem og aldrig i nogen ender af kontinuummet

(Corbin Dwyer & Buckle, 2009). Hellowell (2006) fremhæver, at der skal være en balance mellem involvering og distancering. Det at skabe både fortrolighed og distancering kan give den ideelle situation for forskeren til at engagere sig sammen med deltagerne. Bevidstheden om, hvordan man som forsker positionerer sig, er derved relevant. I dette studie kan de to virksomhedssystemer i figur 12 være med til at illustrere dette. Under de enkelte CL-sessionerne kan min deltagelse ses som værende mere en del af det pædagogiske personales virksomhedssystem, hvor jeg sammen med dem diskuterede og analyserede deres problemrum. Hvorimod jeg imellem sessionerne og efter interventionen har befundet mig i forskerens virksomhedssystem for at være mere teoretisk forankret og analysere data. Der opstår her en udfordring, jeg som forsker er nødt til at forholde mig til. Jeg skal derfor være bevidst om, hvornår jeg befinder mig i hvilket virksomhedssystem. Dette har været særligt fremtrædende i observationssituationer, hvor jeg som deltagende observant i et udviklingsprojekt undervejs har måttet hjælpe det pædagogiske personale, hvis de ikke har kunnet få de digitale artefakter til at virke eller undervejs i undervisning er støt på udfordringer med det digitale artefakt. Jeg har som udgangspunkt observeret undervisningen, og det er først, når deltagerne selv har henvendt sig og spurgt om hjælp, at jeg er kommet med guidende spørgsmål, der har kunnet hjælpe dem videre. Udfordringen ligger i, at jeg som forsker forsøger at indfange situationen, men samtidig skal være med til at facilitere det pædagogiske personales udviklingsproces i arbejdet henimod det potentielt delte objekt, også under mine observationer. Når disse situationer er opstået, er de nedfældet i mine observationsnotater og er senere bearbejdet som handlinger, der kunne indgå som første stimulus. Mine observationsovervejelser er ligeledes udfoldet i ovenstående afsnit 3.3.2.

Organiseringen af de enkelte CL-sessioner tog udgangspunkt i objektet for virksomheden, og som det ses i figur 26, udvikles objektet undervejs i interventionen. Som udfordringen ovenfor illustrerer, er jeg som forsker både interesseret i at undersøge deltagerens proces, samtidig med at jeg faciliterer den. Organiseringen har som udgangspunkt forsøgt at indfange deltagerens arbejde med transformationen af objektet ved at tage udgangspunkt i deres behov. Det er fx sket igennem specifikke

ønsker til, hvordan de kunne koble fagligt indhold i arbejdet med CT og digitale artefakter. Her har jeg vist dem eksempler på mulige designs. Disse design har også fungeret som anden stimulus, da deltagerne ikke har overført indholdet 1:1, men har bearbejdet det og tilpasset det deres egen praksis.

3.16.1 ENE FORSKER

Det at være den eneste forsker på projektet har også haft betydning for processen. Det at udføre CL interventioner omfatter normalt flere personer, der indtager forskellige roller, og det har været udfordrende at gøre dette alene (Virkkunen & Newnham, 2013). At inddrage flere forskere i processen kan have både fordele og ulemper. Ved at inddrage flere i processen vil der være risiko for, at der skabes et rum, der er væsentligt forskelligt fra den arbejdspraksis, som deltagerne kender, men det vil også være muligt at undgå bias fra den ene forsker (Augustsson, 2021). Det at være ene forsker på projektet har dog gjort, at jeg har været tæt på deltagerens normale hverdag og set de udfordringer, de har stået med. Dette tætte forhold giver en større mulighed for at forstå de situerede behov og problemer, men det giver også en risiko i forhold til de bias, jeg som forsker måtte have (Berger, 2015). Derfor er det også væsentligt at være bevidst om, hvilken værktøjskasse man som forsker selv kommer med, og måden, hvorpå man positioner sig i forhold til genstandsfeltet.

3.16.2 VÆRKTØJSKASSEN

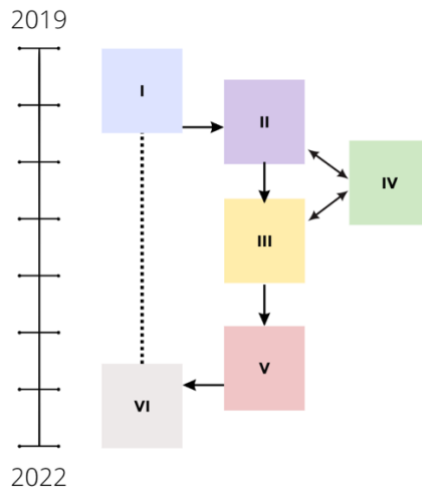
Ifølge Reyes (2020) kommer etnografiske forskere med en værktøjskasse. En værktøjskasse, der er formet af vores sociale og kulturelle baggrund og som er med til at påvirke vores beslutninger som forskere. Denne værktøjskasse består af både synlige og usynlige redskaber. "*The ethnographic toolkit highlights how these traits shape the ways we view the world and the ways in which the world views us*" (Reyes, 2020 s. 225). Min uddannelsesmæssige og professionelle baggrund har således betydning for min forståelse og tilgang til praksis, og jeg vil derfor kort skitsere den her. Jeg er uddannet folkeskolelærer og har derved indsigt og viden fra en skolefaglig kontekst. Jeg er lektor på pædagoguddannelsen, hvor jeg hovedsageligt har været med

til at uddanne skole- og fritidspædagoger på både grund- og efteruddannelsen. Desuden har jeg undervist både lærere og pædagoger i det tværprofessionelle samarbejde primært i emner relateret til didaktik, læring og pædagogik. Gennem disse erfaringer har jeg på godt og ondt erfaret, hvordan samarbejdet på nogle skoler fungerer og på andre, hvor det ikke gør. Disse erfaringer har jeg med i min værktøjskasse, når jeg observerer i praksis. Jeg har som forsker i projektet en dobbeltrolle at spille, da jeg både fungerer som forsker og som facilitator. Når man som forsker etablerer et CL, arbejder man med et komplekst objekt bestående af deltagere fra heterogene grupper med hver deres baggrund og relation til aktiviteten (Engeström, 2016). De afviger fra hinanden i forhold til deres status på arbejdspladsen, deres mening i forhold til at være involveret i aktiviteten, i deres perspektiver på aktiviteten og i forhold til at se problemer og udviklingsmuligheder. Kunsten er her at skabe muligheder og drive disse forskelligheder til en samlet aktivitet præget af en flerstemmig kollektiv enhed, hvor forskellighederne bliver en ressource snarere end en hindring (Virkkunen & Newnham, 2013). Det vil sige, at jeg undervejs har været opmærksom på de ulige magtforhold deltagerne imellem; her har jeg brugt min viden fra den usynlige værktøjskasse i form af viden om lærer- og pædagogssamarbejdet. Det har været vigtigt for mig, at både lærere og pædagoger har følt, at de har kunnet byde ind og deltage på lige vilkår. Projektet er fra start koncentreret omkring matematik, og allerede her skabes der et ulige forhold mellem matematiklærerne og pædagogerne. Derfor har jeg bestræbt mig på at være lydhør over for både de eksplicite og implicite tegn fra begge grupper, hvilket har gjort sig gældende under observationer, CL og interviews. Et implicite tegn har fx været, hvordan pædagogen har budt sig til i undervisningen i form af at formidle en opgave eller at understøtte eleverne både i forhold til det matematiske og digitale fagområde. Under vores CL har jeg været meget bevidst om min sprogbrug og valg af eksempler fra undervisningen; her har det været vigtigt, at der har været inkluderet eksempler, hvor både lærere og pædagoger har kunnet se sig som en del af indholdet. Et eksempel herpå har været i de opfølgende interviews. Her var det vigtigt at skabe rammer for, at deltagerne kunne tale frit til at evaluere projektet både samlet set som gruppe, men også at de efterfølgende fik lov til at ytre sig som profession hver for sig.

Denne afhandling består af seks artikler. Det næste kapitel beskriver kort de enkelte artikler, herunder metode, resume, forskningsspørgsmål og resultater. Kapitlet vil blive rundet af med en analyse, der ser på tværs af de seks artikler. Hensigten hermed er at prøve at forklare, hvad der ligger til grund for de hændelser, der opstod i projektet.

KAPITEL 4 OVERSIGT OVER ARTIKLERNE

Følgende afsnit giver et overblik over de enkelte artikler, der som helhed dækker studiet. Modellen herunder illustrerer sammenhængen mellem delstudierne, sammenhængen udfoldes under figuren. Dernæst følger en kort beskrivelse af de enkelte delstudier.



Figur 13. Artikeloversigt og deres forbindelser til hinanden

Den første artikel er lavet som et litteraturreview, der er med til at afdække min undersøgelseskontekst. Artikel II og III har hver især et specifikt fokus på henholdsvis pædagogernes og lærernes deltagelse i studiet. Den fjerde artikel afdækker metoden i studiet og giver et metodisk bidrag til afhandlingen. Artikel V er teoretisk og fremstiller en model, der er empirisk funderet i artikel III. Da interventionen CTiMAT forløb over to år, og CT i uddannelsessammenhæng er i sin vorden, lavede jeg endnu

et litteraturreview, som ses i artikel VI for at skabe et overblik over den seneste viden og forskning på området.

4.1 ARTIKEL I

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

Formålet med dette studie var at skabe et overblik over den eksisterende litteratur, der i begyndelsen af studiet kunne agere som historisk baggrund for udviklingen af forskningsdesignet. Studiet skulle give mig et begyndende indblik i lærere og lærerstuderendes forståelse af CT og hvilke problemer og dilemmaer, der som oftest er set i arbejdet med at inddrage CT i matematikundervisningen. Dette studie blev etableret i begyndelsen af min ph.d.-periode. Fokusset i artiklen blev på lærerne og de lærerstuderende, da der blev søgt i både nationale, nordiske og internationale forskningsdatabaser uden at finde resultater, der også inkluderede pædagogerne.

4.2 ARTIKEL II

Computational tankegang fra et pædagogisk perspektiv

- *Skolepædagogens betydning for teknologiinddragelse i matematikundervisningen*

Formålet med denne artikel var at undersøge pædagogens rolle, når digitale artefakter inddrages i undervisningen. Pædagogens rolle er forholdsvis underbelyst særligt i arbejdet med digitale artefakter i en skolekontekst. Artiklen tager udgangspunkt i skolepædagogens rolle, når nye digitale artefakter inddrages i undervisningen. Der er i de seneste år blevet en større uddannelsesmæssig interesse for at inddrage digitale artefakter i læringsmiljøer. Undersøgelsen tager udgangspunkt i en kollektiv udviklingsproces mellem lærere og pædagoger med et særligt fokus på pædagogens rolle. Undersøgelsen viser, at pædagogen kan spille en rolle for at understøtte elevernes internaliseringsproces, når der arbejdes med nye digitale artefakter i undervisningen.

4.3 ARTIKEL III

Digitale artefakter i matematikundervisningen - Understøttelse af elevernes computationelle og matematiske forståelse

Udarbejdet i samarbejde med Docent Susanne Dau, Professionshøjskolen UCN.

Vi valgte i denne artikel at inddrage teorien om semiotisk mediering (TSM). Formålet var at undersøge, hvad der skete i klasselokalet, når nye digitale artefakter blev inddraget i undervisningen. Valget af TSM opstod, da der var et behov for at komme tættere på det, der skete i klasselokalet ved inddragelse af de digitale artefakter. Der var således et behov for at zoome ind i den øverste del af virksomhedssystemet (subjekt, artefakt, objekt) for at skabe en forståelse og komme tættere på praksis og derved forstå den reframing af objektet, der er sket undervejs i projektet. TSM giver en eksplicit model, der belyser lærerens rolle i den matematiske undervisnings- og læringsproces ved inddragelse af artefakter. Inden for CHAT er de handlinger, som læreren kan udføre, defineret af deres mål og knyttet til motiverne for undervisnings- og læringsaktiviteterne. For at de beskrevne handlinger kan være effektive, skal de udføres, så alle elever deltager. Diskussioner i klasseværelset kan ikke være vellykkede uden aktiv deltagelse af alle elever. Læreren kan her anvende en række forskellige "semiotiske handlinger", afhængig af de faktiske omstændigheder, herunder hvornår diskussionen finder sted (Maracci & Mariotti, 2013). TSM kan sammen med CHAT bidrage til det pædagogiske personales faglige udvikling, især til at gøre dem mere bevidste om deres rolle og om de beslutninger, de skal træffe. TSM kan give en analytisk linse, der kan bidrage til at overvinde det dialektiske problem, der er skitseret i afsnit 2.12 og hjælpe deltagerne til at forstå deres særlige ageren i virksomheden.

4.4 ARTIKEL IV

A Cultural-Historical Perspective on How Double Stimulation Triggers Expansive Learning.

- *How teachers and social educators can use double stimulation to implement computational thinking in mathematics.*

Udarbejdet i samarbejde med Professor Eva Brooks, Aalborg Universitet

Denne artikel skal ses som en metodeartikel, der bearbejder de data, der er genereret gennem fem CL-sessioner med tilhørende klasserumsobservationer. Artiklen blev skabt ud fra et ønske om at undersøge de enkelte faser i TADS, og hvordan disse faser kunne være med til at igangsætte ekspansive læringshandlinger. Artiklen fokuserer på formative interventioner, der anvendes i form af Change Laboratory (CL) til at implementere digitale artefakter med fokus på det pædagogiske personales ekspansive læringsprocesser. For at fremme sådanne ekspansive læreprocesser blev der indført dobbelte stimulationsmetoder, der gjorde det muligt for det pædagogiske personale kollektivt at analysere og reflektere over deres arbejdspraksis. Artiklen har et særligt fokus på transformativ agency gennem dobbelt stimulation (TADS), som anvendes som metode til at arbejde med det pædagogiske personales agency i arbejdet med CT. Metoder til dobbelt stimulation kan bidrage til at undersøge det pædagogiske personales proces ved at undersøge, hvordan Apparatus 1 udvikles. Denne undersøgelse fokuserede på udfoldelsen af de fire faser i Apparatus 1 sammen med den ekspansive læreproces.

4.5 ARTIKEL V

Orchestration Between Computational Thinking and Mathematics

Denne artikel fungerede som teoretisk indblik i den empirisk udviklede model fra artikel III. *Modellen Orkestrering mellem CT og matematik*, undersøges i denne artikel teoretisk, hvor den i artikel III blev bearbejdet empirisk. Formålet med artiklen var at udarbejde en analysemodel, der kan bruges i arbejdet med CT og matematik. Den etablerede analysemodel havde til hensigt at underbygge CT's anvendelse i

matematikundervisningen. Undersøgelsen trækker på et sociokulturelt perspektiv på læring for at undersøge forholdet mellem CT og matematik, hvilket var betydningsfuldt for udviklingen af modellen. Ved at anvende et sociokulturelt perspektiv giver begrebet mediering nye muligheder for at forstå den medieringsproces, der er involveret i inddrage digitale artefakter, som f.eks. robotter i matematikundervisning.

4.6 ARTIKEL VI

Mapping the relations between computational thinking and mathematics in terms of problem-solving.

Denne artikel blev skabt ud fra en empirisk undring over, hvorfor det til tider var svært for det pædagogiske personale at koble CT og matematik. Jeg ønskede derfor at kortlægge udviklingen af CT i relation til matematik med baggrund fra den viden, jeg har erhvervet mig undervejs i dette studie. Formålet var at udfolde CT i relation til matematik. Undersøgelsen gennemgik 19 artikler mellem 2014 og 2021 og gav nye muligheder for at forstå, hvordan man kan involvere sig i og inddrage CT i matematikundervisningen. Det blev fundet, at der er en relation mellem CT og matematisk tænkning, og at problemløsning kan medvirke som en tilgang til at relatere dem. Resultaterne afslører, at forholdet primært er teoretisk, og at det pædagogiske personale fandt det udfordrende at skabe en forbindelse mellem CT og matematik.

KAPITEL 5 ANALYSEPROCESSEN PÅ TVÆRS AF ARTIKLERNE

I dette kapitel vil jeg samle op og analysere på tværs af mine artikler. Dette har to hensigter; først vil jeg samle op på CTiMAT-interventionen for at se, hvordan deltagernes transformativ agency har udviklet sig under interventionen. Den første del vil fokusere på første del af forskningsspørgsmålet, nemlig hvordan transformativ agency er fremkommet og udviklet over tid. Anden del vil fremstå narrativt, med et primært fokus på det andet forskningsspørgsmål i forhold til, hvilke begrænsninger og potentialer, der opstod i arbejdet med CT, når det pædagogiske personale kollektivt skabte forandringer. Dette afsnit vil omhandle det pædagogisk personale fra skole 3, det skyldes at de var med i hele interventionen. Til sidst i afsnittet vil der komme en generalisering af fund relateret til de resterende skoler.

5.1 TADS OG LÆRINGSHANDLINGER

Jeg vil starte med at tage udgangspunkt i min metodeartikel, artikel nr. IV. Artiklen blev udarbejdet under selve interventionen og manglede derfor et indblik i de to resterende CL-sessioner. Dette afsnit vil derfor tage udgangspunkt i artikel IV og afrunde interventionsdelen. Diagrammet 1, herunder viser de enkelte læringshandlinger beskrevet i afsnit 2.7.

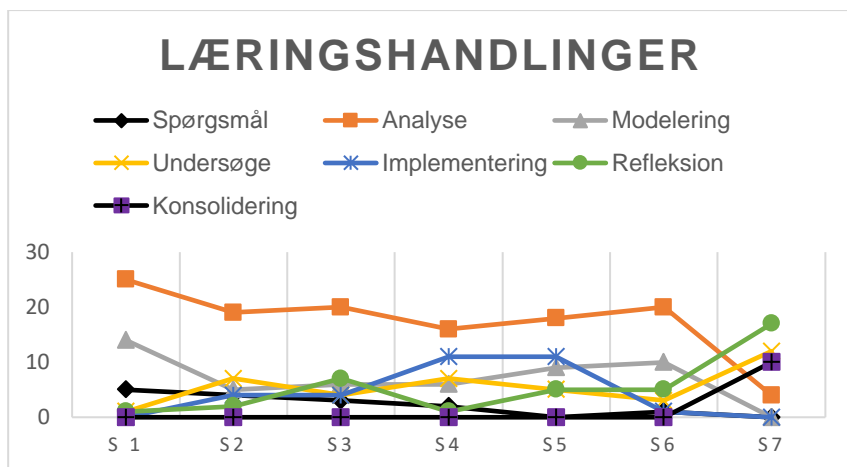


Diagram 1. Læringshandlinger i interventionen CTiMAT

I diagrammet fremkommer det, at analysen i session 6 fortsat er dominerende, og at *modelleringshandlingen* følger handlingen for *analyse*. Det viser, at det pædagogiske personale fortsat arbejdede med at analysere og modellere deres praksis langt ind i interventionen. Dette ses også under handlingen for *implementering*, hvor det pædagogiske personale stadigvæk undersøgte og afprøvede nye tiltag. Der viser sig dog et skifte fra session 6 til session 7. Det skyldes, at session 7 var den afsluttende session, hvor det pædagogiske personale rundede interventionen af. Interventionen sluttede naturligt i forbindelse med skoleåret, hvorfor det pædagogiske personale derfor arbejdsmæssigt stod over for en ny praksis og skulle have nye klasser næste skoleår. Den syvende session havde derfor to hensigter, hvoraf den ene var tilbageskuende over selve interventionen, og den anden var at se fremad for at sikre, at den nye viden blev levedygtig. Det fremgik, at særligt læringshandlingerne *refleksion* og *undersøgelse* af den nye praksis fyldte for deltagerne, og der skete en begyndende *konsolidering* af den nye praksis. Dette ses ved, at det pædagogiske personale gjorde sig mange overvejelser over, hvordan denne nye praksis kunne inddrages i det nye skoleår og med nye kollegaer og elever. Dette udfoldes nærmere i afsnit 5.4.2.

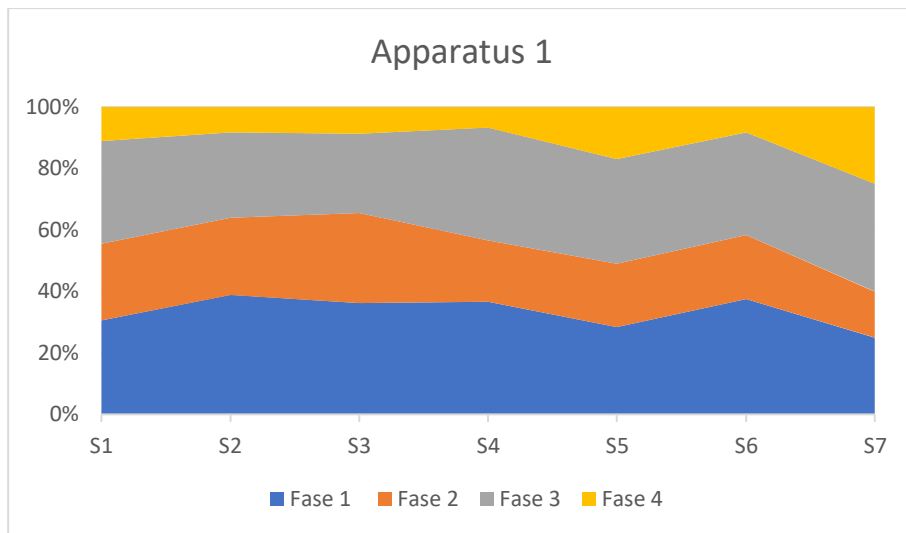


Diagram 2. Fremkomsten af de fire faser i TADS

Diagram 2 viser, hvordan de fire faser af TADS (fig. 8) forløbte gennem de 7 CL-sessioner. Der ses stadigvæk en sammenhæng mellem fase 1, 2 og 3. Fase 1 og 2 bestod af de problemer og dilemmaer, det pædagogiske personale oplevede under interventionen, hvor fase 3 tilbød et artefakt, der kunne hjælpe dem med at løse problemet eller det dilemma, de stod i. I den 6. CL-session fremkom igen en øgning af fase 1-3, hvorimod der i den sidste CL-session findes den største procentvise stigning af fase 4. Fase 4 er den fase, hvor det pædagogiske personale selv tager initiativ til at løse de problemer, der opstod og fremkom i fase 1 og 2. Det ses endvidere i diagram 3, at *modellering* fortsat dominerede fase 4. Der skete dog en øgning af både *refleksion* og *konsolidering* af viden, hvorfor disse to læringshandlinger kan ses som en måde at bryde med problemrummet og skabe nye handlinger (Sannino, 2015a). Det fremgår af diagram 3, at *analysen* er den mest fremtrædende læringshandling i fase 1. Det kan således ses at det er i forbindelse med *analysen* af historiske og empirisk opståede modsætninger at fase 1 fremkommer. Læringshandlingen *analyse* er også dominerende i fase 2, men både *refleksion* og *modellering* er stigende. I fase 3 er *analysen*, stadigvæk den der fremkommer flest gange, men læringshandlingen for *modellering* er stadigvæk stigende. Dette kan

skyldes at de hjælpende artefakter der inddrages i forbindelse med fase 3, hjælper det pædagogiske personale med at modellere og designe nye tiltag. Dette understøttes også af at der ses en øgning i både læringshandlingen at *undersøge* nye designs og afprøvningen i forbindelse med *implementeringen*. I fase 4 ses det at *modellering* bliver den dominerende læringshandling. Hvor både det at *undersøge* den nye model, *refleksion* og *konsolidering* er fremtrædende. Fase 4 viser derved at det pædagogiske personale, forsat har brug for at modellerere deres praksis og de designs der kollektivt er blevet skabt, men også at de så småt var begyndt at konsolidere deres viden fra interventionen og sikre at denne viden blev brugt efter interventions afslutning.

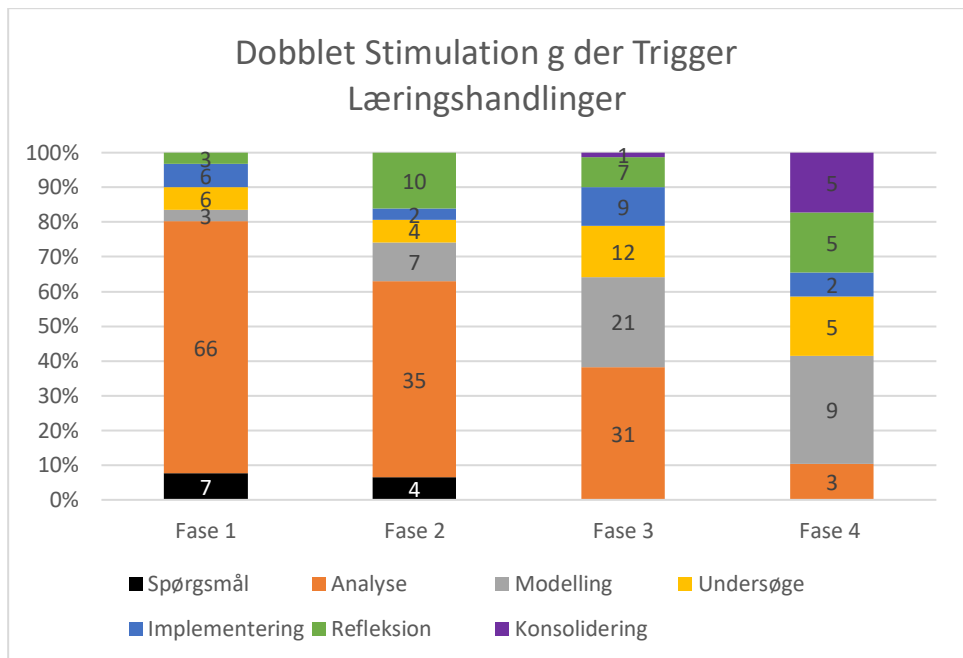


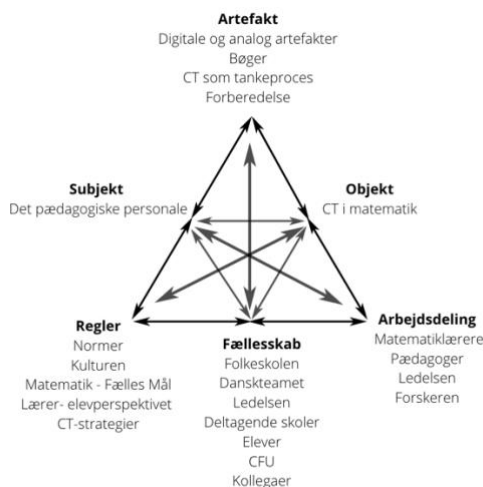
Diagram 3. TADS og ekspansive læringshandlinger

I artikel IV konkluderede vi, at der ikke var tegn på *konsolidering* eller *generalisering*. Dette er også set i lignende undersøgelser af blandt andet Engeström et al. (2013) og Augustsson (2021). Dette er et eksempel på, at den ekspansive læreproces tager tid og

gennemgår mange mindre cyklusser, før man er i mål (Sannino et al., 2016). Interventionen CTiMAT forløb over 2 skoleår og viste, at det kræver tid for at blive en del af det pædagogiske personales virksomhed. Det næste afsnit vil give et dybere indblik i den forandring, det pædagogiske personale har skabt gennem deltagelsen i projektet.

5.2 DET PÆDAGOGISKE PERSONALES VIRKSOMHEDSSYSTEM

Et virksomhedssystem er, ifølge Engeström (2001), knyttet til sin historie. Derfor vil det følgende afsnit følge udviklingen af det pædagogiske personales proces gennem interventionen. Jeg beskriver med baggrund i mine fund udviklingen i forhold til virksomhedssystemets enkelte elementer og fremkomsten af et nyt objekt. De enkelte fund er systematiseret og vises i relation til det pædagogiske personales virksomhedssystem. For at skabe en forståelse for virksomhedssystemets praksis er de enkelte elementer i virksomhedssystemet sat op i følgende model:



Figur 14. Det pædagogiske personales virksomhedssystem

Modellen viser de enkelte elementer af det pædagogiske personales virksomhedssystem. Elementerne tager udgangspunkt i beskrivelsen fra kapitel 2,

afsnit 2.3.1. De sorte pile viser de enkelte elementers forbundethed (Engeström, 2016). Tabellen herunder beskriver de fire niveauer af modsætninger, der er fremkommet under interventionen CTiMAT. Disse modsætninger er identificeret igennem observationsnedslag og de efterfølgende diskussioner under CL-sessionerne. Disse modsætninger og hvordan de er kommet, til udtryk vil blive præsenteret i de næste afsnit.

Tabel 8. Modsætninger fundet i relation til interventionen

Modsætningsniveau	Observationer fra studiet
Primære modsætninger	Artefakt: digitalt artefakt vs. undervisningsmaterialer Digitalt artefakt vs. tid Regler: lærer- vs. elevcentreret undervisning
Sekundære modsætninger	Subjekt – arbejdsdeling. Arbejdet med CT ændrer arbejdsdelingen mellem lærere og pædagoger Artefakt – objekt: Mellem arbejdet med artefakter og matematik Regler – artefakt: matematikken og inddragelse af CT
Tertiære modsætning	Mellem danske teamet og matematikteamet
Kvartær modsætning	Mellem CFU og det pædagogiske personale syn på at inddrage CT i undervisningen

5.3 ARTEFAKTET SOM DET MEDIERENDE LED

Dette afsnit dækker over, hvordan artefaktet udgør det medierende led mellem subjektet og objektet. Dette subsystem, udgør den øverste trekant i virksomhedssystemet (fig. 4), var noget, der fyldte meget under de 7 CL-sessioner, særligt det at undersøge, hvordan de digitale artefakter kunne understøtte inddragelsen af CT i matematikundervisningen. I artikel III, udfoldes det digitale artefakts brug i

relation til matematikundervisningen netop for at undersøge, hvordan det digitale artefakt kunne understøtte inddragelsen af CT. Den videre analyse vil undersøge de enkelte modsætninger omkring artefaktet. Det næste afsnit sætter fokus på designet af, hvordan CT kunne inddrages i matematikundervisningen og beskriver processen kronologisk. Dernæst følger en analyse af de problemrum, der er opstået i arbejdet i arbejdet med at inddrage CT i undervisningen.

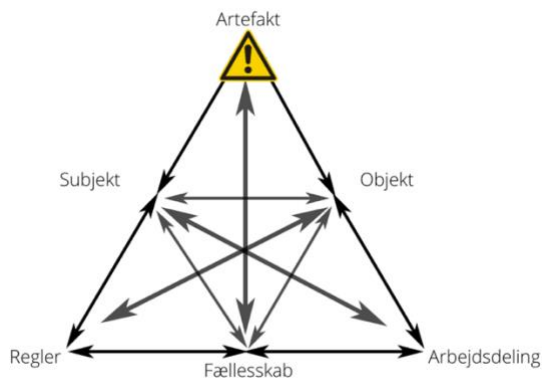
5.3.1 DESIGN AF CT I MATEMATIK

Afsnittet omhandler de didaktiske overvejelser i forbindelse med at inddrage CT i undervisningen. Særligt de fysiske rammer og organisering af undervisningen var noget, der fyldte hos det pædagogiske personale under alle syv CL-sessioner. Herunder at lave materialer og opgaver specifikt til de enkelte undervisningsgange, der kunne være med til at mediere CT i matematikundervisningen. Under CL-sessionerne begyndte det pædagogiske personale at blive opmærksomme på at, hvis de skulle arbejde med CT i undervisningen, måtte der noget andet til end det, de plejede at gøre. Dette kom som udtryk igennem, hvordan de skulle håndtere strukturen af indholdet. Fra starten af interventionen var der en erkendelse af, at de havde brug for hjælp til at strukturere indholdet i undervisningen. ”Vi har brug for hjælp, det kan jeg lige så godt sige. Til at få det struktureret på en eller anden måde” (Lærer, B, CL1). Læreren udviser her en bevidsthed om egne begrænsninger, der kan relateres til hendes kompetencer i brugen af digitale artefakter. Læreren gav udtryk for, at hun gerne ville projektet, men hun var usikker på, hvordan de skulle starte. Forud for den første CL-session havde deltagerne deltaget i læringsværkstedet jf. afsnit 3.10, hvor de var blevet præsenteret for et bredt udsnit af digitale artefakter og muligheder for at indtænke CT i deres undervisning. Centralt for det første CL var således at hjælpe det pædagogiske personale med at få struktureret og lagt en plan for, hvordan de kunne arbejde med CT fremadrettet.

Det pædagogiske personale begyndte allerede under første CL-session at designe den første model for CT, der blev grundlæggende for det videre arbejde med CT i matematikundervisningen i interventionens første år. Det pædagogiske personale

fremkom med to designmodeller for, hvordan de så, de kan arbejde med CT i undervisningen. Den ene model gik ud på, at de hver især skulle specialisere sig inden for et digitalt artefakt, og derved skulle det pædagogiske personale rotere blandt klasserne. Den anden model gik ud på, at indholdet i de tre klasser skulle være det samme, således at det pædagogiske personale på tværs af klasserne kunne bruge det samme materiale. Det pædagogiske personale valgte i det første skoleår at arbejde med model nummer to. Her var det vigtigt for dem, at de timer, hvor der skulle arbejdes med CT, var lektioner, hvor der både var en pædagog og en lærer tilknyttet matematikundervisningen.

Der opstod dog en primær modsætning omkring *artefakter* i det pædagogiske personales virksomhedssystem, hvilket er illustreret i figur 15.



Figur 15. Virksomhedssystemet og primær modsætning omkring artefaktet

Den primær modsætning opstod, da der ikke var nogen læreplan til rådighed, der kunne guide brugen af de digitale artefakter i undervisningen. Skolen havde indkøbt 12 Bee-Bots⁹, men det pædagogiske personale manglede viden om, hvordan de skulle inddrages i undervisningen. Det pædagogiske personale befandt sig i behovsfasen,

⁹ Programmerbar robot der bruges på gulvet. Robotten har knapper eleverne kan bruge til at programmere den.

hvor de som en del af den ekspansive læringscyklus bearbejdede læringshandlingerne *analyse og spørgsmål*. Her indfangede de ovenstående modsætning, der fremkommer som en indre modsætning i deltagernes virksomhedssystem.

Eksemplet kan ligeledes ses som et startpunkt for TADS-processen (Sannino, 2015a), hvor det pædagogiske personale havde svært ved at komme i gang med designprocessen. På et tidspunkt, og for at løse denne fastlåshed, foreslog en af matematiklærerne, at hun kunne hente deres matematikbog. Matematikbogen fungerede her som et hjælpende artefakt, da bogen var med til at guide dem i den videre struktur. De afprøvede Bee-Bot og aftalte, at den skal inddrages som det første i klasserne.

Tænker vi ikke, at det optimale må være at koble noget fra vores kapitler i bogen? Altså, her kommer vi igennem forskellige ting, hvis vi så kan lave noget, der supplerer eller understøtter eller viser, at der også er en anden måde at arbejde på. (Lærer, C, CL1)

Bogen bliver her brugt som hjælpende artefakt og kan ses som en del af fase 2 i TADS. Bogen bruges til at hjælpe dem med at skabe struktur i aktiviteten. De aftaler dernæst, at det er den model, de vil arbejde videre med, og denne skal køre parallelt i alle tre klasser. Modellen, hvor alle tre klasser arbejdede med det samme didaktiske indhold, fortsatte de med i hele det første skoleår. Her opstod der en primær modsætning mellem manglende læreplaner og opgaver, der skulle bruges for at inddrage Bee-Bot i matematik. Det pædagogiske personale stod her i et dilemma, hvor de på den ene side havde svært ved at finde tid til forberedelse, men på den anden side, var de nødt til at mødes for at komme videre i processen. For at arbejde med modsætningen, valgte det pædagogiske personale at mødes efter arbejde, når pædagogerne var færdige i SFO'en. Her udarbejdede de plancher, hvorpå robotten kunne køre og samtidig understøtte det faglige indhold relateret til matematikbogen. På billede 1 ses to grupper af elever, der arbejder med de plancher, det pædagogiske personale havde lavet, hvor læreren fra B-klassen taler med den ene gruppe elever.



Billede 1. Plancher med geometriske figurer

Det, at det pædagogiske personale mødtes efter arbejde og sammen udarbejdede materiale til brug i undervisningen, kan ses som fase 4 i TADS. Ovenstående handlinger i fase 3 og 4 udspringer af en forpligtelse til sammen at tage vare på situationen og finde en løsning på problematikken. Hvilket understøttes af Sannino et al. (2021). Processen kan beskrives ud fra modellen TADS (fig. 8). Implementeringen af den nye model kan ses i fire faser. I de to første faser oplevede det pædagogiske personale et behov for at skabe undervisningsmaterialer, der kunne skabe mulighed for at inddrage CT i matematikundervisningen. I fase 3 inddrages matematikbogen og Bee-Bot som hjælpende artefakter. I fase 4 udarbejdede det pædagogiske personale opgaver og undervisningsmaterialer, som senere blev implementeret i undervisningen. Den kollektive bearbejdelse af første stimulus under fase 1 var et eksempel på, hvordan det pædagogiske personale gradvist begyndte at transformere deres virksomhed (Sannino et al., 2021).

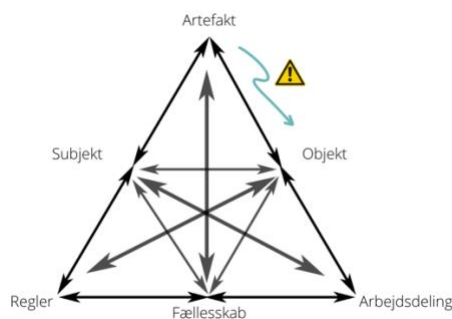
5.4 MODSÆTNING MELLEM ARTEFAKT OG OBJEKT

Arbejdet med at udvikle undervisningsmaterialet blev udgangspunkt for to undervisningsgange med Bee-Bot, der samtidig fik det pædagogiske personale til at føle en fælles forpligtelse for virksomheden (Sannino, et al., 2021), hvilket var noget,

de refererede tilbage til under de efterfølgende CL-sessioner. Den udvalgte model, blev dog udfordret, da det var svært for det pædagogiske personale at finde tid til, at de alle seks kunne mødes til fælles forberedelse. Tiden bliver derfor et problemrum, der blev et gennemgående tema i de syv CL-sessioner.

Det kan godt være, at vi skal ”bide i det sure æble” og lige... Sidste gang mødtes vi - var det i to timer eller sådan noget? Det kan godt være, vi må sige en time, ikke også? Det er bare - vi kan ikke lægge beslag på vores teammøder hver gang, der er også andre ting (Lærer, C-klassen, CL2).

Dette er et eksempel på, at implementeringen af den foregående model skaber en sekundær modsætning mellem *artefaktet* og *objektet*. Hvor foregående model gjorde det svært at arbejde med objektet, dette illustreres i figuren herunder. Den blå pil mellem artefakt og objekt indikerer den sekundære modsætning.



Figur 16. Virksomhedssystemet sekundær modsætning mellem artefakt og objekt

Arbejdet med CT krævede på den ene side forberedelse, og på den anden side bestod skoledagen også af andre problematikker, der skulle bearbejdes. Ovenstående dilemma ses også fra pædagogens synspunkt: ”man skal også have rammerne til det” (pædagog C-klassen, CL-2). Dette er et eksempel på, hvordan det pædagogiske personale i arbejdet med TADS går fra at have afprøvet en model til at gå tilbage til beslutningsfasen for at undersøge, hvordan de kommer videre i processen. Dette kan

ses som et eksempel på læringshandlingens *spørgsmål*, hvor det pædagogiske personale sætte spørgsmålstegn ved selve processen, hvis ikke de kan få den nødvendige tid til forberedelse af CT- aktiviteterne i undervisningen.

Pædagogisk så ændrer det sig jo også i og med, vi tager nye ting ind i kendte rammer. Det ændrer selvfølgelig det læringsrum, som vi prøver at skabe. Helt didaktisk, som xx og xx siger. Det er jo nyt for os alle sammen, så vores forberedelse og tilgang til det er anderledes, end vi er vant til. (Pædagog, B-klassen, CL-2)

Dette citat indfanger modsætningen, der tydeliggør to centrale pointer, hvor det pædagogiske personale på én og samme tid lærer om den nye virksomhed og skal mestre den:

1. Et nyt behov vs. gamle handlinger, der ikke harmonerer med det nye
2. En ny handling/virksomhed vs. gamle behov, der ikke harmonerer med det nye (Yamazumi, 2021, s. 47)

Både mellem og under de enkelte CL-sessioner arbejdede det pædagogiske personale på at skabe viden om, hvordan CT kunne inddrages i det skabte læringsrum. Igennem arbejdet med CT opnåede det pædagogiske personale således indsigt i, hvordan de kollektivt kunne bearbejde de modsætninger der opstod, når nye behov indtraf. I det næste afsnit vil jeg analysere, hvordan det pædagogiske personale i det andet år af interventionen forsat udviklede designet for inddragelsen af CT i matematik.

5.4.1 MODEL 2 – SPECIALISERING

I interventionens andet år skete der et skifte blandt det pædagogiske personale, da der kom en ny pædagog og lærer med i interventionen (jf. afsnit 3.7). Dette betød et skifte i arbejdet med CT, hvor de før arbejdede på tværs af klassetrin, arbejder de nu mere individuelt i de enkelte klasseteams. Dette for at imødekomme den primære modsætning beskrevet i afsnit 5.3.1, der var forbundet med forberedelsestiden, da det var svært at finde tid til fælles forberedelse for alle seks deltagere. Den nye

arbejdsfordeling kunne ses i relation til den model, der blev skitseret allerede under den første CL-session, men som de dengang valgte ikke at arbejde videre med. Den nye arbejdsfordeling betød, at de enkelte klasseteams ikke længere arbejdede med de samme digitale artefakter, men at de specialiserede sig og udviklede materialer knyttet til henholdsvis micro:bits¹⁰, Scratch¹¹ og Bee-Bots.

5.4.2 MODEL 3 – VÆRKSTEDSUGEN

Modellen, hvor det pædagogiske personale specialiserede sig, endte med, at de udarbejdede en værkstedsuge. Værkstedsugen skulle ses som en afslutning af interventionen. Under denne værkstedsuge skulle lærerne rotere blandt de tre 3. klasser og derved bruge den viden, de havde opnået igennem specialiseringen af det digitale artefakt. Pædagogerne blev i de klasser, de var tilknyttet. Det, at pædagogerne blev i deres klasser, gjorde, at der var en, der havde godt kendskab til de enkelte elever i forhold til gruppesammensætning og individuelle hensyn til elever.

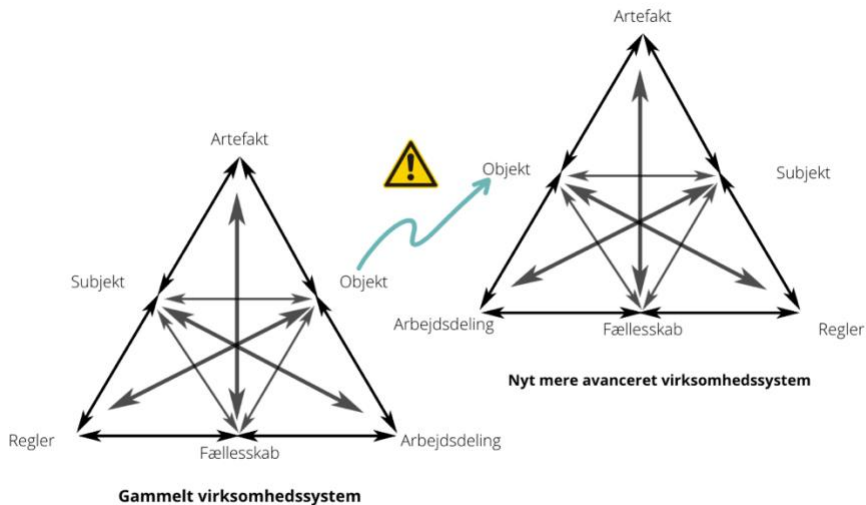
For at værkstedsugen kunne blive en realitet, var det nødvendigt, at matematikteamet omkring klasserne fik flere lektioner til rådighed. Dette ud fra en begrundelse om et behov for at fordybe sig i de digitale artefakter der skulle arbejdes med. I løbet af interventionen var det fremkommet, at det krævede tid at introducere eleverne til nye digitale artefakter. Det kunne være oprettelse af profiler på fx Scratch eller blot at tilegne sig færdigheder og lære det nye digitale artefakt at kende.

En typisk matematiktime på skolen bestod af to lektioner à 30 minutter. Det pædagogiske personale fandt det derfor nødvendigt at inddrage andre af elevernes lektioner for at få værkstedsugen til at fungere. Dette bevirkede, at eleverne, fra tirsdag til torsdag i værkstedsugen, hver formiddag havde 5 lektioner med matematik. Der skabes derved en tertiær modsætning i relation til skolen som virksomhedssystem, hvor arbejdet med CT går ind over andre fags lektioner. Disse opstår mellem en

¹⁰ Micro:bit er en lille computer der kan programmeres via et program på computeren

¹¹ Computerprogram der gør det muligt at kode med blokke

virksomhed og en kulturel mere avanceret form af den centrale virksomhed (Engeström, 2016). Der er derfor nødt til at ske en tilpasning, der gør det muligt for det pædagogiske personale at arbejde, med den kulturelle mere avancerede virksomhed i form af inddragelsen af CT i matematik, hvilket er illustreret i figur 17.



Figur 17. Teritær modsætning

Dette bevirkede, at under den sjette CL-session deltog dansklærerne fra A-klassen og B-klassen, da det blandt andet var deres lektioner, der skulle omlægges til matematik. B-klassens matematiklærer var også klassens dansklærer. Deltagelsen af dansklærerne var initieret af deltagerne selv og blev skabt ud fra et ønske om at skabe åbenhed om interventionen. Det gav ligeledes dansklærerne et indblik i problemrummet og den primære modsætning, der var blevet skabt omkring den manglende tid til fordybelse i arbejdet med de digitale artefakter jf. afsnit 5.3.1. Arbejdet med CT påvirkede således danskteamets virksomhedssystem. Det, at dansklærerne deltog i CL-sessionen, gjorde, at de fik et indblik i det arbejde, det pædagogiske personale havde arbejdet med under interventionen og et kendskab til inddragelsen af CT i matematikundervisningen. Dette perspektiv åbnede således for det pædagogiske personales arbejde med CT, og det åbnede for en samtale om,

hvordan de efter intervention kunne arbejde videre med CT også i andre fag end matematik.

Værkstedsugen kan ses som afslutning på interventionen, men den var ikke blevet en realitet uden inddragelsen af et af skolens andre virksomhedssystemer, nemlig danskteamet. Værkstedsugen kan ses som det pædagogiske personales *konsolidering* af deres virksomhed, hvor de ved at inddrage andre af skolens virksomhedssystemer åbnede for et videre samarbejde i arbejdet med CT. Udviklingen af værkstedsugen kan igennem TADS ses som en udvikling af modellen, hvor hvert team specialiserede sig i et digitalt artefakt, og hvor de under værkstedsugen brugte deres viden om artefaktet i andre klasser end deres egne. Værkstedsugen kan således ses som implementeringsfasen i TADS, hvor de har forsøgt at imødekomme de problemer, de har bearbejdet under de enkelte CL-sessioner, såsom manglende tid til forberedelse, tid til fordybelse og koblingen mellem CT og matematik.

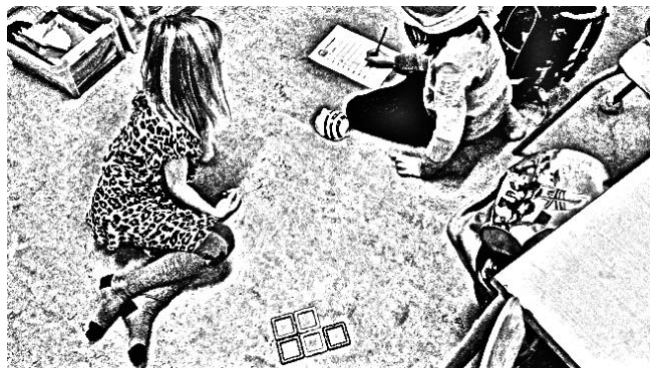
Ovenstående afsnit beskriver inddragelsen af CT i matematikundervisningen. Jeg vil i nedenstående afsnit se nærmere på øverste del af virksomhedssystemet, der er relateret til *subjekt, artefakt og objekt*. Den øverste del af virksomhedssystemet jf. figur 4, anskueliggøres af Engeström (2016) som produktionen. Produktion henviser til, hvordan deltagerne bruger artefakter til at bearbejde objektet med henblik på at transformere virksomheden mod det ønskede resultat. Det næste afsnit vil derfor se på, hvordan det pædagogiske personale brugte artefakterne som mediatorer i arbejdet med CT.

5.5. MODSÆTNINGER MELLEME ARTEFAKTER

Dette afsnit henviser til, hvordan det pædagogiske personale inddrog både analog og digitale artefakter, og hvordan de brugte artefakterne til at rammesætte aktiviteterne. I rammesætningen af nogle af aktiviteterne fandt det pædagogiske personale det nødvendigt at inddrage analoge redskaber i arbejdet med Bee-Bot. Der opstod her en primær modsætning jf. figur 15 i arbejdet med de to artefakter, opgaven og det digitale artefakt, hvor rammesætningen af opgaven skulle gøres mere konkret og visuel.

Eksemplet er taget fra en undervisningssekvens, der yderligere er beskrevet i artikel V.

Opgaven var givet som den sidste i en undervisningssekvens af fire didaktiske cyklusser. Elevernes opgave var at teste, om Bee-Bot kunne lave en række polygoner nummereret fra 1 til 10 med en robot, der drejede 90 grader. Det pædagogiske personale vurderede, at opgaven var for abstrakt for eleverne, og eleverne fik derfor udleveret magnetiske kvadrater, der kunne illustrere Bee-Bots bevægelser og sammensættes som et gitter, hvilket kan ses som tegn på elevernes modellering af Bee-Bots bevægelsesmønster (Weintrop et al., 2016). På billedet herunder ses to elever, der med magneterne har dannet en sekskant, dernæst havde de programmeret Bee-Bot, så den dannede samme polygon. Den ene pige er i færd med at beskrive og tegne, hvordan de løste selve opgaven.



Billede 2. Elever med Bee-Bot og magneter

Formålet med de magnetiske kvadrater var at øge elevernes evne til at forstå og visualisere robotens bevægelser. Kvadraterne fungerede således som et medierende artefakt, der skulle hjælpe eleverne med at visualisere processen med at skabe en algoritme for robotens design af en polygon. De magnetiske kvadrater fungerede derfor som et hjælpeartefakt ved hjælp af dobbelt stimulation (Vygotsky, 1978), indtil eleverne ikke længere havde brug for dem. Når eleverne ikke længere havde brug for

de magnetiske kvadrater, skiftede aktiviteten til at blive mere elevcentreret, og eleverne prøvede forskellige løsninger for at løse opgaven.

Eksemplet viser potentialet i at bruge robotterne som et digitalt artefakt i matematik, men også behovet for at udvikle opgaver og aktiviteter til at understøtte arbejdet med det digitale artefakt. Det ovenstående eksempel er taget fra 2. klasse, hvor opgaven var stillet som et problem, eleverne skulle løse; *Hvilke polygoner kan Bee-Bot danne fra 1 til 10 sider?*

Altså, mange opgaver og nogle få fandt ret hurtigt ud af, at den kunne gå i en ret vinkel. Vi måtte ret hurtigt have fat i de hjælpemagneter.
(Lærer, A-klassen, CL-3)

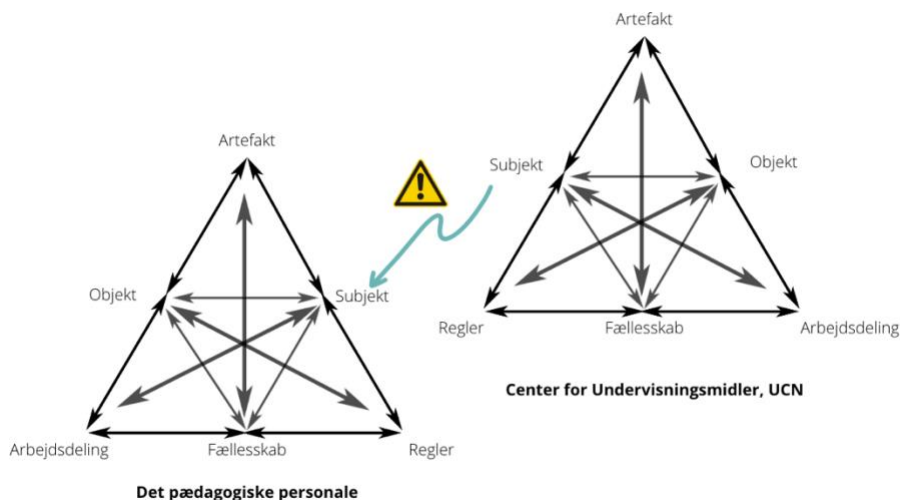
Eksemplet viser et behov for at understøtte brugen af det digitale artefakt, men også den stillede opgave. Det pædagogiske personale blev opmærksomt på, at der var et behov for at designe opgaver og supplerende materiale, der kunne kombineres med det digitale artefakt, hvis den skulle bruges til at understøtte elevernes matematiske forståelsesbegreber. Det følgende citat illustrerer, at brugen af det digitale artefakt kunne ses som omstændeligt at bruge: ”Det virker omstændeligt. Vi skal jo ikke blot bruge robotten for robottens skyld” (Lærer, C-klassen, CL2). Citatet er også et eksempel på, at brugen af de digitale artefakter ikke nødvendigvis i sig selv lagde op til matematik, men at det var den didaktiske ramme og opgaverne, der skabte mulighederne for at understøtte elevernes matematiske og computationelle forståelse. Dette understøttes af Tannert et al. (2022), der påpeger, at inddragelsen af CT i fagområder er bundet til pædagogikken, der skal sikre koblingen mellem fag og CT (s. 87). Forberedelsen af undervisningen ses her som et vigtigt element, da lærerne hjemme afprøvede løsningerne med de digitale artefakter. ”Jeg ved ikke lige, hvorfor vi ikke kunne få det til at passe helt med elevernes skridtlængde. Det passede, da jeg prøvede hjemme på stuegulvet” (Lærer, A-klassen, CL7). Citatet viser, at det pædagogiske personale havde behov for selv at afprøve og teste både det digitale artefakt og det undervisningsmateriale, der blev designet. Dette kan også ses som et led i, at det pædagogiske personale udviklede deres egen computationelle tankegang

i arbejdet med at designe og bruge de digitale artefakter. Arbejdet med at udvikle den computationelle tankegang udfoldes i nedenstående afsnit.

5.5.1 COMPUTATIONELLE TÆNKERE

En ny måde at arbejde på opstår ikke af sig selv, og det kræver en bevægelse mellem internalisering og eksternalisering (Engeström, 1999). Den ekspansive læringscyklus skal herigennem ses som en udviklingsproces, der består af både internalisering og eksternalisering. Dette kræver dog, at det pædagogiske personale i arbejdet med den ekspansive læreproces reflekterer over deres virksomhedsstruktur og derigennem får viden om og kan forstå det, de ønsker at ændre. De enkelte CL-sessioner, gav en indsigt i, hvordan det pædagogiske personale gradvist øgede deres egen forståelse for at arbejde pædagogisk med CT. Det gav ligeledes et indblik i, hvordan de selv var nødt til at tænke computationelt og tage mod til at udvikle egne kompetencer.

Det første sted, hvor det pædagogiske personale arbejdede med de digitale artefakter, var på læringsværkstedet jf. afsnit 3.10. Læringsværkstedet gjorde det muligt for det pædagogiske personale selv at få materialerne i hænderne. ”Det var megagodt at få det i hænderne og prøve alle de forskellige ting der” (Lærer, A, CL1). Læringsværkstedet blev afholdt to gange og gav ligeledes mulighed for, at det pædagogiske personale kunne arbejde CT-relateret til 2. årgang og dernæst 3. årgang. Læringsværkstedet gav på den måde mulighed for at skabe en progression i både det pædagogiske personales læreproces, men også i arbejdet med at udvikle aktiviteterne til eleverne. Læringsværkstedet var skabt i samarbejde med CFU, hvor CFU stod for afholdelsen af læringsværkstedet. CFU’s formidling af CT kan i den forbindelse ses som en kvartær modsætning i relation til det pædagogiske personales virksomhedssystem og dets subjekt. Den kvartær modsætning opstår mellem den centrale virksomhed og andre samtidige virksomhedssystemer (Engeström, 2016). Dette er illustreret i figuren herunder:



Figur 18. Kvartær modsætning mellem CFU og det pædagogiske personale

CFU kan ses som en virksomhed, der påvirkede subjekterne i det pædagogiske personales virksomhedssystem. Dette gjorde CFU igennem kompetenceudvikling, hvor det pædagogiske personale opnåede færdigheder i arbejdet med CT, matematik og digitale artefakter. Det første læringsværksted lå før den første CL-session. CFU's introduktion til CT i matematik var rettet imod de matematiske kompetenceområder (Matematik, Fælles Mål, 2019). Det pædagogiske personale gav dog udtryk for, at de havde brug for, at det blev mere konkret og ønskede eksempler på, hvordan man kunne arbejde direkte med de digitale artefakter i matematikundervisningen. Det blev derfor tydeligt at det pædagogiske personale havde fokus på færdigheds- og vidensområderne og ikke som CFU, fokus på kompetenceområderne. Under læringsværkstedet blev omdrejningspunktet derfor meget på de digitale artefakter og på, hvordan de kunne låne dem af CFU eller selv anskaffe dem på skolen. I programmet for læringsværkstedet var der afsat tid til, at de kunne arbejde med deres årsplan. Her brugte det pædagogiske tiden på forsat at afprøve de digitale artefakter, der var til rådighed og samtidig undersøgte de, hvordan de kunne inddrages så det understøttede den fagfaglige matematikundervisningen. Der opstod her en

modsætning imellem CFU's fokus på de matematiske kompetencer og det pædagogiske personales behov for at konkretisere arbejdet med CT tilpasset fagfaglige mål. Dette kom til udtryk under den første CL-session, hvor det pædagogiske personale ønskede hjælp til at strukturere indholdet (beskrevet i afsnit 5.3.1). Dette var også et udtryk for, at det pædagogiske personale havde brug for at konkretisere CT gennem brugen af de digitale artefakter.

Jeg synes, man bliver mere modig for at komme i gang med at prøve noget nyt. I starten var jeg lidt mere forsigtig med, hvad vi skulle med de Bee-Bots og alle de ting, men måden her gør, at der er tiden til at prøve noget, og vi tør noget mere med teknikken. (Pædagog, A-klassen, opfølgende interview)

Det at få mod til at arbejde med CT kan ses som en indre modsætning hos det enkelte subjekt. Analysen viser, at den formative tilgang til CL hjalp det pædagogiske personale med at overvinde indre modsætninger i overbevisningen om, at det var for svært at inddrage digitale artefakter og CT i undervisningen. Den kollektive tilgang til forandringsprocessen og støtten, de oplevede under de enkelte CL fra både kollegaer og interventionisten, var med til på sigt at give dem handlekraft og ændre troen på egne evner i arbejdet med at inddrage CT i matematik. Ifølge Engeström (2016) er det kollektive og det fælles ansvar en vigtig del i arbejdet med at transformere virksomheden. De enkelte CL-sessioner var således med til at give rum til, at det pædagogiske personale kunne udvikle deres egen forståelse for CT. Da CT var en ukendt faktor for deltagerne, havde de brug for i et roligt tempo gradvist selv at udvikle deres forståelse for CT. Begrebet CT virkede for det pædagogiske personale abstrakt, og de havde brug for en operationalisering af begrebet, derfor mødte det pædagogiske personale også undervejs i CL-sessionerne små glimt af CT fra deres undervisning. Disse blev præsenteret som første stimulus som eksempler på, de enkelte CT-strategier, såsom abstraktion, dekomposition, algoritmisk tænkning, evaluering og generalisering (Selby & Woolland, 2013, s. 5). "Når du viser det på den måde, kan jeg godt se, at vi gør det. Vi er bare ikke klar over det" (Lærer, B-klassen, CL2). Citatet er et eksempel på, at det pædagogiske personale har brug for at få

visuelle eksempler på, hvordan de arbejder med CT. Det er også et eksempel på, at handlingerne i arbejdet med CT endnu ikke er blevet en fast del af deres undervisning. Ifølge Zinchenko (1997) kan eksterne artefakter fungere som mediator for deltageres handlinger, men samtidig også fungere som virtuel mediator i form af tegn, ord eller symboler. Ovenstående citat viser, at CT var svært for det pædagogiske personale at identificere i praksis, hvor brugen af de digitale artefakter fungerede som ekstern mediator, og samtalerne under de enkelte CL-sessioner fungerede som virtuel mediator ved at sætte ord på deres handlinger i arbejdet med CT. De digitale artefakter kan derved ses som et startpunkt i arbejdet med CT, hvor det for det pædagogiske personale i første omgang handlede om at inddrage de digitale artefakter i undervisningen og selv afprøve dem. Her fungerede de digitale artefakter som mediatorer i arbejdet med CT, hvor det pædagogiske personale, som interventionen skred frem, begyndte at skabe en større forståelse for CT som begreb og som tankeproces. Det fremkom, at det pædagogiske personale skulle støttes i denne proces, da CT som begreb var abstrakt.

Der skete ligeledes en udvikling i det pædagogiske personales forståelse og brug af sproget, efterhånden som interventionen skred frem. Dette bliver italesat af en af dansklærerne, der deltog i den sjette CL-session.

Jamen, jeg var på et kursus i sådan noget teknologiforståelse. Når jeg går ind på denne hjemmeside, så kan jeg se, der står noget om Scratch og spil og sådan noget. Og så ved jeg ikke, om xx (lærer i B-klassen), hun kalder det algoritmer og sådan noget, dekomposition. Det er bare, at når jeg hører det udefra, når I snakker om det... (Dansklærer, C-klassen, CL6)

Det ses her, at CT er blevet en mere integreret del af det pædagogiske personales praksis, da de sprogligt begynder at begrebssætte deres handlinger relateret til CT, hvor det for udefrakommende kan være svært at forstå CT som begreb, hvis man ikke kender til begrebsrammen. Dette er væsentligt at tage højde for, hvis nye deltagere skal føle det meningsskabende at deltage i virksomheden.

5.6 VIRKSOMHEDENS TRE NIVEAUER

Ved hjælp af Leont'evs (1978) model over de tre niveauer af rutiner, handlinger og virksomhed vil jeg fremhæve udfordringen ift. udviklingen af det pædagogiske personales computationelle tankegang. Nye digitale artefakter udvikles konstant, og der kommer hele tiden nye til, der kan inddrages i undervisningen, hvilket stiller krav om, at det pædagogiske personale udvikler egne færdigheder og erfaringer (Monjelat & Lantz-Andersson, 2020). Dette kan beskrives som det rutinemæssige niveau, hvor det pædagogiske personale håndterer artefakterne og kan relateres til spørgsmålet om, ”hvordan” fx at artefakterne inddrages og bruges i undervisningen. Dette niveau er ikke tydeligt for det pædagogiske personale, som det er illustreret i afsnit 5.5.1. Til trods for at det pædagogiske personale fandt det svært og tidskrævende at bruge de digitale artefakter og designe nye undervisningsmaterialer, vil jeg argumentere for, at det er gennem dette komplekse problemrum, at de har udviklet deres agency. Tabel 9 illustrer de tre niveauer jf. Leont'evs opdeling (1978).

Tabel 9. Leont'evs (1978) niveauer og virksomheden adopteret til interventionen CTiMAT

Niveauer	Orienteret i mod	Spørgsmål	Objekt	Outcome	Udført af
Virksomhed	Motiver	Hvorfor	At skabe nye læringsrum	At klæde eleverne på til fremtiden	Fællesskabet
Handling	Mål	Hvad	CT i matematik	CT og matematisk indhold	Individet eller gruppen
Rutine	Funktioner	Hvordan	Artefakter	Digitale artefakter, undervisningsmaterialer	Rutinemæssigt Mennesker eller maskiner

Niveauet omkring *virksomheden* er i arbejdet med CT i matematikundervisningen motiveret af at skabe nye læringsrum for eleverne og kan henledes mod spørgsmålet

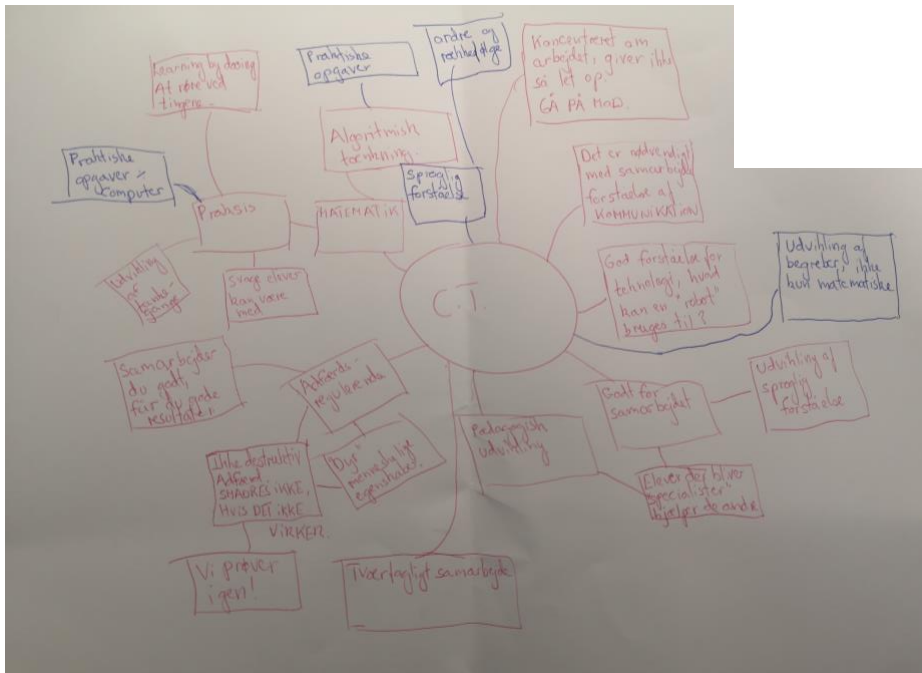
om, ”hvorfor” virksomheden udføres. CT på *handlingsniveau* besvarer spørgsmålet om, ”hvad” der gøres i virksomheden og kan her relateres til at inddrage CT i matematikundervisningen. Virksomheds *rutinemæssige* niveau er rettet mod betingelser for handlingerne og besvarer spørgsmålet om, ”hvordan” handlingerne udføres. I dette tilfælde hvordan CT kan inddrages i matematik.

I arbejdet på det bevidste niveau, der består af handlinger og er målorienteret, ses arbejdet med at inddrage CT i matematikundervisningen. Det pædagogiske personale var her nødt til at beherske en vis grad af computationel forståelse for at kunne gøre dette. De digitale artefakter fungerede som eksterne mediatorer og hjalp dem til at forstå og arbejde med CT i undervisningen. Den proces, der er blevet undersøgt i forbindelse med dette studie, viste indledende, at det pædagogiske personale manglede kompetencer til at inddrage CT i matematik, men at arbejdet med artefakterne havde hjulpet dem undervejs i deres internaliseringsproces. Det ses i afsnit 5.8, at det pædagogiske personale i forbindelse med inddragelse af CT også måtte ændre i den måde, de normalt underviste i matematik, hvor arbejdet med CT var mere rettet mod et elevcentreret perspektiv, end de normalt var vant til. Det ellers ubevidste niveau for rutiner blev i arbejdet med CT og de digitale artefakter synligt, hvilket også fremkommer i artikel III, hvor der ses på, hvordan det pædagogiske personale igennem virkelighedsnære problemstillinger arbejdede med den computationelle forståelse og på den måde fik koblet CT og matematik sammen. Ifølge Engeström (2016) er der ingen klar grænse mellem de enkelte niveauer, hvilket også ses i dette studie. De enkelte niveauer var i konstant udvikling, hvilket til tider skabte frustration, men også nye handlemuligheder. Det at inddrage nye handlemuligheder i matematikundervisningen i form af CT, stillede derved andre krav til det pædagogiske personale, der måtte omstille sig i arbejdet i med matematik. Hvis arbejdet med at inddrage CT i matematikundervisningen skal blive en givtig virksomhed i skolen, er der derfor et behov for, at det pædagogiske personale selv udvikler en computationel tankegang. Der ses derved også et behov for at understøtte det pædagogiske personales læringshandling i forhold til de tre niveauer for på den måde at give dem kompetencer, der klæder dem på til at inddrage det i deres

undervisning og pædagogiske virke. Det viste sig under processen, at arbejdet med at designe undervisningsmateriale og bruge de digitale artefakter gjorde, at det pædagogiske personale også blev bevidst om niveauet for virksomheden og det rutinemæssige og ikke kun handlingsniveauet.

5.7 UDVIKLING OG LÆRING

Det pædagogiske personale gav under de tre første CL-sessioner udtryk for, at de fandt CT som begreb vanskeligt at inddrage i matematikundervisningen. ”Jamen, det er det, fordi vi er lidt på udebane” (Lærer, A-klassen, CL3). For at få et indblik i det pædagogiske personales viden om CT blev de i begyndelsen af det andet læringsværksted bedt om at udarbejde et mindmap, som lå mellem CL-session 3 og 4. Mindmappet fungerede her som anden stimulus. Mindmappet blev udformet af to omgange, hvor teksten markeret med rød var det første, de skulle skrive ned. Fokus var således på deres forståelse og viden om CT efter interventionens første år. Efterfølgende blev der holdt et mindre oplæg om CT. Dernæst skulle de igen udfylde deres mindmap, denne gang med blå. Nedenstående er et eksempel på, hvordan det pædagogiske personale for 3. C havde udfyldt deres mindmap.



Billede 3. Det pædagogiske personale i 3.C's mindmap

Mindmappet giver et indblik i den mere pædagogiske side af CT, og hvilke potentialer der er ved at arbejde med CT i relation til matematik. I dette lys kan det pædagogiske personales beskrivelse af CT ses som det, Azeka og Yadav (2022) karakteriserer som det første stadie i arbejdet med at udvikle elevernes computationelle tankegang. Det første stadie dækker over læringstilgange, herunder pædagogiske tilgange, der kan hjælpe eleverne med at tænke computationelt, fx at bryde opgaver ned i mindre dele, eller lave en guide for, hvordan en opgave kan løses, heriblandt uden brug af digitale artefakter. Som det kan ses af mindmappet billede 3, er dette også i fokus for det pædagogiske personale, der i udarbejdelsen af anden del af mindmappet fremhæver arbejdet uden brug af digitale artefakter. De næste stadier i Azeka og Yadvav (2022) model består af computationel modellering og computationel undersøgelse, hvor de enkelte stadier gradvis følger elevernes udvikling.

Ovenstående mindmap er også et eksempel på det pædagogiske personales forandringsproces, der viser, at de i arbejdet med CT har udviklet deres computationelle tankegang. Ved hjælp af anden stimulus hjælper mindmappet det pædagogiske personale med at skabe en forståelse for den viden, de har tilegnet sig under det første år af interventionen. Mindmappet hjalp ligeledes det pædagogiske personale med at gøre deres handlinger visuelle. Vygotsky (1997 s. 49) betegnede dette som menneskets aktive indgriben i situationen ved at indføre nye stimuli. Vygotsky (1997) refererer her til, at den anden stimulus er med til at udvikle og give frihed og handlekraft til den menneskelige virksomhed "... man himself creates stimuli that determine his response and uses these stimuli as devices for mastering processes of his own behavior" (s. 49–50). Dette sker igennem mediering og understøttelse af et artefakt; påvirkningen sker således udefra ved hjælp af psykologiske redskaber (Yamazumi, 2021). Engeström (2016) beskriver denne dobbelte stimulans som udformningen af transformativ agency, hvor deltagerne bryder med tidligere handlinger og skaber nye handlemuligheder (s. 13). Mindmappet fungerede her som et eksempel på en historisk analyse, hvor det pædagogiske personale var tilbageskuende i arbejdet med CT. Mindmappet fungerede efterfølgende som et redskab til at kigge fremad på nye handlemuligheder i arbejdet med CT, hvor det pædagogiske personale skulle arbejde med at indtænke CT i 3. klasses matematikundervisning.

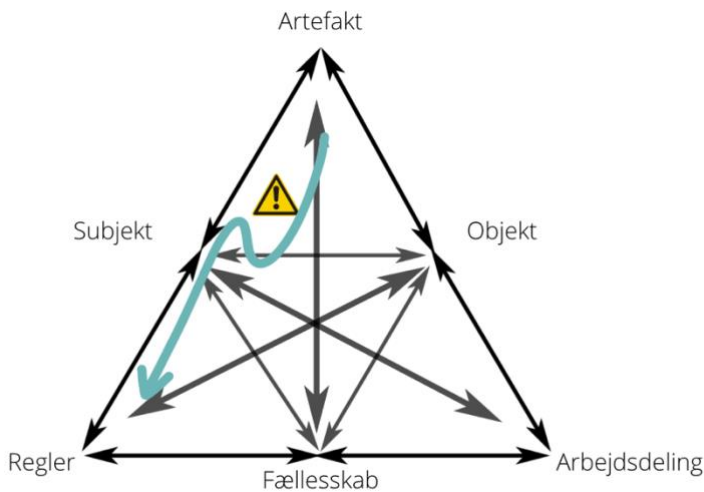
Eksemplet viser, at CT ses som mere og andet end blot brugen af digitale artefakter. Der ses en udvikling mod CT som tankeproces, hvilket er i tråd med blandt andet Wing (2006) og Chongo et al., (2020) jf. beskrivelsen af CT i afsnit 1.1. Brugen af mindmappet som dobbelt stimulation gav et indblik i det pædagogiske personales forståelse af CT, men det viser også en diskrepans fra de tre første CL-sessioner, hvor deltagerne opfattelse af egne evner i arbejdet med CT ikke stemte overens med beskrivelsen i mindmappet.

5.8 MODSÆTNINGER MELLEM REGLER OG ARTEFAKT

Dette afsnit omhandler, hvordan CT og matematik indbyrdes kan ses i en sammenhæng, og hvordan det pædagogiske personale arbejdede med de potentialer og begrænsninger, der opstod. Fx om fokus skulle være på CT eller matematik eller en blanding; afsnittet dækker også over, hvilken faglig betydning CT har i forhold til matematik og omvendt. Dette kommer til udtryk ved, at CT kan være med til at visualisere repræsentationer for eleverne og styrke dem i deres sprogliggørelse af matematiske begreber, hvilket særligt belyses i artikel II og III.

Det fremkom under analysen i afsnit 5.5.1, at det pædagogiske personale brugte det digitale artefakt som mediator i deres bearbejdning af CT i matematik. I alle undervisningssekvenser fremkommer brugen af digitale artefakter, hvor de efterfølgende bearbejder de enkelte CT-elementer under CL-sessionerne. I eksemplet herunder fremhæver pædagogen processen omkring fejlsøgning og vigtigheden af at understøtte denne proces. ”Som jeg ser det, er det en del af konceptet. Det handler jo næsten om at begå fejl, og så spole tilbage og finde ud af, hvor fejlen er henne” (Pædagog, B-klassen, CL2). I arbejdet med de digitale artefakter i matematikundervisningen fandt det pædagogiske personale det vigtigt, at eleverne fik mulighed for selv at undersøge det digitale artefakt. Der skulle gives plads til, at arbejdet med digitale artefakter var nyt, også for eleverne. ”Nyhedsværdien fylder mere end det, der er formålet, og som kan være svært at italesætte. Altså, hvordan vi skal sætte de her robotter i relation til den matematikundervisning, vi er vant til” (Pædagog, B-klassen, CL2). I de første undervisningsgange var det således ikke matematikken, der var i fokus, men mere en undersøgelse af, hvad robotten kunne. Matematikken var dog forsat en del af indholdet i undervisningen, men det var svært for både elever og det pædagogiske personale at lave klare koblinger mellem de to fagligheder. ”De fik ikke den store introduktion til det, det var meget hands-on at prøve og skabe egne erfaringer. For nogen mangler der en kobling fra Bee-Bots og Ozobots og over til matematikken” (Pædagog, B-klassen, CL2). Der opleves et dilemma i arbejdet mellem det digitale artefakt og matematik, hvor det både for eleverne og det pædagogiske personale kan være svært at skabe koblingen mellem CT

og matematik. ”Jeg er lidt i tvivl om, hvad jeg skal lave med dem næste gang... De har endnu ikke prøvet den der sten, saks, papir, men sådan ”matematik matematik”” (Lærer, A-klassen, CL4). Citatet her er et udtryk for, at læren i A-klassen finder det svært at finde fagligt indhold, der kan kombineres med micro:bitten. Her opstår der et dilemma i forhold til arbejdet med micro:bitten, da forståelserne bagved det digitale artefakt er for avancerede for en tredje klasse, og det kan derfor være svært at designe opgaver med matematisk indhold svarende til elevernes niveau. Dette er illustreret i figur 19.



Figur 19. Sekundær modsætning mellem artefakt og regler

Arbejdet med micro:bitten blev meget lærerstyret, hvor eleverne fik en udførlig guide på papir eller en video, der præcist viste dem, hvordan de skulle sætte de enkelte blokke sammen for at kode micro:bitten. Dette er nærmere udfoldet i artikel III.

Jamen det er jo altid godt at skulle samarbejde og skulle have den mundtlige del overfor et gruppemedlem, i forhold til hvis de sad med deres egen Bee-Bot. Hvis det ikke lige ville lykkes, så har de talt om, hvad der gik galt. Så jeg tænker da, det er en styrke at arbejde sammen to og to. (Lærer, A-klassen, interview)

Jamen det er det da. Altså det er jo også en proces at skulle vænne sig til, at man kan både blive støttet af andre, men man skal også tage hensyn til andre, og det skal man jo resten af sit liv, på en eller anden måde, samarbejde med folk. Så det skal de jo også lære, og det er jo nemt for nogle og lidt sværere for andre. (Lærer, B-klassen, interview)

Arbejdet med CT og digitale artefakter åbner op for en større sprogliggørelse hos eleverne, og at de skal samarbejde mere, end de normalt gør i undervisningen. Dette fremhæves af det pædagogiske personale som vigtige elementer i at inddrage CT i matematikundervisningen. Det pædagogiske personale fandt det ligeledes betydeligt, at de havde hinanden at støtte sig til både i klasseteamet og i fagteamet på tværs af de tre klasser. Dette udfoldes i efterfølgende afsnit.

5.9 DET KOLLEKTIVE SOM OMDREJNINGSPUNKT

Det kollektive gav det pædagogiske personale et sammenhold og en tryghed, hvor de fandt støtte i hinanden. Dette afsnit omhandler arbejdsdelingen, der dækker over de indbyrdes relationer mellem deltagerne (Engeström, 2016). Undervejs i processen og i særdeleshed i løbet af projektets andet år, ses det, at de enkelte klasseteams udviklede sig forskelligt, og derved opstod der divergente arbejdsdelinger mellem de enkelte teams. Der har derfor været et behov for at se på, hvordan de enkelte teams har håndteret arbejdet med CT.

5.9.1 C-KLASSEN

Arbejdet med CT viste, at der skete ændringer i samarbejdet mellem lærerne og pædagerne. Følgende citat er et eksempel på, hvordan CT er med til at skubbe til arbejdsdelingen omkring lærer- og pædagogsamarbejdet (Dau et al., 2019; Ringskou & Gravesen, 2020).

Hvis vi laver klassisk matematik, bare i matematikbogen, så har vi nogle helt klare roller, xx (pædagogen) og jeg. At så går hun ind og støtter op og supplerer og kan nogle pædagogiske ting, og jeg

kommer ind med matematikfagligheden, hvor jeg tænker, at vi nu kommer ind med det samme i det her. Vi har været på det samme kursus og kom helt blanke, ikke? Og det gør, at samarbejdet bliver ligeværdigt, og vi begge kommer ind med bud på ting og sager. (Lærer, C-klassen, CL-2)

Læreren i C-klassen gav udtryk for, at arbejdet med CT gjorde lærer- og pædagogssamarbejdet mere ligeværdigt, da CT var nyt for dem begge. Det var således en force for deres samarbejde, at de begge kunne være med til at udvikle nye materialer og opgaver, der skulle bruges i undervisningen. Dette understøtter pædagogen også i det opfølgende interview efter interventionen.

Jeg syntes, det blev sværere, det er jeg nødt til at sige. Fordi xx (læreren) og jeg var jo på vej, én vej og så kommer der en helt ny ind og vil noget andet. (Pædagog, C-klassen, opfølgende interview)

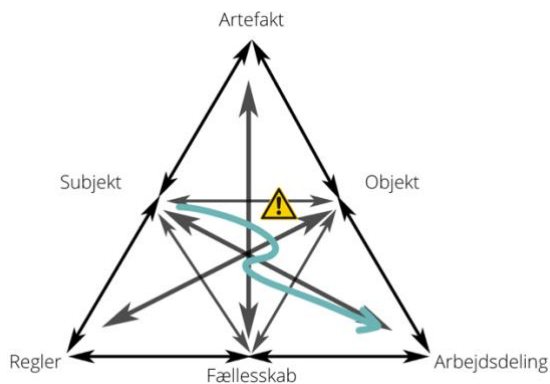
Både læreren og pædagogen var i interventionens begyndelse på samme erfaringsniveau i arbejdet med CT og digitale artefakter, da de ikke på forhånd havde nogen forudsætninger for at arbejde med CT i matematik. Arbejdsdelingen mellem dem kunne, som læreren fremhæver, ses som ligeværdig, hvorimod der kan spores en asymmetrisk magt- og samarbejdsrelation i de ordinære matematiktimer (Dau et al., 2019). Dette understøttes af en rapport fra DPU omhandlende, hvad der henholdsvis hæmmer og fremmer skolepædagogernes samarbejde med lærerne. Her fremhæves vigtigheden af det ligeværdige samarbejde og pædagogens mulighed for at få indflydelse på undervisningens indhold for at fremme samarbejdet. Rapporten fremhæver ligeledes opbakning fra skolens ledelse og en skolekultur omkring vidensdeling og kompetenceudvikling som vigtige parametre for, at der kan opnås en ligeværdig relation mellem lærer og pædagog (Dau et al., 2019).

Der sker dog et skifte i interventionens andet år, hvor der kommer en ny lærer til. Den nye lærer i C-klassen har tidligere arbejdet med teknologi og programmering i en

undervisningskontekst. I det nye samarbejde mellem den nye lærer og pædagogen opstod der en ulige samarbejdsrelation.

Jeg tror, at det, at xx (læreren) var mere interesseret i det, altså på en anden måde - ikke at xx (gammel lærer) ikke var interesseret. Jeg tror, vi måske var lidt mere ligeværdige, hvis jeg altså kan sige det?
(Pædagog, C-klassen, opfølgende interview)

Der opstår en sekundær modsætning mellem subjekt og arbejdsdelingen, da der i det nye samarbejde opstår en mere vertikal samarbejdsrelation mellem læreren og pædagogen. Dette er vist i nedenstående figur:



Figur 20. Sekundær modsætning mellem subjekt og arbejdsdeling

Hvor relationen tidligere kunne ses mere horisontal, udspringer den nye samarbejdsrelation af gamle mønstre, hvor matematiklæreren står for den faglige undervisning, og pædagogen understøtter det sociale i klassen fx i form af gruppedannelser. Ifølge Bligh og Flood (2015) kan det horisontale ses som specialisering i forhold til kompetence, hvor den vertikale referer til autoritet. Pædagogen giver udtryk for, at den nye lærer ikke havde været med tidligere under de første CL-sessioner og derved ikke havde indblik for, hvad der tidligere havde været arbejdet med. Den nye lærer manglede her indsigt i virksomhedssystemets

historiske udvikling, og hvordan der tidligere var blevet arbejdet med CT i matematikundervisningen. Den nye lærers viden fra tidligere arbejde med programmering gjorde, at han fandt interesse for Scratch. Her manglede pædagogen den nødvendige viden, tiden og færdigheder til at være med til at udvikle undervisningsmaterialet. Modsætningen manifesteres her en som værende en konflikt, hvor der har været uenighed om, hvordan fordelingen af arbejdsopgaver skulle være.

Men du har været det bindende led omkring det, vi tidligere har lært, altså forarbejdet med xx (gammel lærer), som du har givet videre til xx (ny lærer) og den nye rolle er også, at vi er lige så vigtige at have med. (Pædagog, A-klassen, opfølgende interview)

Pædagogen i C-klassens rolle formidles her af hendes kollega, hvor kollegaen ser hende som det bindende led og den, som skal være med til at mediere tidligere erfaringer til den nye lærer. Denne rolle antydes af kollegaen som værende lige så væsentlig og som en måde at få formidlet skolens kultur og tidligere erfaringer fra interventionen CTiMAT.

5.9.2 NÅR ROLLERNE SKIFTER

I interventions første år arbejdede det pædagogiske personale ud fra samme model. De arbejdede med det samme faglige indhold og udviklede undervisningsmaterialerne sammen. Læreren i B-klassen var dog lidt tilbageholdende i arbejdet med de digitale artefakter og havde en oplevelse af, at pædagogen kunne mere i arbejdet med de digitale artefakter. "... måske føler jeg faktisk, at xx (pædagogen) kan mere end mig på det felt. Hvorimod det plejer at være mig, der står for undervisningen eller starter den op i hvert fald" (Lærer, B-klassen, CL-2). Denne mangel på erfaring med CT er også belyst i artikel II, hvor pædagogens faglighed sættes i spil i relation til arbejdet med CT i matematik. I interventionens andet år blev det pædagogiske personale mere specialiserede, hvilket også påvirkede virksomhedssystemets arbejdsdeling. I B-klassen kom til det udtryk ved, at klassens nye pædagog varetog undervisningen i henhold til CT. Pædagogen introducerede her Scratch, hvor eleverne skulle udarbejde

en labyrint. Skiftet i rollerne fungerede her rigtig godt, da pædagogen og læreren på den måde kunne supplere hinanden.

Hvis jeg selv skal sige, hvad jeg synes personligt, så synes jeg, det er ret svært for mig, fordi det er en verden, hvor jeg skal bruge enormt meget krudt på at blive opdateret bare en snert til at kunne undervise i det. Det er også derfor, vi byttede. (Lærer, B-klassen CL-5)

Ovenstående citat kan karakteriseres som en dobbeltbinding. En modsætning der er manifesteret i en dobbeltbinding beskrives af Engeström som ”a social, *societally essential dilemma which cannot be resolved through separate individual actions alone – but in which joint co-operative actions can push a historical new form of activity into emergence.*” (Engeström, 1987, s. 165, kursiv i original in Engeström, 2016). Hvis læreren i ovenstående eksempel selv skulle have varetaget undervisningen i Scratch, ville det som underviser kræve meget, og hun ville skulle bruge en del tid på forberedelse i forhold til at sætte sig ind i det digitale artefakt. Der opstod derved et dilemma omkring forberedelsestiden og lærerens manglende mod til at sætte sig ind i et nyt digitalt artefakt. For at komme ud af denne fastlåste situation valgte pædagogen at forberede en undervisningssekvens i arbejdet med Scratch på 8 lektioner à 30 minutter, hvor læreren i stedet understøttede pædagogens undervisning. Pædagogen fik hjælp af læreren fra C-klassen, hvor hun efter den fjerde CL-session fik hjælp til de spørgsmål, hun havde til Scratch. Nedenstående eksempel er et uddrag fra femte CL-session og et eksempel på læringshandlingen *refleksion*, hvor læreren fra B-klassen og pædagogen fra C-klassen reflekterer over det at arbejde med nye digitale artefakter.

Interventionisten: Så det her med selv at kaste sig ud i det. Det er lidt svært lige nu, xx (lærer, B-klassen)?

Lærer, B-klassen: Jamen, det synes jeg.

Pædagog, C-klassen: Både med tiden tænker jeg også. Det ville jeg også synes. Jeg gør det så godt, jeg kan, og jeg synes, at bare man gør det så godt, man kan og prøver at sætte sig ind i det, men man er også nødt til at have fokus på andre ting.

Lærer, B-klassen: Lige præcis, det er sådan, jeg har det. (CL-5)

Læreren i ovenstående eksempel får hjælp af pædagogen fra C-klassen til at sætte ord på arbejdet med de digitale artefakter. De er begge enige om, at forberedelsestiden er en faktor i forhold til at sætte sig ind i nye digitale artefakter, og der også er nødt til at være fokus på andet i løbet af skoledagen end blot CT. Det kollektive samarbejde mellem lærerne og pædagogerne bliver derved centralt, da de på forskellig vis kan understøtte hinanden i forhold til interesser og færdigheder. Dette findes særligt væsentligt i interventionens andet år, hvor klasseteamene arbejder mere opdelt.

5.9.3 KLASSEOPDELT UNDERVISNING

I interventionens andet år valgte A-klassens lærer og pædagog at dele klassen i to hold, hvor de hver især stod for undervisningen. Her underviser pædagogen med udgangspunkt i Ozobot¹², og læreren underviser i micro:bits. Både læreren og pædagogen brugte de digitale artefakter til at understøtte arbejdet i de ordinære matematiktimer, hvor der i denne periode blev arbejdet med regnearten multiplikation. Det at dele klassen op udsprang af at løse problemrummet omkring forberedelsestiden og sikre sig, at man som lærer og pædagog kunne komme omkring alle elever.

Pædagog, A-klassen: Jeg synes, det giver mere ro.

Lærer, A-klassen: Ja, det gør det helt bestemt. Jeg nyder virkelig, når klassen er delt, så man kun har de der 12 stykker, så når man omkring

¹² Ozobot er en lille robot der kører efter streger, alt efter farven på stregen kan man programmerer robotten til at skabe forskellige outputs.

på en anden måde. Det er også, selv om vi er to derinde, og hele klassen er der, så synes jeg alligevel, at der er nogle, vi aldrig kommer over til. Men når der kun er 12, så kan man ikke undgå at komme over og snakke med dem alle. Så jeg synes virkelig, det er godt givet ud. (A-klassen, CL5).

Det at dele klassen oplevede både pædagogen og læreren som værende positivt. Læreren oplevede, at hun havde tid til at komme omkring alle elever; noget, der kunne være svært, hvis hele klassen var samlet. Dette understøttes også i tidligere sessioner, hvor det at nå rundt til alle elever nævnes som en udfordring. Pædagogen så, at hun i samarbejdet med læreren i opdelingen af klassen fik en ny rolle, en rolle, hvor hun selv skulle planlægge undervisningen og lave mål herfor. Dette sammenlignet med ”når man bare kommer ind for at understøtte undervisningen og ikke kender dagsordenen” (Pædagog, B-klassen, opfølgende interview). Pædagogen beskrev også, at der var mere ligeværd i samarbejdet, og at det havde givet hende en indsigt i lærerens kompetencer. Deltagelsen i projektet havde således været en øjenåbner, hvor de begge fik øjnene op for hinandens kompetencer - særligt i arbejdet med de digitale artefakter.

Det har det da helt sikkert, fordi før så var det meget, at jeg stod for undervisningen, og pædagogen var den hjælpende, der lige gik hen og prikkede på skulderen, så de er da blevet en større del af undervisningen og har selv skullet stå for en del. Xx (pædagogen) har også været god til at efterspørge, i hvert fald i matematik, ”Hvad skal vi på fredag?”. Det har hun tit spurgt om på teammøder, og det er jo fedt, at hun engagerer sig. (Lærer, A-klassen, CL7)

I ovenstående eksempel anerkender læreren pædagogens arbejde i relation til interventionen. Der er blandt deltagerne en indbyrdes forståelse for, at arbejdet med CTiMAT er lykkedes, fordi de alle, både lærere og pædagoger, har gjort en indsats og været med til at forme virksomheden. Den udvikling, der skete imellem subjekt, artefakt og objekt, påvirkede deltagernes arbejdsdeling. Dette kan ses som et eksempel

på en løsning på de modsætninger der er opstået undervejs i processens, hvor nye roller opstår i arbejdet med CT. Dette skete i arbejdet med at udvikle designs, der kunne rumme både CT og matematik, hvor deltagerne i fællesskab transformererede deres virksomhedssystem og bearbejdede objektet.

Jeg synes, det er godt, at vi startede ud sammen, så man kunne hjælpe hinanden og du (interventionisten) kom med en masse idéer. Hvor vi startede ud med at gøre dette sammen, så det er godt, vi startede på den måde og byggede videre på de interesser, vi hver især havde fået. (Pædagog, B-klassen, opfølgende interview)

Sammenhængen mellem de enkelte elementer i virksomhedssystemet ses gennem den transformation, det gennemgik under interventionen. Hvor ændringerne i en del af virksomhedssystemet krævede, at det pædagogiske personale måtte forholde sig til og tilpasse det resterende virksomhedssystem. Dette kom også til udtryk hos eleverne, som i dette studie ses som en del af fællesskabet i det pædagogiske personales virksomhedssystem, hvilket udfoldes i nedenstående afsnit.

5.10 DEN INTERAKTIVE ZONE

Dette afsnit viser, hvordan grænsen mellem skole og fritid flyder sammen. Det fremkom, at eleverne blev inddraget i undervisningen, og at de undervejs kunne assistere det pædagogiske personale. Det fremkom ligeledes, at nye elever blomstrede op og deltog med andre forudsætninger i undervisningen. Lund og Hauge (2011) har udfoldet Vygotskys teori om Zonen for nærmeste udvikling (NUZO), hvor de beskriver NUZO som en interaktiv zone, der kan designes (s. 262). Det skal ses, som at det pædagogiske personale kunne designe undervisningen og designe selve læringsindholdet til eleverne. Den interaktive zone opstod, når eleverne i arbejdet med digitale artefakter også inddrog deres erfaringer tilegnet i fritiden. Her opstår der en kollaborativ proces, hvor eleverne både bidrog til undervisningen og læringen.

Dette beskrives af én af matematiklærerne som følgende:

Jeg kan skabe rammerne omkring undervisningen, men nogle gange sker der noget, hvor eleverne er med til at skabe undervisningen. Nogle gange går det i en ny retning. Der er også tidspunkter, hvor jeg ikke kender svaret, og eleverne hjælper hinanden (Lærer, A-klassen, CL-3).

Undervisningen med de digitale artefakter stiller det pædagogiske personale i et dilemma, hvor de på den ene side gerne vil have styr på, hvordan undervisningen skal forløbe, og på den anden side var de nødt til at være åbne over for, at læringsrummet undervejs i undervisningen kan tage nye veje. Det er en ny type undervisning, de skal forholde sig til. Hvor de tidligere har været vant til at kende svaret på en problemstilling eller næste step i undervisningen, er der med brugen af de digitale artefakter åbnet for flere mulige løsninger; også løsninger som det pædagogiske personale ikke nødvendigvis kendte på forhånd. Dette skabte nye handlemuligheder for det pædagogiske personale, der gennem arbejdet med CT fik blik på en anden elevgruppe, der ikke ellers ikke plejede at udtrykke sig i matematikundervisningen.

5.10.1 NYE ELEVER BLOMSTRER

Det pædagogiske personale oplevede, at nogle elever blomstrede i undervisningen med de digitale artefakter, nogle af disse elever havde i forvejen et kendskab til at arbejde med digitale artefakter og kunne derved bruges som assistenter i undervisningen.

... Der er i hvert fald nogle børn, der kommer på banen med det mundtlige, fordi man synes, man snakker med et stykke legetøj, end man gør noget, der er rigtig eller forkert. Så der er nogle børn, der får noget sprog på. (Lærer, C-klassen, CL-2)

Og måske dem, der ikke får sagt noget på klassen højt. (Pædagog, C-klassen, CL-2)

Ifølge det pædagogiske personale oplevedes det, at der var flere elever, der gav input end normalt i undervisningen. Det pædagogiske personale gav udtryk for, at elever, der ikke fandt matematikfaget motiverende, bliver fanget af arbejdet med de digitale artefakter. Nedenstående citat er et eksempel på, hvordan pædagogen kan se en udvikling ved det, hun karakteriserer som værende de stille piger.

Hvis jeg tænker på de lidt mere stille piger, var de i starten mere forsigtige, og det var heller ikke dem, der bød ind før (i den ordinære undervisning), men som vi efterhånden arbejdede med Bee-Bot, synes jeg, at de begyndte at tage teten. Jeg er måske nok lidt miljøskadet som pædagog, men det er jo nok relationen og den måde, de bidrager til gruppen. Jeg tror det hænger sammen med, at hvis man bidrager til gruppen, så bliver man også inddraget og på den måde mere sikker i forhold til det matematiske. (Pædagog, A-klassen, opfølgende interview)

Arbejdet med de digitale artefakter ses af det pædagogiske personale som en måde, hvorpå nye relationer og arbejdsdelinger kan opstå i klasserne. Nedenstående er et uddrag af en samtale mellem pædagogerne fra henholdsvis A- og B-klassen:

Vi ser også nogle børn inde i 2. A, der blomstrer helt vildt op, altså selv om de ikke er så gode til tal eller plus og minus, men når det så kommer til det her, så kan de bare finde nogle løsninger i det. (Pædagog, A-klassen, CL-3)

Jeg tror også, at når de stiller hinanden opgaver og hjælper hinanden med løsninger, det er der, den italesættelse ligger over for hinanden. Det, tror jeg også, er med til at fremme forståelsen for de emner, de arbejder med. (Pædagog, B-klassen, CL-3)

Jeg tror også, fordi de har ting i hånden, og de selv kan bestemme, at hvis jeg gør sådan her, så gør robotten sådan her. Nogle børn lærer

mest ved at have tingene i hånden, og at de kan eksperimentere med det. (Pædagog, A-klassen, CL-3)

Dette understøttes af en undersøgelse lavet af Sung og Black (2021). Her fremkom det, at arbejdet med computationelle perspektiver, herunder arbejdet med digitale artefakter, kunne være med til at gøre tankeprocesserne eksplicite og mere tydelige. Det ses i datamaterialet, at flere elever profiterer af arbejdet med CT og digitale artefakter i matematikundervisningen. Der ses dog også, at der i arbejdet opstår et skel mellem de elever, der kan bruge tid på fordybelse og de elever, der er hurtigere færdige. Dette skaber et dilemma, hvor der skal findes en balance, der tilgodeser dem, der hurtigt havde løst opgaven, og dem der havde brug for tid og fordybelse.

... og det er måske forskelligt, hvor lang tid man skal bruge... hvor nogle godt kunne have siddet i 10 minutter mere, også uden at det blev kedeligt for dem. (Lærer, B-klassen, CL3)

Og så er der dem, der videreudvikler lidt på det. Kan den bakke herhen, kan den tage den længste vej, kan den tage den korteste vej. Det er det med, at de tager ejerskab over det på en anden måde, end de har mulighed for med bøgerne (Pædagog, B-klassen, CL3)

Som interventionen skred frem, arbejdede det pædagogiske personale med mulige løsninger på problematikken om at tilgodese alle elever. Der ses her en ændring fra de første CL-sessioner, hvor elever, der var hurtigt færdige med til at rammesætte, hvornår næste opgave skulle introduceres, til at eleverne aktivt blev brugt i undervisningen, hvor de både oplever at lære noget nyt og dernæst at formidle det til andre elever. Dette kan ses som det, Vygotsky (1978) betegner som gruppen af den *de mere lærde*, hvor det ikke kun er de voksne, der kan lære fra sig, men også andre jævnaldrende.

Jeg har brugt eleverne som medhjælpere på den måde, at når xx havde gennemskuet nogle af tingene, så sætter du dig over og lærer de to

derovre. Så når de to har lært det, så skal de over at vise to andre det.
(Lærer, C-klassen, CL7)

Dette hjalp eleverne i deres internaliseringsproces, hvor sprogliggørelsen var med til at understøtte deres læreproces, hvilket også er belyst i artikel II og III. Arbejdet med at inddrage eleverne i undervisningen, kan ses som en del af udviklingen af det pædagogiske personales agency. I starten af interventionen blev det problematiseret, at det kunne være svært at skabe et læringsrum, der tilgodeså både de elever, der havde brug for tid og de elever, som var hurtigt færdige. Dette kunne til tider godt stille det pædagogiske personale i nogle dilemmaer i forhold til, hvornår en aktivitet skulle afsluttes. Når det pædagogiske personale undervejs har udviklet deres egne kompetencer i forhold til arbejdet med CT, har det givet dem mere overskud til at inddrage eleverne og skabe det interaktive rum, som Lund og Hauge (2011) beskriver som zonen for nærmeste udvikling. Det, at eleverne blev brugt som medhjælpere, var særlig udtalt i C-klassen, hvor det pædagogiske personale i de to andre klasser særligt brugte gruppearbejdet som det, der gav grundlaget for at understøtte de enkelte elever og give mulighed for differentiering. Uddraget herunder giver et indblik i, hvilke overvejelser det pædagogiske personale havde i forhold til gruppesammensætningerne.

Er det så dem, vi tænker, der kan det samme fagligt, fordi det er ikke sikkert, at det er dem, der er gode til at lave plusstykker eller matematikstykker, at det er dem, der er gode til at få robotten til at fungere. (Lærer, C-klassen, CL2)

Eleverne og gruppesammensætningerne fik en betydning. I starten arbejdede det pædagogiske personale med Bee-Bots som digitalt artefakt. Her bestod et classesæt af 12 Bee-Bots, og eleverne blev derefter sammensat i grupper à 2-3 elever. Det pædagogiske personale oplevede dog, at det kunne være svært i en undervisningssituation at nå rundt og hjælpe alle elever i klassen, hvor eleverne arbejder individuelt med de digitale artefakter.

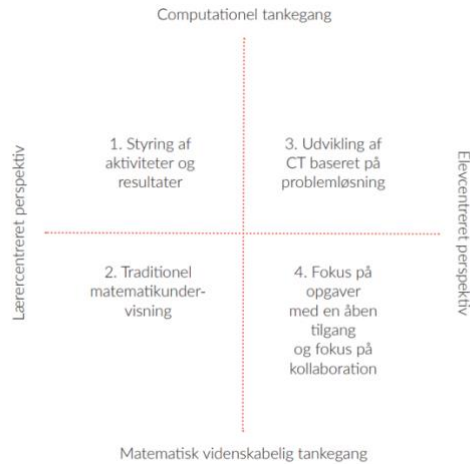
Jeg vil gerne have, at de arbejder sammen to og to. Det har de også gjort, selvom de hver havde en Chromebook, fordi så kan de hjælpe hinanden, og jeg kan nemmere komme rundt til alle. (Lærer, C-klassen, opfølgende interview)

Dette italesættes også under CL3, hvor det pædagogiske personale kunne se fordele ved, at eleverne arbejdede i grupper. Samarbejdet mellem eleverne beskrives som et potentiale i arbejdet med CT, hvor især elevernes sprogliggørelse og meningsdannelse med andre elever fremhæves. Dette ses også i udarbejdelsen af mindmappet billede 3.

5.11 AT SKABE EN TRANSFORMATION

Vygotsky (1997) refererer til det at binde en knude eller en sløjfe på fingeren, som et eksempel på artefakter, der kan hjælpe en med at huske på noget vigtigt, hvor knuden fungerer som dobbelt stimulus. Andre eksempler, såsom at tælle til tre eller materialer som papirer, byggeklodser, kan bruges som dobbelt stimulus. I CL bruges både første og anden stimulus til at udvikle og skabe forandringer, som interventionen skrider frem, dette er illustreret i tabel 4 i afsnit 3.8.1. Ifølge Engeström (2011) skal den anden stimulus, for at være effektiv, konstrueres af deltagerne i interventionen. Den anden stimulus må gerne være initieret af interventionisten, men ejerskabet skal føres videre af deltagerne (Engeström, 2011 s. 621). Dernæst kræver det et artefakt, der kan udfyldes trin-for-trin med betydningsfuld mening og samtidig tage form som en relativ stabil materiel repræsentation samt kan fungere som forankring og som led i den kollektive begrebsdannelse. Ligeledes skal den anden stimulus være konstrueret, så den kan håndtere de udfordringer, der opstår i bearbejdningen af de modsætninger, der manifesteres af den første stimulus (Engeström, 2011).

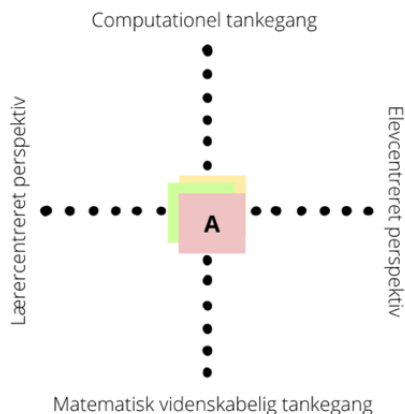
Under den sidste CL-session var det kun lærerne, der deltog. Som dobbelt stimulus viste jeg dem følgende model:



Figur 21. Orkestrering mellem CT og matematik (Kaup & Dau, 2022, s.100).

Modellen er inspireret af Virkkunen og Newnham (2013) og bearbejdet både empirisk og teoretisk i artikel III og V. Modellen i figur 21, kan ses som et eksempel på at illustrere det pædagogiske personales zone for nærmeste udvikling, hvor det at bevæge sig ud i kvadrat 3 kan ses som bevægelsen ud af NUZO. Kvadrat 3 ses som der, hvor det pædagogiske personale har brug for guidning og støtte i tilrettelæggelse af undervisningen. De fire kvadrater kan ses som konflikter mellem motiver, hvor hvert felt har sit eget motiv relateret til undervisningen (Sannino & Engeström, 2017; Augustsson, 2021). Det ses i afsnit 5.8, at læringsaktiviteterne med fokus på CT kunne ses i uoverensstemmelse med undervisningen i matematik, da det pædagogiske personale til tider kunne finde det vanskeligt at integrere de to fagligheder og målrette CT til specifikke faglige emner. De to fagligheder er i modellen repræsenteret på to akser ud fra henholdsvis et lærer- og et elevperspektiv, hvor den traditionelle praksis blev placeret i nederste venstre hjørne og en zone for nærmeste udvikling i retning af læringsaktiviteter, der kan være med til fremme CT i matematik i modellens øverste højre hjørne. Modellen tager udgangspunkt i nogle af de problemrum, der er blevet bearbejdet undervejs i de seks tidligere CL-sessioner. Lærerne fik dernæst udleveret post-its i forskellige farver. Lærerne skulle efterfølgende placere sig et sted i modellen ud fra, at CT skulle være et udgangspunkt i matematikundervisningen. Her skulle

lærerne forholde sig til, ud fra det kendskab de havde fået i arbejdet med CT i matematik, hvor de rent teoretisk ville placere sig. Som det kan ses herunder, placerede de tre lærere sig samme sted i modellen:



Figur 22. Teoretisk placering. Lyserød: lærer A, grøn: lærer B, gul lærer C.

Lærerne fortæller herunder, hvorfor de har placeret sig som de har.

Lærer C: Blanding af alle fire. Det er næsten for radikalt at placere sig i midten.

Lærer. A: Jeg havde faktisk lidt tænkt sådan lige midten, fordi så er vi, skal jo have alle dele med. I hvert fald når det er CT i matematik. Så er det vigtigt, der er matematisk indhold, synes jeg.

Lærer B: Jeg vil mindst være i den traditionelle undervisning

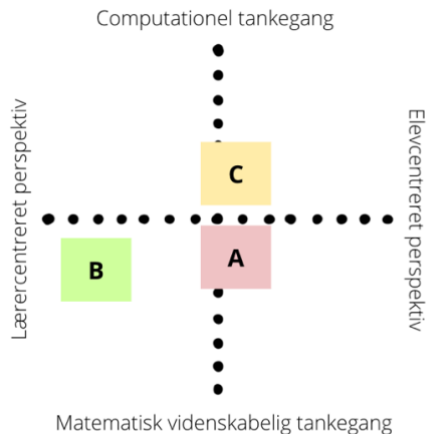
Interventionisten: Så mindst herovre, hvor vil du så være mest?

Lærer B: Spørgsmålet er jo, hvor man gerne vil være, og hvor man realistisk er. (CL7)

Ovenstående uddrag er et eksempel på, at alle fire parametre har betydning for arbejdet med CT i matematik. Dette underbygges af et citat fra læreren i C-klassen:

Jeg vil jo gerne bruge den der teknologi. Jeg vil gerne bruge alle fire af dem, men der skal også være matematisk indhold. Ja, og du har jo også den der lærercentrerede undervisning og elevcentrerede undervisning. Og jeg bruger jo også eleverne til at hjælpe hinanden, men jeg vil da også gerne styre og forklare det, og det er mig, der er leder af klasserummet. (Lærer, C-klassen, CL7)

Lærerne blev dernæst bedt om at placere sig i modellen ud fra en realistisk forståelse af deres egen undervisning, som læreren fra B-klassen også påpegede i ovenstående citat.

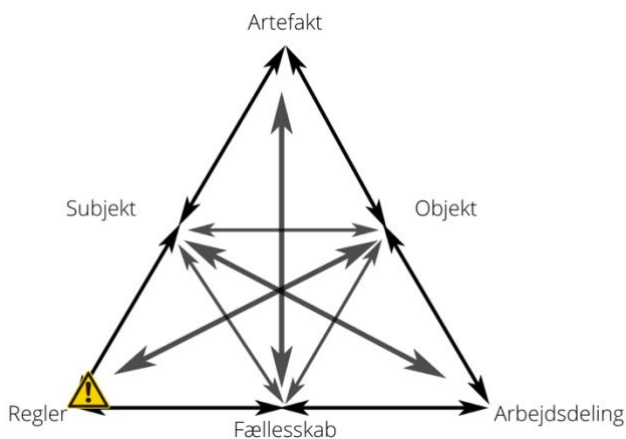


Figur 23. Realistisk placering. Lyserød: lærer A, grøn: lærer B, gul lærer C.

Som det kan ses af placeringerne, vælger alle lærerne at rykke deres post-it i eksemplet, hvor de skal komme med et bud på, hvor de ville placere sig ud fra en analyse af egen undervisning. Læreren fra B-klassen placerer sig selv i kvadrat 2; som det også fremgår af ovenstående citat, ønsker hun at komme væk fra den mere traditionelle undervisning og tilrettelægge undervisningen mere elevcentreret. Læreren fra B-klassen er godt vidende om, at hun finder CT svært, hvilket også afspejles i observationer af undervisningen og tidligere CL-sessioner. Læreren fra A-klassen placerer sig mere over i kvadrat 4.

Jamen, det kunne være fedt at have mange undervisningstimer eller mange matematiktimer, hvor det var mere elevstyret fra deres interesser og måder, de løser opgaver på. At det er den vej, vi går i stedet for, at det er så lærerstyret, som min undervisning i hvert fald er. (Lærer, A-klassen, CL7)

Læreren i A-klassen placerer sig lidt mere over i den elevcentrerede tilgang, men ville ønske at der ville være flere matematiktimer til rådighed, da den elevcentrede undervisning, ifølge hende, kræver mere tid. Tiden til at arbejde og fordybe sig i arbejdet med CT er et af de dilemmaer, der er blevet behandlet gennem de seks tidligere CL-sessioner. Dette kan ses som en modsætning under regler, vist i figur 23. Lærerne står her i en konflikt mellem motiver, hvor de på den ene side kan se, hvad eleverne får ud af at arbejde mere elevcentret med CT og matematik, og på den anden side et krav fra samfundet i forhold til indhold, som eleverne skal opfylde i forbindelse med Fælles Mål og kan ses som en etableret norm (Matematik, Fælles Mål, 2019).



Figur 24. Primær modsætning under regler

Dette kan også ses som det, Engeström (1987) betegner som udvekslings- og brugsværdi. Opfyldelse af Fælles Mål kan ses som en værdi, der senere kan byttes til karakterer, der giver adgang til videreuddannelse. Arbejdet med CT er endnu ikke

etableret som en norm i uddannelsessystemet og kan derfor karakteriseres som en brugsværdi, der kan indgå som en del af elevernes kompetencer senere i livet. Dette stillede det pædagogiske personale i et dilemma, hvor de hele tiden skal opveje deres brug af tid, i henhold til om de når de faglige opstillede mål. Williams (2012) henviser også til glæden ved matematik som en brugsværdi, hvor denne værdi kan komme i konflikt med udvekslingsværdien. Dette ses også i det pædagogiske personales observation af, at CT motiverer eleverne på andre måder end den traditionelle matematik gør, men samtidig er de nødt til at afveje deres tid for at opfylde kravene til det faglige indhold og udvikle deres undervisning, så den også inkluderer CT. Ifølge Williams (2011) kan det være modsætningsfyldt, hvis eleverne skal opleve matematikkens kraft i form af brugsværdien, da dette typisk indebærer matematisk tænkning der ligger udover matematiske færdigheder. Dette koster naturligvis tid og penge, og det indebærer en lang række modsætninger (Williams, 2011, s. 291).

Dette belyses i nedenstående citat:

Det er ikke enten eller osv., fordi jeg vil jo placere mig lige midt imellem, men det er næsten for radikalt, fordi teknologien for mig, hvis den skal bruges, så skal den give mening. Det matematiske indhold, det skal være der, fordi det er jeg blevet sat til at varetage ud fra undervisningsplanerne. Jeg vil gerne bruge eleverne derinde, fordi, som der også er blevet sagt, hvis de underviser hinanden derinde og lærer det der, så lærer de også den mundtlige forståelse, og når de så skal til mundtlig eksamen en skønne dag, så har de ordene, og de kan sætte ord på tingene. Men da det er mig, der er lærer, så er det mig der styrer skidtet. Teknologien skal give mening og kunne understøtte sprogliggørelsen – frem mod eksamen. (Lærer, C-klassen, CL7)

I løbet af arbejdet med modellen (fig. 22) opnåede deltagerne en ny forståelse, og lærerne bearbejdede modellen, så den bliver deres egen. Dette kan ses i figur 25. Processen sker ved, at deltagerne reflekterer over modellen og tildeler den en

betydningsfuld mening, som er relateret til deres virksomhed. Dette understøttes af de to andre lærere, der ser en vekselvirkning mellem de enkelte kvadrater i løbet af en undervisningslektion i arbejdet med CT og matematik.

Og også fordi, når jeg sætter mig der, så er det jo fordi, at jeg gerne vil have dem til at undersøge noget og også gerne have dem til at samarbejde omkring det, men det gør jo ikke, at man kan snyde, for de andre er jo også nødvendige. (Lærer, A-klassen, CL7)

Den første model, vist i figur 21, har ved hjælp af det pædagogiske personale udviklet sig til at være en mere dynamisk model, der kan favne både lærer- og elevperspektivet og relationen mellem CT og matematik. Dette kan illustreres i den model, som deltagerne var med til at videreudvikle. Modellen består af et Venn-diagram, som kan ses i figur 25. Modellen fungerer her som et artefakt og som anden stimulus, hvor deltagerne retroperspektivt ser på deres undervisning i relation til CT og matematik. Venn-diagrammet er en re-modellering af modellen Orkestrering mellem CT og matematik (Kaup & Dau, 2022). Venn-diagrammet viser en større sammenhæng mellem de enkelte dele og de overlap som det pædagogiske personale skitserede.

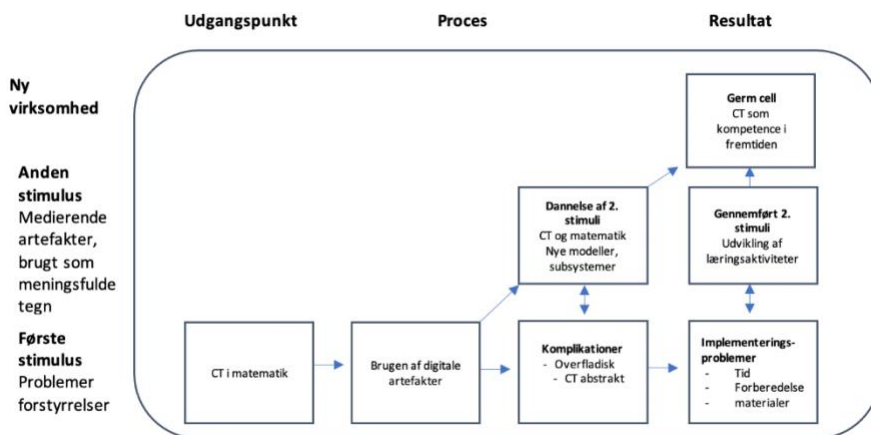


Figur 25. Venn-diagram, Orkestrering mellem CT og matematik

Ved at deltagerne åbent diskuterer og analyserer deres arbejde med CT i matematik, skabes der en kultur, hvor de sammen undersøger og stiller spørgsmål til deres kollektive virksomhed. Placeringerne i figur 23 viser også, at selvom deltagerne ud fra deres erfaringer med digitale artefakter var udvalgt som en homogen gruppe, viser interventionen, at deltagerne udvikler sig heterogent. Interventionen CTiMAT viser, at virksomheden transformeres netop på grund af, at deltagerne udvikler sig forskelligt og kan komplimentere hinandens styrker og svagheder.

5.12 VEJEN MOD ET NYT OBJEKT

Dette afsnit skal ses som en opsamling på kapitel 5, hvor den ovenstående analyse sammenfattes ved hjælp af figur 26.



Figur 26. Den formative interventions lagdelte karakter (inspireret af Engeström, 2011, s. 620)

Diagrammet viser de forskellige lag, som den formative intervention CTiMAT bestod af, og hvordan det pædagogiske personale undervejs i processen transformererede deres virksomhed. Udgangspunktet for interventionen var at undersøge, hvordan CT kunne inddrages i matematik. I interventionens begyndelse bliver det pædagogiske personale opmærksomme på, at de var nødt til at ændre i deres undervisningspraksis ved inddragelsen af CT. Det pædagogiske personale måtte derfor på ny bearbejde objektet

for virksomheden, som tidligere kun indbefattede matematik. I figur 26 er det nederste lag repræsenteret i form af første stimulus, der illustrerer problemrummet, som er bearbejdet undervejs i interventionen. Denne bearbejdning sker ved hjælp af anden stimulus, der kan ses som artefakter, der er med til at belyse problemrummet. I interventionen CTiMAT blev det brugen af digitale artefakter, der blev startpunktet for det pædagogiske personales arbejde med CTiMAT. De digitale artefakter var med til at mediere arbejdet med CT og gav det pædagogiske personale indblik i de komplikationer og problemer, der opstod undervejs i processen.

Det første fokus i arbejdet med CT var brugen af de digitale artefakter i undervisningen, og hvordan det pædagogiske personale selv kunne udvikle deres computationelle forståelse. Det pædagogiske personale blev senere bevidst ift., at arbejdet med de digitale artefakter ikke var nok, de manglede koblingen til det matematikfaglige. Det andet fokus i arbejdet med virksomheden blev derfor på, hvordan CT kunne tænkes ind i den matematikfaglige undervisning. De digitale artefakter fungerede fortsat som medierende artefakter, men koblingen til matematik blev tydeligere. Ligeledes opstod behovet for, at det pædagogiske personale selv udviklede læringsaktiviteter og undervisningsmaterialer, der kunne rumme både CT og matematik.

I denne bearbejdelse af objektet ses tre gennemgående ændringer. Objektet med fokus på det digitale artefakt, objektet med fokus på CT og matematik og objektet, hvor CT ses som en væsentlig kompetence i fremtiden. Objektets udvikling kan ses som virksomhedsbearbejdning fra at gå fra det abstrakte til det konkrete, hvor det pædagogiske personale gennem den ekspansive læreproces bearbejder og udvikler interventionens problemrum og derved skaber virksomheds *germ cell*. Det pædagogiske personales syn på CT flytter sig fra at være bundet i brugen af de digitale artefakter til, at eleverne skal tilegne sig kompetencer og færdigheder for at kunne klare sig på et fremtidigt arbejdsmarked i det 21. århundrede (Voogt et al., 2015; Wing, 2006). Det pædagogiske personale påpegede at det er skolens ansvar at klæde eleverne på til det 21. århundrede. Det pædagogiske personales udvikling af virksomhedssystemets *germ cell*, kan ses som en mulighed for at ekspandere

virksomheden til andre af skolens virksomhedssystemer. Dette blev der skabt en åbning for under den 6. CL-session, hvor skolens årgangsteam i dansk deltog i CL-sessionen. Skolens ledelse ønskede ligeledes at skabe en kultur omkring arbejdet med CT, hvor CT blandt andet er fremhævet som en af skolens mærkesager i skolens stillingsopslag for skoleåret 2021/2022. Ifølge Day (2017) er dette væsentlige tiltag, hvis CT skal forblive en del af skolens fortsatte virksomhed og blive en del af skolekulturen. Day (2017) fremhæver arbejdet med vidensdeling blandt det pædagogiske personale som en væsentlig faktor for vedvarende forandringer.

5.13 PÅ TVÆRS AF SKOLER

De andre skoler, der var med i interventionens første år, arbejdede også med forholdet mellem CT og matematik. Særligt vægtningen mellem matematik og CT var svær at finde, da der på forhånd er givet en vægtning af matematikken i form af et pensum, der skal opnås. Læreren fra skole 1 antyder, at hun var mest tilbøjelig til at gå tilbage til det, hun kendte: ”Altså, når jeg siger jeg går tilbage til det sikre, så er det også det jeg ved de skal igennem” (Lærer, skole 1, CL-3). Dette kan ses som et dilemma mellem udvekslings- og brugsværdi, jf. Engeström (2016), hvor pensummet vægtes fremfor CT. På skole 4 gav læreren for A og C klassen ligeledes udtryk for, at han gerne ville følge lærebogssystemet, fordi så var han sikker på at komme omkring det faglige indhold. Der ses derfor et behov for, på tværs af datasættet, at CT inddrages for at understøtte den fagfaglige undervisning. Dette prægede særligt interventionens første år, hvor det pædagogiske personale prøvede at finde balancen mellem CT og matematik. Læreren fra skole 1 fandt det også svært at finde tid til CT i undervisningen, for det første fordi hendes faglighed blev udfordret i forhold til manglende kendskab til CT og digitale artefakter, og for det andet fordi rammerne for matematikundervisningen i forhold til undervisningstiden gjorde det svært at sprænge rammerne og træde for meget ved siden af det ordinære pensum.

Læreren fra skole 1 fremhævede, at hun manglede kollegial sparring, da det kun var de første par gange, at pædagogen var med i CL-sessionerne og i de lektioner, hvor de arbejdede med CT. ”De (de andre skoler) holder hinanden mere til ilden. Jeg falder

nemt tilbage i det, som jeg ved fungerer” (Lærer, skole 1, CL-3). Læreren giver hermed udtryk for, at hun savnede det kollektive, men også at det kollektive kunne være med til at fastholde, at man ikke faldt tilbage i gamle undervisningsmønstre, når man forsøgte at skabe ændringer. Læreren fra skole 1 gav også udtryk for, at hun har brugte CL-sessionerne som sparring, da hun på skolen ikke havde et fagteam. Derved fungerede CL-sessionerne for hende som en måde at få sparring på og hjælp til at udvikle sin undervisningspraksis.

Arbejdet på de tre andre skoler indbefattede også digitale artefakter, særligt robotten Bee-Bot blev brugt i interventions første år. Ligesom på skole 3 fremhævede de andre skoler også forberedelsestiden som en faktor, der havde betydning, når de skulle planlægge og designe undervisningsmaterialer, da det krævede ekstra forberedelsestid. De digitale artefakter og det at designe undervisningsmaterialerne fungerede også på disse skoler som hjælpende artefakt i arbejdet med at inddrage CT i matematik. Indholdet på de andre skolars CL-sessioner var derfor i relation til skole 3 at få hjælp til at skabe en struktur og skabe idéer til at inddrage CT samt at få hjælp til at skabe en kobling mellem CT og matematik. De andre deltagende skolars arbejde med at inddrage CT i matematik kan således relateres til skole 3's bearbejdelse af de to første objekter.

KAPITEL 6 DISKUSSION OG BIDRAG

Dette studie har undersøgt, hvordan det pædagogiske personale har arbejdet med at inddrage CT i matematikundervisningen. Formålet har været at undersøge personalets handlinger, og hvordan de kollektivt har skabt ændringer i deres virksomhed, hvor der metodisk er arbejdet med *Change Laboratory*. I dette afsnit vil jeg diskutere studiets bidrag såvel som dets begrænsninger. Diskussionen tager udgangspunkt i et perspektiv, hvor computationel tankegang metodisk inddrages i undervisningen, og hvor det pædagogiske personale selv er med i processen, hvilket vil blive diskuteret nærmere i nedenstående afsnit. Afsnittet diskuterer ligeledes, hvordan et fokus på det pædagogiske personales agency kan være med til at skabe vedvarende forandringer ude på skolerne. Diskussionen kalder ligeledes på, om den traditionelle didaktiske transposition og vidensomsætning, der er i relation til skolen som virksomhed, er dækkende i det 21. århundrede.

6.1 ET ANDET BLIK PÅ UDDANNELSESFORSKNING

Nutidens læringsudfordringer består, typisk ikke af indlysende eller velkendte løsninger. Dette kræver en pædagogik, der gør det muligt for deltagerne at få øjnene op for og identificere de problemer, der opstår, når nye tiltag inddrages i skolens virksomhed. Teorien om dobbelt stimulation hjælper her deltagerne med at håndtere problemrummet og udvide deres handlingsmuligheder (Engeström et al., 2020). I arbejdet med at inddrage CT i matematikundervisningen peges der på i artikel VI, at det findes vanskeligt at inddrage CT. Der peges derfor på et behov for at ændre i måden, hvorpå CT inddrages i undervisningen.

Det ses, at mange lande har arbejdet med at implementere CT i deres curriculum, men som det fremhæves i både mit første (artikel I) og andet litteraturstudie (artikel VI) lykkes det sjældent til fulde at implementere CT, hvilket blandet andet underbygges af Benton et al., (2017), selvom de ikke har bidraget med en vinkel på det pædagogiske personales agency. Det manglende kendskab skyldes blandt andet, at undervisere ofte kun har en begrænset viden og mangler de nødvendige kompetencer i arbejdet

med CT, programmering og digitale artefakter (The Royal Society, 2017; Curran et al., 2019). Dette skyldes i særdeleshed, at arbejdet med CT ikke har været en del af deres uddannelse, og at kompetenceudviklingen på området er sparsom (Bocconi et al., 2016), men også at tiltagene ofte implementeres ovenfra uden kendskab til de faser og processer, der er involveret i det pædagogiske personales tilegnelse og indarbejdelse af nye undervisningstiltag (The Royal Society, 2017; Curran et al., 2019).

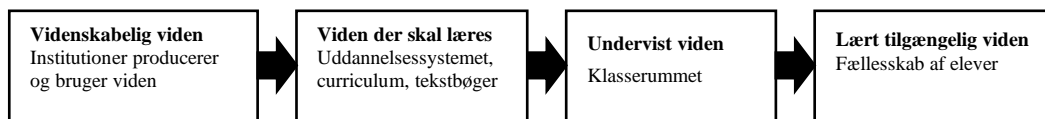
Dette studie skriver sig ind i en debat om, hvordan nye tiltag som fx digitale artefakter kan inddrages i undervisningen (fx Curran et al., 2019; Bocconi et al., 2016). I et nyligt afsluttet forsøg med teknologiforståelse i folkeskolen viser rapporten (Børne- og Undervisningsministeriet, 2021), at det pædagogiske personale i varieret grad ikke føler sig klædt på til at varetage undervisningen i teknologiforståelse. Det pædagogiske personale efterspørger kompetenceudvikling der er relateret til egen undervisning, hvis kvaliteten med inddragelse af digitale artefakter skal være på niveau med skolens resterende undervisning (Børne- og Undervisningsministeriet, 2021). Et andet nyligt afsluttet forsøg med valgfaget teknologiforståelse i folkeskolens ældste klasser peger ligeledes på, at lærernes eksisterende didaktiske kompetencer ikke favnede kompetenceområderne for forsøgsfaget. Resultaterne herfra viser, at underviserne var udfordrede på den nye undervisningsrolle, hvor problemorienteret undervisning var omdrejningspunktet, da de ofte skulle udvikle dette sammen med eleverne (Wagner, 2021). Det var det samme problemrum, det pædagogiske personale i interventionen CTiMAT bearbejdede, og som belyses i afsnit 5.10, hvor studiet her har vist, at det pædagogiske personale kollektivt kan hjælpe hinanden med at håndtere disse udfordringer. Studiet giver et indblik i, hvilke processer og faser der opstår, når pædagogisk personale kollektivt arbejder med at inddrage CT i deres virksomhed. Studiet bidrager derfor ikke med, hvordan CT skal inddrages, men giver et indblik i hvilke faser og processer der er vigtige at medtage i senere implementeringsprocesser. Dette studie har således bidraget og derved også haft til hensigt at undersøge en anden tilgang til uddannelsesforskning, hvilket udfoldes i næste afsnit.

6.2 DOBBELT STIMULATION UNDERSTØTTER EKSPANSIV LÆRING OG PÅ SIGT TRANSFORMATIV AGENCY

Nærværende studies bidrag til forskningslitteraturen er relateret til det pædagogiske personales transformativ agency i arbejdet med CT i matematik. Studiet viser, at kollektiv handlekraft til at inddrage CT i matematik kan udvikles igennem et fokus der understøtter kollektive læringshandlinger. Disse læringshandlinger kan ved hjælp af TADS (Sannino, 2015a) være med til at understøtte den ekspansive læreproces (Engeström, 2016). Der er i dette studie afdækket en sammenhæng mellem dobbelt stimulation og den ekspansive læreproces, men det ses som en udfordring at integrere det i en sammenhængende model, der kan understøtte et formativt interventionsdesign (Engeström et al., 2020). Flere undersøgelser har fokuseret på dobbelt stimulation og transformativ agency (fx Sannino et al., 2016; Engeström et al., 2014), men et fokus på, hvilke specifikke faser af dobbeltstimulationsmetoden medierer og potentielt udløser ekspansiv læring, er mindre undersøgt (Engeström et al., 2020). Morsellis undersøgelse fra 2019 er en undtagelse, da han forbinder ekspansive læringshandlinger i CL-sessionen med de fire faser i Apparatus 1 i TADS. Alligevel ser forfatteren ikke på sammenhængen mellem dobbelt stimulation og hvilken præcis læringshandling, der blev udløst hvornår. Mit studie bidrager således til at give en metodisk indsigt i, hvilke ekspansive læringshandlinger, der kan understøttes af dobbelt stimulation og på sigt være med til at skabe transformativ agency. Dette er i tråd med, hvad tidligere forskning har foreslået, nemlig at den bedste måde at arbejde med CT i undervisningen er at skabe en kobling til det, der allerede arbejdes med (Yadav et al., 2018). Igennem fokusset på det pædagogiske personales transformativ agency, ses der ikke direkte på, hvordan CT kan bidrage til elevernes matematiske forståelse, der ses således en begrænsning i studiet relateret til elevernes læring og deres forståelse i arbejdet med CT. I det følgende afsnit vil jeg undersøge, hvordan viden bliver tilgængelig for skoler, med særligt fokus på digitale artefakter og CT.

6.3 DEN DIDAKTISKE TRANSPOSITION

Tidligere forskning har vist, at programmering og CT i konteksten af matematik i de yngste klasser ikke nødvendigvis forbedrer matematisk læring (Benton et al., 2017). I et studie af Kilhamn et al. (2022) konkluderes det, at en af årsagerne til de manglende matematiske læringsmuligheder kan være, at lærerne ikke henviser til et matematisk orienteret logos i begrundelsen af deres didaktiske valg, da en eksplicit fokusering på programmeringsbegreber og procedurer forudsætter et computerinformeret logos. Logos beskrives af Chevallard og Bosch (2020) som den viden, der ligger til grund for at indføre og anvende opgaver og teknikker i undervisningen. Kilhamn et al.'s (2022) studie viser, at hvis der sker et skifte i fokus, hvor det matematiske logos kommer i forgrunden, og CT gøres til underordnede læringsmål, åbnes der for nye muligheder, hvor fx programmeringsmiljøer kan fungere som måder, hvorpå eleverne kan udtrykke og udforske matematikken. Dette åbner for en større kobling mellem matematik og CT som fagområder. Dette kan sammenlignes med det skifte, der sker i forhold til objektorienteringen jf. afsnit 5.12, hvor det pædagogiske personale henviser til et behov for, at matematikken træder i forgrunden, og CT og de digitale artefakter bruges til at understøtte den matematiske faglighed. Der peges dog på i artikel VI, at det er svært for det pædagogiske personale at skabe en kobling mellem CT og matematik. Dette til trods for, at der ses en teoretisk kobling mellem CT og matematik. Dette kan ses i relation til den didaktiske transposition vist i figur 27 (Bosch & Gascón, 2006).



Figur 27. Den Didaktiske Transposition oversat efter Bosch & Gascón, 2006, s. 56

Den didaktiske transposition henviser til, at det, der undervises i skolen, har sin oprindelse i andre institutioner, og at denne viden er skabt i andre konkrete kontekster. Hvad angår CT, stammer den videnskabelige viden fra computer science (Wing, 2006). Denne viden har sin oprindelse på universiteter og andre videnskabelige

institutioner. Derefter sker der en dekonstruktion for at finde den viden, der skal læres og omsættes til indhold i undervisningen, hvilket i folkeskolen kan ses som Fælles Mål (Matematik, Fælles Mål, 2019). Dernæst ses der på, hvordan lærerne omsætter denne viden i undervisningen, for til sidst at vurdere elevernes læring. Det kræver således en didaktisk omsætning, hvor denne viden dekonstrueres og rekonstrueres med henblik på at gøre den undervisningseget. Interventionen CTiMAT placerer sig hovedsageligt i felterne *viden, der skal læres* og *undervist viden* i figur 27. Dette skyldes, at ved studiets begyndelse i 2019, var det begrænset, hvad der var til rådighed af undervisningsmaterialer relateret til CT og matematik i indskolingen. Det pædagogiske personale udviklede derfor selv deres undervisningsmaterialer ud fra et relativt lille kendskab til den videnskabelige viden (logos), der er relateret til CT. Denne manglede viden kan også ses som et udtryk for, hvorfor de digitale artefakter kom til at fungere som medierende artefakter i arbejdet med CT, hvor det pædagogiske personale brugte de digitale artefakter til at hjælpe dem i deres egen internaliseringsproces. Det ses dog i dette studie jf. afsnit 5.8, at brugen af de digitale artefakter ikke i sig selv skabte matematisk læring, da artefakterne trækker på et mere computationelt logos, hvilket er i tråd med Kilhamn et al., (2022). Designet af de brugte undervisningsmaterialer blev derfor centralt i arbejdet med CT i matematik, hvilket påpeges i afsnit 5.5 og i artikel III. Interventionen CTiMAT giver derved et særligt indblik i, hvordan det pædagogiske personale gennem arbejdet med CT i matematikundervisningen udviklede deres handlemuligheder og bearbejdede de udfordringer, der opstod. Den formative intervention ser ligeledes ud til understøtte det pædagogiske personales ekspansive læreproces, der hjælper dem med at udvikle og forstå deres undervisningspraksis. Normalt følger vidensomsætningen i folkeskolen pilene fra venstre mod højre i figur 27 (Bosch & Gascón, 2006), men da CT stadig er i sin vorden, ses vidensomsætningen i interventionen CTiMAT at starte i praksis, hvor det er det pædagogiske personale, der arbejdede med at forstå og omsætte CT ind i matematikundervisningen.

Der har de seneste år været en debat indenfor uddannelsessektoren, der har drejet sig om, i hvilket omfang det pædagogiske personale kan opnå agency i forhold til det

curriculum, de arbejder med (Biesta et al., 2015). Hvor der på den ene side har været fokus på top-down styring enten i form af foreskrevet indhold og undervisningsmaterialer eller styring igennem resultater såsom slutmål for elevernes læring. Der ses dog en begyndende tendens til at se det pædagogiske personale som 'agents of change' (Priestley et al., 2013, s. 187), der giver dem eksplicit mulighed for i høj grad selv at handle inden for skolens kontekst, hvilket er med til at øge det pædagogiske personales professionalisme. Særligt ses det fordelagtigt, når det pædagogiske personale sammen er med til at skabe ændringer, hvor det ikke kun overlades til den enkelte (Priestley et al., 2013). Dette studie adskiller sig således fra andre studier (fx Kilhamn et al., 2022; Tamborg et al., 2022), ved at tage et epistemologisk afsæt i deltagernes udvikling af viden og tage afsæt i deres virksomhed. Ved at det pædagogiske personale er med til at udvikle deres egen virksomhed i arbejdet med CT, ses det, at der skabes transformativ agency, der måske på sigt kan skabe vedvarende ændringer i arbejdet med at inddrage CT i matematikundervisningen. I arbejdet med at transformere virksomheden fremkom der også modsætninger, der kunne relateres til udvekslings- og brugsværdi. Dette er relevant i en undervisningssammenhæng, hvor det pædagogiske personale skaber ændringer i deres virksomhed. Derfor vil dette blive yderligere diskuteret i næste afsnit.

6.4 UDVEKSLING- OG BRUGSVÆRDI

I afsnit 5.11 var det muligt at identificere modsætninger, der var relateret til udvekslings- og brugsværdi. Ifølge Labaree (2004) kan uddannelse give eleverne en udvekslingsværdi i form af legitimation af karakterer, som derefter kan byttes til noget værdifuldt for eleverne fx et job eller videreuddannelse. På den anden side kan skolen give eleverne en brugsværdi ved at give dem færdigheder og en akkumulering af viden, som kan vise sig at være nyttig senere i livet. Dette understøttes af Williams (2012), der påpeger, at matematikkarakterer kan ses som et middel til at få adgang til videreuddannelse versus brugsværdien af matematik, der kan ses som en kompetence og forståelse, der kræves for at bruge og anvende matematik i praksis. Det fremgår i afsnit 5.11, at det pædagogiske personale oplevede at stå i spændingsfeltet mellem

udvekslings- og brugsværdi i arbejdet med CT. Hvor udvekslingsværdien i form af matematikfagligt indhold blev vægtet af tidsmæssige årsager og for at sikre en opnåelse af de faglige mål relateret til 3. klasse. Dette til trods for at det pædagogiske personale så en glæde og en motivation hos en gruppe af elever, der normalt ikke udtrykte sig i matematikundervisningen. Mellemlederen, der blev interviewet i det opfølgende interview, ville gerne gøre op med det etablerede system og gøre undervisningen mere fri og derved skabe et større fokus på brugsværdien, som det fremgår af citatet nedenfor:

Så er det, jeg tænker, man skal egentligt arbejde på at klæde lærerne og pædagogerne på til at sige ”Okay, vi kan godt slippe det lidt fri”. For selv om vi gør noget anderledes, så kan vi faktisk godt nå det, vi skal. (Mellemleder, opfølgende interview)

Mellemlederen gav her udtryk for, at han understøttede det pædagogiske personales proces i arbejdet med CT, og at det var hans ansvar som leder at understøtte samt skabe rum til at arbejde med CT i undervisningen.

Hvis vi ser på Engeströms (2016), trekant figur 4, skaber dette studie en viden, der kan relateres til produktionsdelen særligt målrettet brugen af artefakter som medierende for at arbejde med virksomhedsobjektet. Den viden, der er produceret i dette studie, er skabt i samarbejde med deltagerne og har gjort det muligt at skabe et refleksionsrum mellem teori og praksis. I transformationen af objektet har det pædagogiske personales syn ændret sig fra at have et fokus på udvekslingsværdien til nu også at inkludere brugsværdien i form af computationelle kompetencer som en væsentlig færdighed for at kunne klare sig i fremtiden. Brugsværdien kan være svær at måle her og nu, men kan komme eleverne til gode senere i deres arbejdsliv. Der ses et øget behov for, at der i fremtiden kommer fokus på arbejdet med disse kompetencer. I et studie lavet af Møller et al. (2022) undersøges studerendes kompetencer i relation til CT på en humanistisk IT-uddannelse på universitet. Her ser de studerende et behov for at tilegne sig CT-kompetencer, hvis de skal kunne begå sig på fremtidens arbejdsmarked. De studerende ser her CT som et perspektiv, der kan være med til

bygge bro mellem computer science og den mere humanistiske del af arbejdet med CT.

6.5 STUDIETS BEGRÆSNING

Deltagernes virksomhedssystem, der er analyseret som et led i interventionen CTiMAT, var ikke et virksomhedssystem i krise, hvilket ellers kendetegner arbejdet med CL-metodologien (Engeström, 2016). Interventionen CTiMAT skal derfor snarere ses som en ny tilgang til at designe og undersøge, hvordan CT kan inddrages i matematikundervisningen. Trods det at udgangspunktet for interventionen ikke var konfliktfyldt, er der undervejs opstået modsætninger, som det pædagogiske personale har måttet forholde sig til i arbejdet med at transformere virksomheden. Rammen for CHAT har således gjort det muligt at få øje på, hvordan problemer om fx forberedelsestid har kunnet bearbejdes og håndteres indenfor virksomheden. Da deltagerne til tider var usikre på, hvordan de håndterede CT i undervisningen, har der også været et behov for at inddrage første stimulus, der ikke kun havde fokus på problemrummet, men også belyste og fremhævede, når det pædagogiske personale arbejdede computationelt i deres pædagogiske aktiviteter. Heri ligger der en forskel ved at inddrage et CL i et ikke-konfliktfyldt udgangspunkt, da eksempler på, hvornår det lykkes at inddrage CT i matematikundervisningen også kan være med til at drive transformationen af virksomheden videre.

I forbindelse med afholdelsen af CL-sessionerne var det kun mig som interventionist, der afholdt sessionerne, hvor der normalt er flere personer med forskellige roller til stede under CL-sessionerne. Der har således været en risiko for, at jeg ikke har registreret alt under sessionerne. For at begrænse dette blev der forsøgt at optage og registrere deltagernes handlinger og adfærd under sessionerne ved hjælp af et videokamera. Der var også en diktafon, der optog lyden i et forsøg på at dække interaktionerne. Der var dog her en teknisk begrænsning i forhold til, hvis det pædagogiske personale arbejdede med mindre teamopgaver, og de på den måde talte på samme tid i de enkelte teams, hvilket vanskeliggjorde at transskribere lydindholdet heraf. Det er også her væsentligt at påpege at det er et øjebliksbillede og det vil aldrig

være muligt at fange det fulde virkelige billede af det fænomen der observeres. Da kvalitative metoder ikke kan indfange alle aspekter af menneskelig interaktion, uanset om den finder sted i naturlige omgivelser eller i et laboratorium. Det, der bliver til "data", er manifestationer fra erfaringer med naturlige interaktioner i verden (Yamagata-Lynch et al., 2016). Silverman (2010) argumenterer for, at kvalitative studier til tider undlader en kontekstuel sensitivitet og fokuserer mere på meninger og oplevelser; det har derfor været væsentligt at inddrage deltagerne i selve analysefasen under CL-sessionerne. Disse fortolkninger er efterfølgende delt med deltagerne både under efterfølgende CL-sessioner og opfølgende interviews for at sikre studiets troværdighed.

Interventionen CTiMAT blev i det andet år gennemført med en reduceret gruppe af det pædagogiske personale, hvilket kan ses som en begrænsning i forhold til at generalisere fundene fra studiet. Trods det begrænsede empiriske materiale giver det alligevel et indblik i en kollektiv virksomhed, hvor det pædagogiske personale står overfor at integrere digitale artefakter i undervisningen. Konklusion i denne afhandling taler således ud fra et begrænset antal informanter, men giver et dybdegående indblik i, hvordan deltagerne gradvist arbejder med at integrere digitale artefakter i undervisning, samt hvilke udfordringer og dilemmaer de bearbejder undervejs i interventionen. Disse konklusioner kan derved være med til at give indsigt i, hvilke overvejelser man i lignende situationer er nødt til at forholde sig til i arbejdet med at integrere digitale artefakter i en undervisningskontekst. Dog fastslår Labaree (2004), at uddannelsesforskning, både rettet mod kvalitative og kvantitative metoder, ikke bør betragtes som generaliserbar, da mange kontekstuelle variabler kan være med til at forme resultaterne. I tilfældet med CT kan det være de digitale artefakter, skolen har råderet over eller mangel på samme, der kan have haft indflydelse på resultatet. I relation til CHAT ligger problemet også i, at den viden, der udvikles, er kontekstbunden i relation til, hvilke motiver og mål virksomheden er drevet af. Der kan derved stilles spørgsmål ved, hvor generel denne viden er, når den fx er bundet til en organisation eller en gruppe. Dog er der i denne afhandling blevet arbejdet med at gå i dybden med, hvordan CT kan inddrages inden for en bestemt kontekst, hvor der

er udviklet abstrakte teoretiske funderede modeller, der har fungeret som forståelse for denne virksomhed og specifikke kontekst. Disse teorier og modeller kan anses som kontekstbundne, da de bygger på en undersøgelse af en bestemt virksomhed. De kan dog også anses i en mere generel forstand, da de bygger på den generelle teori om CHAT, hvor man i arbejdet fra det abstrakte til det konkrete kan se viden som frigjort fra mere case-specifikke detaljer, hvoraf det vil være muligt at kontekstualisere dem i forhold til en ny virksomhed inden for samme problemfelt (Sannino, 2015a).

I det andet år af interventionen blev antallet af deltagere reduceret til 6 personer. Dette gjorde det muligt at opbygge en stærkere relation til deltagerne og komme tættere på deres designproces. På denne måde var det muligt at følge ændringerne i deres praksis og inddragelse af CT, hvilket gjorde processen mere synlig og håndgribelig. Selvom jeg havde mulighed for at samle meget data, kan der være historier, der ikke er blevet fortalt. Jeg har forsøgt at minimere dette ved at have flere stemmer med i interventionen såsom både lærere og pædagoger. Mit fokus var ikke at se på hver enkelt, men at se deltagerne som en kollektiv enhed. Tidsperspektivet har i dette studie haft en betydning, da der har været flere og længere perioder med skolenedlukninger med baggrund i Covid-19. Dette har haft metodiske begrænsninger, da det har været svært at fastholde deltagerne opmærksomhed i arbejdet med at integrere CT. Dette har medført en oplevelse af, at de er startet forfra, hver gang der har været en længere pause mellem sessionerne. Derved har indholdet i de enkelte CL-sessioner haft et mere tilbageskuende blik, målrettet tidligere handlinger i arbejdet med at integrere CT og digitale artefakter, for at kunne rette blikket mod det fremtidige perspektiv for virksomheden. Der har i de mellemliggende perioder med nedlukning ikke havde været nogle prøveafhandlinger i arbejdet med at transformere virksomheden. Det har således været min rolle som interventionist at sikre, at deltagerne var i deres NUZO, og hjælpe dem med at få øje på, hvad de har arbejdet med, og hvordan de kommer videre i deres transformation af virksomheden. Analytisk har det dog haft den fordel, at jeg har kunnet arbejde i dybden med det empiriske materiale, der var til rådighed og derved kunne komme tættere på deltagerne proces og har kunnet diskutere mine fortolkninger med deltagerne, både under de enkelte CL-sessioner og de efterfølgende

interviews. Det har blandet andet resulteret i udarbejdelse af artikel II, III og IV med baggrund i det empiriske materiale. Hvor disse analyser ofte i et CL ligger efter færdiggørelsen af interventionen og derved også er længere væk fra deltageres erindring.

6.6 REFLEKSIONER OVER FORSKNINGSPROCESSEN

Når dobbelt stimulering anvendes i et kollektivt arbejdsfællesskab, bliver processen mere kompliceret, da der er flere individer at forholde sig til (Virkkunen, 2006). Selvom deltagerne i et CL forstår og har accepteret idéen om at analysere og udvikle deres virksomhedssystem, betyder det ikke, at de er interesserede og personligt motiverede for det. Dette dilemma er skitseret af Leont'ev (1978), der lavede en skildring mellem intellektuelt at forstå motivet og det effektive motiv.

We can understand and accept the motivation for an activity and the idea of what we should do without this understanding becoming an effective motive that directs our choices and actions. An effective motive is one that directs the attention and pushes one into a certain kind of action. (Virkkunen, 2006 s. 52)

Første step i et CL er derfor at få transformeret den intellektuelle forstående motivation for udvikling af virksomhedssystemet til et effektivt motiv, hvor deltagerne udviser interesse og involvering for den lærende virksomhed. Udfordringen her er at få skabt det effektive motiv, der giver mulighed for at analysere det kollektive problemrum for de daglige handlinger fremfor at gå direkte til løsningen af individuelle problemer. Interventionisten har her en væsentlig rolle i arbejdet med at få skabt det effektive motiv og sikre, at fokus er på objektet for virksomheden. I dette studie ses disse motiver igennem studiet i skiftende form, og hvor kollektivet er med til det drive det effektive motiv frem. Dette ses tydeligt i B-klassen, hvor læreren er noget tilbageholden i henhold til at inddrage digitale artefakter i undervisningen, da hun er usikker herpå. Her tager pædagogen over og er den, der bliver ledende i arbejdet med at drive transformationen for klasseteamet. Det er blandt andet også

noget af det, der har overrasket mig mest i dette studie: hvordan deltagerne går ind og supplerer hinanden kollektivt i arbejdet imod objektet. Selv om det første udtryk for transformativ agency er initieret af et individ, er dets overlevelse og udvidelse afhængig af samarbejde og kollektiv agency (Virkkunen, 2006). I arbejdet med at sikre det effektive motiv har jeg som interventionist måttet forholde mig til deltagernes udgangspunkter, både de individuelle og de kollektive, i arbejdet med at transformere virksomheden. Dette kommer i særdeleshed til udtryk i figur 26, der viser den formative interventions lagdelte karakter. Denne model viser objektets ekspanderer undervejs i interventionen. I starten af interventionen var mit udgangspunkt at arbejde med CT som en tankeproces og derved en mere abstrakt tanke om at integrere CT i en undervisningskontekst. Dette er også illustreret som den kvartære modsætning, hvor den dog her er udfoldet i afsnit 5.5.1 imellem CFU's og det pædagogiske personales arbejde med objektet. Her var jeg nødt til at ændre mit fokus for at kunne understøtte det pædagogiske personales NUZO og det udgangspunkt, de kom med i begyndelsen af læreprocessen. Dette er et eksempel på, at læreprocessen hos deltagerne er understøttet, faciliteret og fastholdt af interventionisten, men baseret på deltagerens optagethed og det problemfelt, de arbejder med (Long, 2008). Dette rejser også spørgsmålet om de interaktioner, der finder sted omkring brugen af dobbelt stimulation, både mellem interventionisten og deltagerne og mellem deltagerne (Sannino, 2015b). Dette studie har også fokuseret på deltagerens NUZO i forhold til, hvad der ligger uden for deres nuværende kapacitet. Dette fokus har gjort det muligt at identificere de nødvendige medierende artefakter, som har hjulpet det pædagogiske personale med at forstå det problemfelt, de arbejder med, og sikre, at de kom ind i deres NUZO. Brugen af dobbelt stimulation kan således være med til at sikre varig læring og transformation af virksomheden (Hopwood, 2015). Inddragelse af dobbelt stimulation skal derved hele tiden holdes op imod deltagernes transformation og deres ekspansive læreproces, så faciliteringen på et tidspunkt gradvist kan trækkes tilbage, og deltagernes handlinger bliver en del af den nye virksomhed. CL-interventioner skal derved søge at analysere effektive interaktionsmønstre, der understøttes af dobbelt stimulation med henblik på frivillig handling og transformativ agency (Sannino, 2015b). Den formative interventionen

CTiMAT har vist, at dobbelt stimulering kan være en effektiv metode til at understøtte det pædagogiske personale i deres transformation af deres virksomhed. Det er imidlertid væsentligt, at den intellektuelle forståelse af motivet og ideen bag en transformation ikke altid er nok til at skabe det effektive motiv, som er nødvendigt for at skabe reel handling og interesse for processen. Interventionisten spiller en vigtig rolle i at hjælpe deltagerne med at omdanne den intellektuelle forståelse til et effektivt motiv, og det kræver en forståelse af både de individuelle og kollektive udgangspunkter.

Det har også vist sig, at det er betydningsfuldt at have fokus på deltageres NUZO for at kunne identificere de nødvendige medierende artefakter, der kan hjælpe det pædagogiske personale med at transformere deres virksomhed. Studiet har ligeledes fremhævet betydningen af interaktionerne mellem interventionisten og deltagerne, såvel som deltagerne imellem, for at skabe agency, der kan føre til en succesfuld transformation.

KAPITEL 7 KONKLUSION OG FREMTIDIGE TILTAG

Dette kapitel vil samle op på de fund, der er fremkommet under tilvejebringelsen af dette studie. Studiet bidrager til et perspektiv på, hvordan inddragelse af computationel tankegang (CT) i matematikundervisningen kan håndteres ved at inddrage det pædagogiske personale og lade dem være med til at transformere objektet for deres egen virksomhed. Dette bidrag er funderet i Cultural-Historical Activity Theory (CHAT), og det undersøges, hvordan det pædagogiske personale igennem den formative interventionens form Change Laboratory (CL) kan være med til at transformere deres egne handlinger. Det undersøges, hvilke dilemmaer, modsætninger og problemer, der kan opstå ved at inddrage computationel tankegang i matematikundervisningen. Følgende overordnede forskningsspørgsmål er undersøgt:

Hvad viser sig i det pædagogiske personales virksomhed i arbejdet med computationel tankegang i matematik, og hvordan afspejles det i det pædagogiske personales transformative agency under forandringsprocessen?

Hvilke begrænsninger og potentialer opstår i arbejdet med computationel tankegang, når det pædagogiske personale kollektivt skaber forandringer?

7.1 PÅ VEJ MOD NYE ÆNDRINGER

Det kulturhistoriske perspektiv har givet mulighed for at undersøge det pædagogiske personales virksomhed i arbejdet med CT i matematik, hvor digitale artefakterne kan ses som en måde at formidle en ændring af forståelsen for et givent problem. Af interventionen fremgik det, at det pædagogiske personale oplevede et behov for kompetenceudvikling, hvor den formative tilgang til interventionen understøttede deres kompetenceudvikling. Arbejdet med TADS og den ekspansive læreproces har givet det pædagogiske personale redskaber til at fortolke og remediere deres

handling og givet dem en forståelse af deres virksomhedssystem (Engeström, 2016; Sannino, 2015a). Dette har ligeledes givet dem en indsigt i nye måder at handle på og på denne måde ekspandere deres læreproces. Deltagerne var endvidere med til at generere den viden, der opstod i projektet, da det var deres læreproces, der blev undersøgt. Der ses dog også et behov for, at det pædagogiske personale blev støttet og fik tilbudt eksterne artefakter i form af anden stimulus, hvis de skal bryde med eksisterende handlinger. Fra start virkede CT som begreb abstrakt for det pædagogiske personale, og de digitale artefakter fungerede her som et eksternt hjælpende artefakt, der gav dem indsigt i computationelle processer. Der tegnes et billede af, at den formative intervention var med til understøtte og guide det pædagogiske personales handlinger i arbejdet med CT. Hvor små ændringer så småt var ved at brede sig til andre af skolens virksomhedssystemer.

Dobbelt stimulation var med til at fremme transformativ agency blandt det pædagogiske personale, særligt fordi det pædagogiske personales udviklingsproces var organiseret formativt, hvor deres ejerskab var en væsentlig del af processen. Det ses at den formative intervention CTiMAT hjalp det pædagogiske personale med at overvinde konflikter mellem motiver og de modsætninger, der opstod med at inddrage CT i matematikundervisningen. De hjælpende artefakter der blev brugt i forbindelse med princippet om dobbelt stimulation gjorde konflikter og modsætningerne synlige for det pædagogiske personale. Ved hjælp af kollektive løsninger og den ekspansive læringscyklus blev der skabt mulighed for at udvikle transformativ agency. Det ses at særligt læringshandlingen analyse var med til at understøtte de tre første faser af TADS. Hvor læringshandlingen modellering gradvist blev øget i fase 3 og blev den dominerende læringshandlingen i fase 4. En indsigt i hvilke læringshandlinger der er med til at understøtte de fire faser af TADS, kan derved give viden om, hvordan det pædagogiske personale bedst understøttes når de skal transformere deres virksomhed og på sigt skabe mulighed for transformativ agency.

De digitale artefakter fungerede som eksplicit mediering for det pædagogiske personale, der brugte de digitale artefakter som en del af deres internaliseringsproces i bearbejdelsen af at inddrage CT i matematik. Det pædagogiske personale brugte de digitale artefakter til at gøre deres forståelse af CT konkret. Det ses også ud fra et behov for, at det pædagogiske personale udviklede deres computationelle tankegang undervejs i projektet. Her fungerede hjælpende artefakter som anden stimulus, der gjorde det muligt for deltagerne at analysere deres virksomhedssystem med et fokus på objektet, der var at arbejde med CT i matematikundervisningen. Her arbejdede de med at bearbejde systematiske problemer, der gjorde det muligt for det pædagogiske personale at skabe vedvarende ændringer. Arbejdet med de formative interventioner og det langsigtede objekt gjorde det muligt at følge det pædagogiske personales ekspansive læringsproces. Det kollektive arbejde under interventionen CTiMAT viste sig at være med til at skabe en rekonceptualisering af den fælles virksomhed, hvor det pædagogiske personales kollektive analyser var med til at undersøge problemrummet i arbejdet med CT og på den måde skabe nye transformationer. Det fremgik, at deltageres transformative agency blev styrket i arbejdet med dobbelt stimulation, og at dette var med til at styrke deres forståelse af problemrummet og de udfordringer, der opstod under interventionen. Denne øgede forståelse var med til at styrke og fastholde deltageres handlinger i arbejdet med CT.

Indarbejdelse af CT i undervisningen tager tid, da det ofte kræver en ny form for underviserrolle. Det pædagogiske personale brugte derfor ofte mere tid på forberedelsen end normalt, da de selv skulle designe opgaverne til eleverne. Det pædagogiske personale fandt det ligeledes væsentligt selv at afprøve de digitale artefakter for at kunne formidle det videre til eleverne. Det fremkom at brugen af de digitale artefakter ikke i sig selv lagde op til matematik, men at det var den didaktiske ramme og de opgaver der blev designet, der muliggjorde en kobling mellem CT og matematik. Det ses i studiet, at det den kollektive forandringsproces var med til at understøtte den enkelte i arbejdet med CT. De kollektive handlinger var således med til at understøtte, at de enkelte deltagere fik mod på at inddrage CT i undervisningen. Studiet viser, at det er en styrke når både pædagogerne og lærerne er med til at

understøtte interventionen CTiMAT, og at de kollektivt kunne overkomme de problemer og udfordringer, der opstod undervejs. Virksomhedssystemet fungerede her som værktøj for deltagerne og ikke kun som analyseenhed for forskeren (Engeström, 2011). Her var brugen af dobbelt stimulation med til at undersøge udviklingen af CT ved at se på, hvilke beslutninger det pædagogiske personale træf, når de selv var med til at undersøge, hvordan CT kunne integreres i matematikundervisningen. Det konkluderes, at brugen af dobbelt stimulation gav mulighed for at bearbejde de problemer, der opstod i arbejdet med CT ved at skabe grobund for analyse og give mulighed for at bryde med gamle handlingsmønstre og skabe nye potentielle handlinger. Denne formative CL intervention med fokus på CT i matematikundervisningen, gav et indblik i, hvordan man over tid kan arbejde med at transformere deltagerens motiv i arbejdet med CT, og hvordan denne ændring kan ses som transformativ agency. Dette var med til at flytte deres fokus fra brugen af det digitale artefakt til, hvordan der kunne opstå et samspil mellem CT og matematik. Fokus blev til sidst ændret til, at det pædagogiske personale kunne se et behov for at arbejde med CT allerede i indskolingen, da CT af det pædagogiske personale blev anskuet som en kompetence, der er brug for i fremtiden. Dette understøttes af lignende studier, hvor CT ses som en væsentlig del af det 21. århundredes kompetencer (Wing, 2006; Bocconi et al., 2016).

7.2. FREMADRETTET PERSPEKTIV

Formative CL interventioner kan ses som en kollektiv designproces. Designet opstår med baggrund i kollektive analyser af historiske modsætninger, forstyrrelser opstået i processen og mulige fremtidsperspektiver (Sannino et al. 2016). Resultaterne, der opstår, sker med baggrund i deltagerens proces og deres viden. For at gøre denne viden generativ og konkret skal der ses på de materielle implementeringer. Det generative ligger således i, hvordan det pædagogiske personale bevæger sig fra det abstrakte til det konkrete, der kan føre til, at der opstår en germ cell, som kan lede til nye og udvidede former for virksomhed. I arbejdet med CT i matematik kan germ cell ses som et behov for at give eleverne dannelse og kompetencer til at begå sig på fremtidens arbejdsmarked. De materielle implementeringer lå i behovet for at designe

didaktiske aktiviteter, der kunne dække både CT og matematik. Dette var også et udtryk for, at resultaterne fra CL interventionen ikke blot skal ses som en kognitiv og refleksiv proces (Sannino et al., 2016), men som en proces der kan fungere som katalysator for yderligere generative udviklinger. Viden, der er opstået i denne CL intervention, danner således grobund for et videre arbejde lokalt på den enkelte skole, men den danner også kimen til at brede denne viden ud i andre kontekster og være overførbart til andre sammenhænge.

Pædagogisk personale, herunder skoleledere, uddannelsesudviklere og politiske beslutningstagere, vil forhåbentlig drage nytte af dette ph.d.-studie ved at blive mere bevidste om mulighederne for at inddrage CT i skolens etablerede fag. Det anbefales, at skolen som virksomhed deltager i kompetenceudviklingsforløb, der har til hensigt at udvikle og designe kollektive læringsaktiviteter med fokus på at inddrage CT, og at der gives tid og rum til denne udvikling. Det anbefales endvidere, at viden fra skolen tages til indsigt, når nye uddannelsesmæssige beslutninger skal træffes. I øjeblikket er de danske politikere i gang med at evaluere forsøget *Teknologiforståelse i Folkeskolen* og vil i sidste ende beslutte, om det skal blive obligatorisk enten *som* fag eller *i* fag. Denne beslutning vil danne grundlag for, hvordan CT kan indtænkes og inddrages i den danske grunduddannelse. Dette ph.d.-studie giver viden om, hvordan CT kan inddrages ved at se på, hvordan det pædagogiske personales agency kollektivt transformeres over tid. Studiet giver et metodisk bidrag til, hvordan inddragelse af CT i matematikundervisningen kan undersøges. Studiet taler således ind i det videnshul omhandler manglende kompetencer og det svære ved at koble CT og matematik, der blev identificeret under de to litteraturreview (artikel I og VI). Den viden der fremkommer i dette studie, vil af Labaree (2004) kunne antages som blød viden, der giver en brugsværdi jf. idéen om brugsværdi vs. udvekslingsværdi skitseret i afsnit 2.3.1. Overført til den didaktiske transposition (Chevallard & Bosch, 2020) kan den videnskabelige viden ses som en udvekslingsværdi, hvor der fokuseres på teoridannelse. Skolen derimod er rettet mod praksis og skaber derigennem brugsværdi. Labaree (2004) refererer endvidere til ideelt, at når skolen som virksomhed fungerer, er der en flydende interaktion mellem teori og praksis. Skolen

skal således udvikle både teoretisk og praksisviden, der skaber en synlig kobling mellem teori og praksis. På den anden side skal de, der producerer viden, blive mere praksisorienterede teoretikere, der bruger viden fra praksis i deres teoridannelse til at skabe teorier med potentiel brugsværdi. Dette leder frem mod et fremtidigt perspektiv, hvor det vil være interessant at undersøge processen i den didaktiske transposition (Chevallard & Bosch, 2020) og hvor viden fra interventionen CTiMAT kan danne grobund for at give et indblik i, hvordan CT kan omsættes i matematikundervisningen og på den måde kan være med til at påvirke viden skabt i andre steder i den didaktiske transposition.

LITERATURLISTE

- Andreassen, P., & Malling, B. (2019). How are formative assessment methods used in the clinical setting? A qualitative study. *International Journal of Medical Education*, 10, 208.
- Augustsson, D. (2021). Expansive learning in a change laboratory intervention for teachers. *Journal of Educational Change*, <https://doi.org/10.1007/s10833-020-09404-0>
- Azeka, S. & Yadav, A. (2021). A Computational Thinking Integration Model for Primary and Secondary Classrooms. In A. Yadav, & U. D. Berthelsen (Eds.), *Computational Thinking in Education: A Pedagogical Perspective* (s. 41-56). Routledge. 10.4324/9781003102991-3.
- Baker, L. (2006). Observation: A complex research method. *Library trends*, 55(1), 171-189. 10.1353/lib.2006.0045
- Balsamo, A. (2011). *Designing culture*. In *Designing Culture*. Duke University Press.
- 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
- Bartolini Bussi, M. G., & Mariotti, M. A. (2008). Semiotic mediation in the mathematics classroom: Artifacts and signs after a Vygotskian perspective. In L. English, M. Bartolini Bussi, G. Jones, R. Lesh, & D. Tirosh (Eds.), *Handbook of International Research in Mathematics Education* (2nd ed.) (pp. 746–783). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum
- 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>
- Berger, R. (2013). Now I see it, now I don't: Researcher's position and reflexivity in *Qualitative Research*, 15(2), 219–234. doi:10.1177/1468794112468475
- Bers, M. (2018). Coding and Computational Thinking in Early Childhood: The Impact of ScratchJr in Europe. *European Journal of STEM Education*. 3. 10.20897/ejsteme/3868.

- Biesta, G., Priestley, M. & Robinson, S. (2015) The role of beliefs in teacher agency, *Teachers and Teaching*, 21:6, 624-640, DOI: 10.1080/13540602.2015.1044325
- Black, J., Brodie, J., Curzon, P., Myketiak, C., McOwan, P. W., and Meagher, L. R. (2013). Making computing interesting to school students: teachers' perspectives. In ITiCSE '13: *Innovation and Technology in Computer Science Education conference*, Canterbury England, UK. <https://doi.org/10.1145/2462476.2466519>
- Bligh, B., & Flood, M. (2015). The change laboratory in higher education: Research-intervention using activity theory. In *Theory and method in higher education research*. Emerald Group Publishing Limited.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dett ori, 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
- Bosch, M., & Gascón, J. (2006). Twenty-five years of the didactic transposition. *ICMI bulletin*, 58(58), 51-65.
- Bower, M., Wood, L. N., Lai, J. W., Howe, C., Lister, R., Mason, R., Highfi eld, 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>
- Brandi, U., & Hasse, C. (2010). *Why innovation fails: the importance of bringing in a new concept of culture*. Paper præsenteret ved Organizational learning, knowledge, and capabilities, Boston, USA. <http://www.cba.neu.edu/olkc2010/>
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2, 141-178. http://dx.doi.org/10.1207/s15327809jls0202_2
- Buitrago F.F., Casallas, R., Hernández, M., Reyes, A., Restrepo, S., & Danies, G. (2017). Changing a Generation's Way of Thinking: Teaching Computational Thinking Through Programming. *Review of Educational Research*, 87(4), 834–860. <https://doi.org/10.3102/0034654317710096>
- Børne- og Undervisningsministeriet (2021). *Forsøg med teknologiforståelse i Folkeskolens obligatoriske undervisning*, Slutevaluering, Rapport.

- Campbell, T. (1996). Technology, multimedia, and qualitative research in education. *Journal of Research on Computing in Education*, 30(9), 122-133
- Chan, M.C.E., Mesiti, C., Clarke, D. (2019). Problematising Video as Data in Three Video-based Research Projects in Mathematics Education. In: Kaiser, G., Presmeg, N. (eds) *Compendium for Early Career Researchers in Mathematics Education*. ICME-13 Monographs. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15636-7_9
- Charteris, J. & Smardon, D. (2015). Teacher agency and dialogic feedback: Using classroom data for practitioner inquiry, *Teaching and Teacher Education*, Volume 50, PP. 114-123, <https://doi.org/10.1016/j.tate.2015.05.006>.
- Chevallard, Y., & Bosch, M. (2020). Didactic transposition in mathematics education. *Encyclopedia of mathematics education*, 214-218. DOI: 10.1007/978-3-030-15789-0_48
- Chongo, S., Osman, K. & Nayan, N. A. (2020). Level of Computational Thinking Skills among Secondary Science Student: Variation across Gender and Mathematics Achievement. *Science Education International*, 31(2), 159-163. <http://dx.doi.org/10.33828/sei.v31.i2.4>
- Clarke, D. J., & Chan, M. C. E. (2019). The use of video in classroom research: Window, lens or mirror. In L. Xu, G. Aranda, W. Widjaja & D. Clarke (Eds.), *Video-based research in education: Cross-disciplinary perspectives* (pp. 5–18). New York: Routledge.
- Cole, M., and Y. Engeström. 2007. Cultural-historical Approaches to Designing for Development. In *The Cambridge Handbook of Sociocultural Psychology*, edited by J. Valsiner and A. Rosa, 484–507. Cambridge University Press.
- Corbin Dwyer, S., & Buckle, J. L. (2009). The space between: On being an Insider-Outsider in qualitative research. *International Journal of Qualitative Methods*, 8(1), 54–63. doi:10.1177/160940690900800105
- Creswell, J. W. & Creswell J. D. (2018). *Research Design* (5th edition). SAGE Publications.
- Creswell, J. & Miller, D.. (2000). Determining Validity in Qualitative Inquiry. *Theory into Practice*. 39. 1-130. 10.1207/s15430421tip39032.
- Cruz, E.V. & Higginbottom, G. (2013). The use of focused ethnography in nursing research. *Nurse Researcher*, 20 (4), 36-43.
- Curran, J., Schulz, K., & Hogan, A. (2019). Coding and Computational Thinking—What is the Evidence. *NSW Department of Education*.

- Darwin S. (2011). Learning in activity: exploring the methodological potential of action research in activity theorising of social practice, *Educational Action Research*, 19:2, 215-229, DOI: 10.1080/09650792.2011.569230
- Davydov, V.V. (1990) *Types of Generalization in Instruction: Logical and psychological problems in the structuring of school curricula* (Reston, National Council of Teachers of Mathematics).
- Dau, S., Munk, D. A., Jensen, N. R., Bjerre, J., & Brix, D. (2019). *Hvad fremmer hhv. hæmmer skolepædagogers samarbejde om stærke faglige fællesskaber for lavt præsterende drenge i indskolingen?* DPU, Aarhus Universitet.
- Day, C. (2017). *Teachers' worlds and work: Understanding complexity, building quality*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315170091>
- Denzin, N. K. (1978). Triangulation: A Case for Methodological Evaluation and Combination. *Sociological Methods*, 339-357.
- Denzin N. K. & Lincoln Y. S. (2018). *The sage handbook of qualitative research* (Fifth). Sage.
- Draper, A. and Swift, J.A. 2011. Qualitative research in nutrition and dietetics: data collection issues. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. 24 (1), pp. 3-12. <https://doi.org/10.1111/j.1365-277X.2010.01117.x>
- Emerson, R. M., Fretz, R. I., & Shaw, L. L. (2011). *Writing ethnographic fieldnotes*. University of Chicago press.
- Emirbayer, M., & Mische, A. (1998). What is agency? *American Journal of Sociology*, 103(4), 962-1023.
- Engestrom, Y. (1987). *Learning by Expanding: An Activity-Theoretical Approach to Developmental Research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Engeström, Y. (1999). Activity theory and individual and social transformation. *Perspectives on activity theory*, 19(38), 19-38.
- Engeström, Y. (2001). Expansive learning at work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of education and work*, 14(1), 133-156.
- Engeström, Y. (2004). New forms of learning in co-configuration work. *Journal of Workplace Learning*, 16(1/2), 11-21.
- Engeström, Y. (2007). Enriching the theory of expansive learning: Lessons from journeys toward coconfiguration. *Mind, culture, and activity*, 14(1-2), 23-39.

- Engeström, Y. (2010). Activity theory and learning at work. In M. Malloch, L. Cairns, K. Evans, & B. N. O'Connor (Eds.), *The SAGE handbook of workplace learning* (pp. 86-104). Sage.
- Engeström, Y. (2011). From design experiments to formative interventions. *Theory & psychology*, 21(5), 598-628.
- Engeström, Y. (2015). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press
<https://doi.org/10.1017/CBO9781139814744>
- Engeström, Y. (2016). *Studies in Expansive Learning: Learning What Is Not Yet There*. Cambridge: Cambridge University Press.
doi:10.1017/CBO9781316225363
- Engeström, Y., Engeström, R., & Kerosuo, H. (2003). The Discursive Construction of Collaborative Care. *Applied Linguistics*, 24, 286-315.
- Engeström, Y., Nuttall, J. & Hopwood N. (2020) Transformative agency by double stimulation: advances in theory and methodology, *Pedagogy, Culture & Society*, 30:1, 1-7, DOI: 10.1080/14681366.2020.1805499
- Engeström, Y., Rantavuori, J., and Kerosuo, H. (2013). Expansive learning in a library: Actions, cycles and deviations from instructional intentions. *Vocations and Learning*, 6, 81–106. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316225363.008>
- Engeström, Y., & Sannino, A. (2010). Studies of expansive learning; foundations, findings and further challenges. *Educational Research Review*, 5, 1–24.
- Engeström, Y. & Sannino, A. (2011), "Discursive manifestations of contradictions in organizational change efforts: A methodological framework", *Journal of Organizational Change Management*, Vol. 24 No. 3, pp. 368-387.
<https://doi.org/10.1108/09534811111132758>
- Engeström, Y., & Sannino, A. (2012). Concept formation in the wild. *Mind, Culture, and Activity*, 19(3), 201-206.
- Engeström Y. & Sannino A. (2021). From mediated actions to heterogenous coalitions: four generations of activity-theoretical studies of work and learning, *Mind, Culture, and Activity*, 28:1, 4-23, DOI: 10.1080/10749039.2020.1806328
- Engeström, Y., Sannino A. & Virkkunen, J. (2014). On the Methodological Demands of Formative Interventions, *Mind, Culture, and Activity*, 21:2, 118-128, DOI: 10.1080/10749039.2014.891868

- Englund, C. (2018). Exploring interdisciplinary academic development: the Change Laboratory as an approach to team-based practice. *Higher Education Research and Development*, 37(4), 698–714. <https://doi.org/10.1080/07294360.2018.1441809>
- Englund C., & Price, L. (2018). Facilitating agency: the change laboratory as an intervention for collaborative sustainable development in higher education, *International Journal for Academic Development*, 23:3, 192-205, DOI: 10.1080/1360144X.2018.1478837
- Fadel, C., Bialik, M. & Trilling, B. (2017): *Fire-dimensional uddannelse*, Dafolo, Frederikshavn, 1. udg. 1. oplag.
- Fields, D. & Kafai, Y. (2009). A Connective Ethnography of Peer Knowledge Sharing and Diffusion in a Tween Virtual World. I. J. *Computer-Supported Collaborative Learning*. 4. 47-68. 10.1007/s11412-008-9057-1.
- Foot, K. (2014), “Cultural-Historical Activity Theory: Exploring a Theory to Inform Practice and Research,” *Journal of Human Behavior in Social Environments*, 12(3): 329-347.
- Gadanidis, G., Hughes, J.M., Minniti, L., & White, B. (2016). Computational Thinking, Grade 1 Students and the Binomial Theorem. *Digital Experiences in Mathematics Education*. doi 10.1007/s40751-016-0019-3
- Golafshani, N. (2003). Understanding Reliability and Validity in Qualitative Research. *The Qualitative Report*, 8(4), 597-606. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2003.1870>
- Grimalt-Álvarez, C., & Ametller, J. (2021). A Cultural-Historical Activity Theory Approach for the Design of a Qualitative Methodology in Science Educational Research. *International Journal of Qualitative Methods*, 20, 16094069211060664.
- Grønkjær, M., Curtis, T., de Crespigny, C., & Delmar, C. (2011). Analysing group interaction in focus group research: Impact on content and the role of the moderator. *Qualitative Studies*, 2(1), 16–30.
- Guba, E.G. (1981). Criteria for assessing the trustworthiness of naturalistic inquiries. *Educational Communication and Technology*, 29, 75–91. <https://doi.org/10.1007/BF02766777>
- Guskey, T. (2002). Professional Development and Teacher Change. *Teachers and Teaching*. 8. 381-391. 10.1080/135406002100000512.

- Haapasaari, A., Engeström, Y., & Kerosuo, H. (2016). The emergence of learners' transformative agency in a Change Laboratory intervention. *Journal of education and work*, 29(2), 232-262
- Haapasaari, A., & Kerosuo, H. (2015). Transformative agency: The challenges of sustainability in a long chain of double stimulation. *Learning, culture and social interaction*, 4, 37-47
- Hammersley, M. & Atkinson, P. (2007). *Ethnography Principles in Practice* (third ed.), Routledge, London and New York (2007)
- Hammersley, M., & Traianou, A. (2012). *Ethics in qualitative research: Controversies and contexts*. Sage.
- Hansen, R., & Carlsen, D. (2017). Videoobservation - et empirisk blik på undervisning. *Studier I læreruddannelse Og -Profession*, 2(1), 47-72. <https://doi.org/10.7146/lup.v2i1.27692>
- Hasse, C. (2014). Menneskelige transformationer i laboratorier. I D. Staunæs, H. K. Adriansen, K. Dupret, S. Høyrup, & N. C. M. Nickelsen (red.), *Læringslaboratorier og -eksperimenter* (s. 171-194). Aarhus Universitetsforlag.
- Hasse, C., Wallace, J., Brok, L. S., Gars Jensen, U., Skov, H., Schrøder, V., & Dupret, K. (2015). *TEKU-modellen: Teknologiforståelse i professionerne*. U Press.
- Hedegaard M. (2020). Ascending from the Abstract to the Concrete in School Teaching — the double Move between Theoretical Concepts and Children's Concepts. *Psikhologicheskaya nauka i obrazovanie = Psychological Science and Education*. Vol. 25, no. 5, pp. 44–57. DOI: 10.17759/pse.2020250504.
- Hellawell, D. (2006). Inside-out: Analysis of the insider-outsider concept as a heuristic device to develop reflexivity in students doing qualitative research. *Teaching in Higher Education*, 11(4), 483-494. doi:10.1080/13562510600874292
- Hopwood, N. (2017). Agency, learning and knowledge work: Epistemic dilemmas in professional practices. In *Agency at work* (pp. 121-140). Springer, Cham.
- Hopwood, N. (2022) Agency in cultural-historical activity theory: strengthening commitment to social transformation, *Mind, Culture, and Activity*, 29:2, 108-122, DOI: [10.1080/10749039.2022.2092151](https://doi.org/10.1080/10749039.2022.2092151)
- Hopwood, N., Pointon, K., Dadich, A., Moraby, K., & Elliot, C. (2022). Forward anchoring in transformative agency: How parents of children with complex

- feeding difficulties transcend the status quo. *Learning, Culture and Social Interaction*, 33, <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2022.100616>
- Hsieh, H. F., & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative health research*, 15(9), 1277-1288.
- Humble, N., & Mozelius, P. (2022, May). Content analysis or thematic analysis: Similarities, differences and applications in qualitative research. In *European Conference on Research Methodology for Business and Management Studies* (Vol. 21, No. 1, pp. 76-81).
- Imants, J. & Van der Wal, M.M. (2020) A model of teacher agency in professional development and school reform, *Journal of Curriculum Studies*, 52:1, 1-14, DOI: [10.1080/00220272.2019.1604809](https://doi.org/10.1080/00220272.2019.1604809)
- Kafai, Y. (1996). Learning through artifacts: Communities of practice in classrooms. *AI & Soc* 10, 89–100. <https://doi.org/10.1007/BF02716758>
- Kaup, C. F. (2021). Computationel tankegang fra et pædagogisk perspektiv: Skolepædagogens betydning for teknologiinddragelse i matematikundervisningen. *Forskning I Pædagogers Profession Og Uddannelse*, 5(1), 14. <https://doi.org/10.7146/fppu.v5i1.125705>
- Kaup, C.F. & Dau, S. (2022). Digitale artefakter i matematikundervisningen - Understøttelse af elevernes computationelle- og matematiske forståelse. In *Learning Tech – Tidsskrift for læremidler, didaktik og teknologi*, (11), 73-106. DOI: 10.7146/lt.v7i11.128231
- Kawulich, B.B. (2005). Participant Observation as a Data Collection Method. *Qualitative Social Research*, Volume 6, No. 2, Art. 43
- Kilhamn, C., Bråting, K., Helenius, O., & Mason, J. (2022). Variables in early algebra: exploring didactic potentials in programming activities. *ZDM–Mathematics Education*, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01384-0>
- Komischke-Konnerup, L., Iskov, T., Rohde, L., & Skibsted, E. B. (2020). *Lærerens professionelle autoritet: arbejdsrapport fra LLN*. https://www.laer Ruddannelsesnet.dk/wpcontent/uploads/L%C3%A6reruddannelsen-professionelle-autoritet_.pdf
- Koszalka, T.A. & Wu, C.P. (2005). A Cultural Historical Activity Theory [CHAT] Analysis of Technology Integration: Case Study of Two Teachers. Presented at Association for Educational Communications and Technology Annual Meeting 2005.

- Knoblauch, H. (2005). Focused ethnography. In *Forum qualitative sozialforschung/forum: qualitative social research* (Vol. 6, No. 3). <https://doi.org/10.17169/fqs-6.3.20>
- Knutagård, H. (2013). *Introduktion til den kulturhistoriske virksomhedsteori*, Klim
- Kristiansen, S. & Krogstrup, H. K. (2015). *Deltagende observation*. Hans Reitzels Forlag.
- Kuutti, K. (1997). Activity theory as a potential framework for human-computer interaction research. *Context and consciousness: Activity theory and human-computer interaction*, Nardi, B.A. (eds.), MIT, s. 17-44
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2009). *Interviews: Learning the craft of qualitative research interviewing*. Sage.
- Labaree, D. (2004). *The Trouble with Ed Schools*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Lasky, S. (2005). A sociocultural approach to understanding teacher identity, agency and professional vulnerability in a context of secondary school reform. *Teaching and Teacher Education*. 21. 899-916. 10.1016/j.tate.2005.06.003.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991) *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511815355>
- Lavigne, H.J, Lewis-Presser A. Rosenfeld, D. (2020) An exploratory approach for investigating the integration of computational thinking and mathematics for preschool children, *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 36:1, 63-77, DOI: 10.1080/21532974.2019.1693940
- Lazarou, D., Erduran, S., & Sutherland, R. (2017). Argumentation in science education as an evolving concept: Following the object of activity. *Learning, culture and social interaction*, 14, 51-66. [10.1016/j.lcsi.2017.05.003](https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2017.05.003)
- Lee, J. & Joswick, C. & Pole, K. (2022). Classroom Play and Activities to Support Computational Thinking Development in Early Childhood. *Early Childhood Education Journal*. 1-12. 10.1007/s10643-022-01319-0.
- Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., Malyn-Smith, J., and Werner, L. L. (2011). Computational thinking for youth in practice. *Inroads*, 2, 32-37. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929902>

- Leech, N., & Onwuegbuzie, A. (2007). An Array of Qualitative Analysis Tools: A Call for Data Analysis Triangulation. *School Psychology Quarterly*, 22, 557-584. <http://dx.doi.org/10.1037/1045-3830.22.4.557>
- Leont'ev, A.N. (1978). *Activity, Consciousness, and Personality* (Englewood Cliffs, Prentice-Hall)
- Leont'ev, A.N. (2002). *Virksomhed, bevidsthed, personlighed*, Hans Reitzel, 1. udg. 2. oplag
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage.
- Lincoln, Y. S., Lynham, S. A., & Guba, E. G. (2018). Paradigmatic controversies, contradictions, and emerging confluences revisited. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *The Sage handbook of qualitative research* (5th ed., pp. 108-150). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Long, N. (2008). Resistance, agency, and counterwork: a theoretical positioning. In W. Wright, & G. Middendorf (Eds.), *The fight over food: Producers, consumers, and activists challenge the global food system* University Park, PA: The Pennsylvania State University Press.
- Lund, A., & Hauge, T. (2011). Designs for teaching and learning in technology-rich learning environments. *Nordic journal of digital literacy*, 6(4), 258-271.
- Løgstrup, K.E. (1956): *Den etiske fordring*. København: Gyldendal.
- Maracci, M., & Mariotti, M. A. (2013). Semiotic mediation and teacher's actions. In *Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 1, pp. 196-200). PME.
- Marken, J. A. (2006). An application of activity theory. *Performance Improvement Quarterly*, 19(2), 27-49
- Marx K. & Nicolaus M. (1973). *Grundrisse. foundations of the critique of political economy*. Vintage Books.
- Matematik, Fælles Mål (2019). <https://emu.dk/grundskole/matematik/faghaefte-faelles-maal-laeseplan-og-vejledning> lokaliseret d. 1.9.2022
- Menekse, M. (2015). Computer science teacher professional development in the United States: A review of studies published between 2004 and 2014. *Computer Science Education*, 25(4), 325-350. <https://doi.org/10.1080/08993408.2015.1111645>

- Miettinen, R., & Paavola, S. (2018). Reconceptualizing object construction: the dynamics of Building Information Modelling in construction design. *Information Systems Journal*, 28(3), 516-531.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Monjelat, N. & Lantz-Andersson, A. (2020). Teachers' narrative of learning to program in a professional development effort and the relation to the rhetoric of computational thinking. *Education and Information Technologies*. 25. 10.1007/s10639-019-10048-8.
- Morselli, D. (2019). Testing the Vygotskian model of double stimulation in a formative intervention. The contribution of educational research. *Formazione & Insegnamento* 17-1, 375-390
- Morselli, D., & Marcelli, A. M. (2021). The role of qualitative research in Change Laboratory interventions. *Journal of Workplace Learning*.
- Morselli, D. & Sannino, A. (2021). Testing the model of double stimulation in a Change Laboratory. *Teaching and Teacher Education*, 97, 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103224>
- Møller, A. K., Kaup, C. F., Brooks, E., Gnaur, D., Schurer, M. H. (2022, in press). From programming to computational perspectives in higher educations for humanities students. *Acta Didactica Norden*.
- Papert S. (1980). *Mindstorms: children computers and powerful ideas*. Basic Books.
- Patton, M. Q. (2001). *Qualitative research and evaluation and methods* (3rd ed.). Beverly Hills, CA: Sage.
- Percy, W. H., Kostere, K., & Kostere, S. (2015). Generic qualitative research in psychology. *The qualitative report*, 20(2), 76-85.
- Pettersson, F. On the issues of digital competence in educational contexts – a review of literature. *Educ Inf Technol* 23, 1005–1021 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9649-3>
- Petty, T., Heafner, T., Farinde, A., & Plaisance, M. (2015). Windows into teaching and learning: Professional. growth of classroom teachers in an online environment. *Technology, Pedagogy and Education*, 24(3), 375–388.
- Postholm, M. B. (2014). Hvordan læreren som klasseleder kan fremme læring i prosjektarbeid. *FoU i praksis*, 8(2), 89-103.

- Priestley, M., Biesta, G. & Robinson, S. (2013). *Teachers as Agents of Change: Teacher Agency and Emerging Models of Curriculum*. In *Reinventing the curriculum: new trends in curriculum policy and practice* (pp.187-206): Bloomsbury Academic. Editors: Mark Priestley, Gert Biesta. 10.5040/9781472553195.ch-010.
- Punch, K. F., & Oancea, A. (2014). *Introduction to research methods in education*. Sage.
- Raudaskoski, P. L. (2015). Observationsmetoder (herunder videoobservation). I S. Brinkmann, & L. Tanggaard (red.), *Kvalitative metoder: En grundbog* (2 udg., s. 97-112). Hans Reitzels Forlag.
- Ravitch, S. M., & Carl, N. M. (2021). *Qualitative research: Bridging the conceptual, theoretical, and methodological*. Sage Publications.
- Reyes, V. (2020). Ethnographic toolkit: Strategic positionality and researchers' visible and invisible tools in field research. *Ethnography*, 21(2), 220-240.
<https://doi.org/10.1177/1466138118805121>
- Ringskou, L., & Gravesen, D. T. (2020). Med viden skal skole- og fritidspædagogik bygges: En kortlægning og kritisk analyse af forskningsbaseret litteratur på feltet for skole- og fritidspædagogik i Danmark. *Forskning I Pædagogers Profession Og Uddannelse*, 4(1), 13.
<https://doi.org/10.7146/fppu.v4i1.119212>
- Roth, W.M., Radford, L. & LaCroix, L. (2012): Working with Cultural-Historical Activity Theory in *Forum Qualitative social research*, vol. 13, no. 2.
- Sannino, A. (2010) Teachers' talk of experiencing: Conflict, resistance and agency, *Teaching and Teacher Education*, Volume 26, Issue 4, PP. 838-844, <https://doi.org/10.1016/j.tate.2009.10.021>.
- Sannino, A. (2015a). The principle of double stimulation: A path to volitional action. *Learning, Culture and Social Interaction*, 6, 1-15.
<https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2015.01.001>
- Sannino, A. (2015b). The emergence of transformative agency and double stimulation: Activity-based studies in the Vygotskian tradition. *Learning, Culture and Social Interaction*. DOI: 10.1016/j.lcsi.2014.07.001
- Sannino, A. (2016). Double stimulation in the waiting experiment with collectives. *Integrative Psychological and Behavioral Science*, 50(1), 142-173

- Sannino, A. (2020). Enacting the utopia of eradicating homelessness: Toward a new generation of activity-theoretical studies of learning. *Studies in continuing education*, 42(2), 163-179.
- Sannino, A. & Engeström, Y. (2017). Relational agency, double stimulation and the object of activity: An intervention study in a primary school. In A. Edwards (Ed.), *Working relationally in and across practices: Cultural-historical approaches to collaboration* (pp. 58-77). Cambridge: Cambridge University Press.
- Sannino, A., Engeström, Y., & Jokinen, E. (2021). Digital peer learning for transformative professional agency: The case of homelessness practitioners in Finland. *British Journal of Educational Technology*, 52(4), 1612-1628.
- Sannino, A., Engeström, Y., and Lemos, M. (2016). Formative interventions for expansive learning and transformative agency. *Journal of the Learning Sciences*, 25(4), 599-603. <http://doi.org/10.1080/10508406.2016.1204547>
- Sannino, A., & Laitinen, A. (2015). Double stimulation in the waiting experiment: Testing a Vygotskian model of the emergence of volitional action. *Learning, culture and social interaction*, 4, 4-18. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2014.07.002>
- Scahill, J., & Bligh, B. (2022). Developing Stakeholder Agency in Higher Education Sustainability Initiatives: Insights from a Change Laboratory Research Intervention. *The Wiley Handbook of Sustainability in Higher Education Learning and Teaching*, 99-131.
- Selby, C., & Woolland, J. (2013). *Computational Thinking: The Developing Definition*. Rapport. University of Southampton (E-prints).
- Shute, V., Sun, C. & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*. 22. 10.1016/j.edurev.2017.09.003.
- Silverman, D. (2005). Instances or sequences? Improving the state of the art of qualitative research. In *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research* (Vol. 6, No. 3).
- Silverman, D. (2010). *What is naturally occurring data?*. SAGE.
- Stetsenko, A. (2013). The Challenge of Individuality in Cultural- Historical Activity Theory: “Collectividal” Dialectics from a Transformative Activist Stance. *Outlines. Critical Practice Studies*, 14(2), 07–28. <https://doi.org/10.7146/ocps.v14i2.9791>

Sung, W. & Black, J. (2021). Factors to consider when designing effective learning: Infusing computational thinking in mathematics to support thinking-doing, *Journal of Research on Technology in Education*, 53:4, 404-426, DOI: 10.1080/15391523.2020.178406

Sykora, C. (2021). *Computational thinking for all*. ISTE. <https://www.iste.org/explore/Solutions/Computational-thinking-for-all>

Tamborg, A. L., Elicer, R., Misfeldt, M., & Thomas Jankvist, U. (2022). (Accepted/In press). *Computational thinking in Denmark from an anthropological theory of the didactic perspective*. Paper presented at 45th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education.

Tannert, M., Lorentzen, R. F., & Berthelsen, U. D. (2021). Computational Thinking as Subject Matter: As an Independent Subject or Integrated across Subjects? In A. Yadav, & U. D. Berthelsen (Eds.), *Computational Thinking in Education: A Pedagogical Perspective* (pp. 73-89). Routledge.

The Royal Society, UK (2017). *After the reboot: computing education in UK schools*. Rapport

UCN internt dokument (2017). *Samarbejdsaftale om fælles forskningsprojekt vedr. Viden I Skolen (VIS)*. Flere skal lære mere og trives bedre.

Van Zanten, M., & Van den Heuvel-Panhuizen, M. (2021). Mathematics curriculum reform and its implementation in textbooks: Early addition and subtraction in Realistic Mathematics Education. *Mathematics*, 9(7), 752. <https://doi.org/10.3390/math9070752>

Vindrola-Padros, C., & Vindrola-Padros, B. (2018). Quick and dirty? A systematic review of the use of rapid ethnographies in healthcare organisation and delivery. *BMJ quality & safety*, 27(4), 321–330. <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2017-007226>

Virkkunen, J. (2006). Dilemmas in building shared transformative agency. *Activités*, 3, 43-66. <https://doi.org/10.4000/activites.1641>

Virkkunen, J. & Ahonen, H. (2011). Supporting expansive learning through theoretical-genetic reflection in the Change Laboratory. *Journal of Organizational Change Management*. 24. 229-243. 10.1108/09534811111119780.

Virkkunen, J., & Newnham, D. (2013). *The Change Laboratory: A Tool for Collaborative Development of Work and Education*. Sense publishers. <https://doi.org/10.1080/1360144X.2018.1478837>

- Virkkunen, J., & Schaupp, M. (2011). From change to development: Expanding the concept of intervention. *Theory & Psychology*, 21(5), 629-655.
- Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P. & Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*. 20. 10.1007/s10639-015-9412-6.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher mental processes*. Cambridge, Harvard University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>
- Vygotsky, L. S. (1987). Thinking and speech. In R. W. Rieber, (Ed.), *The collected works of L. S. Vygotsky, Vol. 1. Problems of general psychology* (39-285). New York: Plenum.
- Vygotsky, L. S. (1997). Research method. The collected works of L. S. Vygotsky. *The history of the development of higher mental functions* Vol. 4, Rieber, R. W. (Ed.). p. 27-63. https://doiorg.zorac.aub.aau.dk/10.1007/978-1-4615-5939-9_2
- Vygotsky, L. S., (1998). The collected works of L. S. Vygotsky, Vol. 5. *Child psychology*. Rieber, R. W. (Ed.). (M. J. Hall, Trans.). Plenum Press.
- Wagner, M. L. (2021). *Forsøgsvælgfaget teknologiforståelse 2017 - 2020: afsluttende rapport*. Aarhus Universitet.
- Wall, S. S. (2015). Focused ethnography: A methodological adaptation for social research in emerging contexts. In *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research* (Vol. 16, No. 1). <https://doi.org/10.17169/fqs-16.1.2182>
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L. & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127-147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Wenger, E. (2004). *Praksisfællesskaber: læring, mening og identitet*, Hans Reitzel
- Wertsch, J.V. (2007). Mediation. In: Daniels, H., Cole, M., Wertsch, J.V. (eds.) *The Cambridge Companion to Vygotsky*, pp. 178–192. Cambridge University Press, New York. <https://doi.org/10.1017/CCOL0521831040.008>
- Wheelahan, L. (2007). Blending activity theory and critical realism to theorise the relationship between the individual and society and the implications for

- pedagogy, *Studies in the Education of Adults*, 39 (2), 183-196, DOI: 10.1080/02660830.2007.11661548
- Williams, J. (2011). Toward a political economic theory of education: Use and exchange values of enhanced labor power. *Mind, Culture, and Activity*, 18(3), 276-292.
- Williams, J. (2012). Use and exchange value in mathematics education: contemporary CHAT meets Bourdieu's sociology. *Educ Stud Math* 80, 57–72. <https://doi.org/10.1007/s10649-011-9362-x>
- Wing, J.M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–36. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Yadav, A., Krist, C., Good J. & Caeli, E.N (2018) Computational thinking in elementary classrooms: measuring teacher understanding of computational ideas for teaching science, *Computer Science Education*, 28:4, 371-400, DOI: 10.1080/08993408.2018.1560550
- Yamagata-Lynch, L. C., Skutnik, A. L., Garty, E., & Do, J. (2016). Interactionist qualitative research as a semiotic mediation activity. *Sage Open*, 6(3), 2158244016666889.
- Yamazumi, K. (2021). *Activity theory and collaborative intervention in education: Expanding learning in Japanese schools and communities*. Routledge.
- Zinchenko. P.V. (1997). Developing activity theory: the zone of proximal development and beyond. *Context and consciousness: activity theory and human-computer interaction*. Nardi, B. (red.), Massachusetts Institute of Technology, USA, s. 283–324.

APPENDICES

Appendiks A. Videotransskriptionsguide

Appendiks B. Observationsskema

Appendiks C. Interviewguides

Appendiks D. Beskrivelse af projektet til skolerne

Appendiks E. Samtykkeerklæring

Appendiks F. Manuskript CL-sessioner

Appendiks G. Beskrivelse af indhold i de syv CL-sessioner

Appendiks H. Digitale erfaringer

Appendiks I. Dataindsamling skole 1,2,4

Appendiks J. Indholdsanalyse og kodebog

Appendiks K. Indblik i fra observation til CL-session

Appendiks A. Videotransskriptionsguide

[illegible]

Appendiks C. Interviewguides

Appendiks C..1. Interviewguide Lærer C

1. Hvordan er det gået siden vi sidst har ses? Arbejder du stadigvæk med teknologi og it?
2. Har du arbejdet videre med nogle af de ting vi arbejder med i projektet?
3. Det var noget med at du skulle have et andet klassetrin?
4. Du fik en rolle, hvor du skulle bruges som pædagogisk IT-mand?
5. Hvordan er det gået med det?
6. Bliver du brugt af de andre lærere?
7. Hvordan er din rolle tænkt? Bliver du brugt som du gerne selv vil (mere end bare teknisk hjælp, men også pædagogisk)?
8. Du har tidligere nævnt at du ville ønske at du havde tid til at lave interfaces i forbindelse med brug af programmering i matematik. Kan du uddybe det?
9. Hvad er det du ser der mangler i forhold til det der allerede eksisterer?
10. Du har jo været med fra logo & myresnak til nu – kan du se at noget har ændret sig?
11. Er det forsåt de samme problemer vi forsøger at løse pædagogisk og didaktisk som for 30 år siden når vi arbejder med teknologien?
12. Hvis du ser på dine kollegaer der var med i projekteret, ser du så de har taget noget med videre i deres undervisningspraksis? Er det noget I taler om? Har du selv taget noget med fra projektet?
13. Gør skolen noget anderledes i dag? fx mere fokus på teknologien?
14. Kan du prøve og beskrive, hvad du som lærer får ud af at arbejde med digitale artefakter/kodning/programmering i undervisningen?
15. Hvad får eleverne ud af det?
16. Kan du se en fordel ved at eleverne som en del af deres undervisning lærer om teknologi, kodning og programmering?
17. Vil de kunne overføre denne viden til andre fag, herunder matematik? Fx problemløsning? Også uden brug af teknologi? Kan du uddybe?
18. Hvilke pædagogiske og didaktiske overvejelser har du gjort dig da du arbejdede med Scratch?
19. Hvad ser du at programmet kan i forhold til at lære matematik?
20. Hvad har du gjort dig af overvejelser i forhold til at det var en tredje klasse du arbejdede med?
21. Jeg vil meget gerne vise dig et par små klip fra din undervisning med Scratch. Hvad tænker du at eleverne tager med fra denne undervisningsgang?
- $15 \times 24 = 360$
22. Du er kommet med nogle eksempler på, hvor eleverne har arbejdet videre med Scratch i deres fritid?
23. Hvad gør det for læringskonteksten at det I laver i skolen, bliver fx færdiggjort i fritiden? Måske med hjælp fra forældrene?

Appendiks C.2. Interviewguide Leder

1. Nu, hvor du har fulgt projektet lidt fra sidelinjen – hvad tænker du at medarbejderne har fået ud af at være med i projektet – computational thinking i matematik?
2. Hvordan har du som leder været involveret i projektet?
3. Har du kunne mærke en forskel på teamet?
 - Er de blevet bedre til at inddrage teknologi i undervisningen eller har du observeret andre forandringer?
4. I projektet er der lagt op til lærer- og pædagogssamarbejde, har det været noget du har kunne mærke på dem?
 - Har det ændret noget for dem?
5. Der har været lagt op til at der skulle veksles mellem praksis og refleksioner over praksis, der skulle hjælpe lærerne og pædagogerne til at arbejde med CT i undervisningen. Har du en fornemmelse af om det fungerede for medarbejderne?
 - Hvad tænker du om denne form for udvikling af medarbejderne?
 - Grundtanken med dette projekt, har været at det var det pædagogiske personale der selv skulle udvikle projektet nede fra, selv finde ud af, hvad behovet var for at arbejde hen mod målet – hvad tænker du om denne form for udviklingsarbejde?
6. Hvad tænker du at skolen fik ud af at deltage?
7. Projektet har løbet under Corona med en del skolenedlukninger og nødundervisningen til følge, hvordan har det påvirket det at drive skole og samtidig være med i et længere udviklingsforløb?
8. Noget af det både lærer og pædagoger har savnet har være forberedelsestid, både fælles og hver for sig. Det var faktisk også tænkt ind i projektet at der skulle gives ekstra forberedelsestid, var du bevidne om det?
 - Ville det have været muligt at give dem mere forberedelsestid?
9. Du har nævnt at projektet lægger i god tråd med, hvad du selv tænker i forhold til teknologi kan du uddybe det?
10. Hvad tænker du fremtiden er for at implementere CT/teknologi i undervisningen?
 - De lærere og pædagoger der deltog, havde ingen eller kun lidt kendskab til at arbejde med teknologi i undervisningen – har du kunne se en forandring?
 - Hvordan kan man som skole/leder være med til at understøtte disse processer?
11. Er skolen som system gode nok til at klæde eleverne på til det 21. århundredes kompetencer?
12. Eleverne der deltog, var fra indskolingen, hvad tænker du om at man allerede starter med at arbejde med CT/teknologi så tidligt?
13. I havde på et jobopslag før sommerferien skrevet at I var en skole der arbejder med CT, hvad var jeres overvejelser i forhold til det? Fik I noget respons på det?

14. Klasserne havde tilbage i maj måned en værkestedsuge med fokus på CT, hvor flere lærere og klasseteams var inde over – gjorde det noget at det var et helt klasseteam der deltog? Både pædagoger, dansk- og matematiklærer?
15. Det har faktisk vist sig at eleverne i projektet har klaret sig rigtig godt i de fagområder der har været i fokus.

Appendiks C.3 Interviewguide pædagoger A+B december 2021

1. Hvad tænker I at I har fået ud af at være med i projektet?
2. Har I arbejdet videre med nogle af de ting vi arbejder med i projektet?
3. Det var noget med at I skulle have et andet klassetrin?
4. Hvad tænker I at eleverne har taget med fra forløbet?
5. Hvordan var det som pædagog også at skulle tage vare på den faglige undervisning?
6. Hvad har I lært igennem forløbet?
7. Tænker I at I vil arbejde videre med det vi har arbejdet med i forløbet?
8. Hvordan var rollefordelingen mellem jer pædagoger og lærere?
9. Tænker I jeres pædagogiske rolle er anderledes når I arbejder med teknologien/CT end ved den normale undervisning?
10. Hvad er det næste I vil gøre i forbindelse med at arbejde videre med den viden I har fået?

Appendiks C.4. Interviewguide lærerne d. 2.7

Siden sidst...

Hvordan er det gået siden sidst?

Har I arbejdet med CT?

Matematikundervisningen

Er I ved at have en større forståelse for grundelementerne i CT?

Er det noget i tænker over om I bruger i den generelle matematikundervisning?

Har I skulle tænke undervisningsplanlægningen ind på en anden måde end tidligere når I arbejder med robotterne.

Har der været brug for en anden type af opgaver? Stilladsering af eleverne?

Hvordan har det været at bruge teknologien/robotterne i undervisningen?

Hjalp det på elevernes forståelse af CT/matematikken? (Polygoner).

Tænker I at arbejdet med robotterne kan være med til at skabe mening for eleverne?

Eleverne

Hvad tænker I at eleverne for ud af, at arbejde med CT? Teknologier i undervisningen?

Har I set nogle tegn på, at eleverne har brugt CT-relaterede strategier?

I har begge valgt at eleverne har skulle arbejde i gruppe med robotterne qua antallet af robotter.

Har det haft en betydning for eleverne at de har arbejdet i grupper?

Samarbejde

Hvad gør det for jeres kompetenceudvikling/arbejde at I er afsted både som undervisningsteam, men også som årgangsteam?

Hvordan har det været at bruge robotten i undervisningen?

Har den hjulpet jer i forhold til at forklare matematiske begreber for eleverne?

Har det gjort det svære eller nemmere?

Næste skoleår

Hvordan vil I gerne at det skal forløbe til næste skoleår?

Hvad har I brug for?

Fx hjemmeside med opgaver?

Viden om CT?

Tydeliggøre fx algoritmisk tænkning – opstille definitioner med eleverne når de arbejder?

Hvordan arbejdet med CT kan understøttes i alle emner? Der hvor det giver mening?

Statistik – Rumvæsner

Begyndende rumfang – beholdere

Geometri – InO-bot eller dash og dot?

Gange – scratch jr. ? eller scratch

Appendiks D. Beskrivelse til skolerne

Forskningsprojektet Computational Thinking i Matematik søger deltagere.

Forskningsprojektet er en del af forskningsindsatsen Viden i Skolen (VIS), som er en fælles nordjysk aftale på tværs af kommuner og Det Nationale Center for Skoleforskning og UCN.

Formålet med projektet er at undersøge, hvilken betydning det har for eleverne og det pædagogiske personales praksis, at der sættes fokus på begrebet computational thinking (CT), og i hvilket omfang CT kan understøtte elevernes matematiske forståelse og kompetencer. Det er hensigten at undersøge, hvordan CT kan indtænkes og bruges både alment- og fagdidaktisk i matematik i indskoling. Det vil være matematikken, der vil være i fokus, og hvordan den faglige undervisning kan understøttes af computationel tankegang. Projektet vil give det pædagogiske personale nye didaktiske tilgange til, hvordan CT ved hjælp af både digitale og analoge tilgange kan indtænkes i matematikundervisningen og i pædagogisk praksis. På lang sigt vil projektet kunne være med til at øge kvaliteten af matematikundervisningen og give nye idéer til hvordan man pædagogisk kan være med til at understøtte matematikundervisningen. Eleverne vil igennem projektet arbejde med forskellige strategier, der på sigt vil kunne være med til at øge deres matematiske forståelse og kompetencer.

Der søges tre 2. klasser, hvor af de to af klasserne gerne må komme fra en tosporet skole. Klasserne følges i skoleåret 2019/2020 og 2020/2021 frem mod nationale test i matematik. Det pædagogiske personale (klassens matematiklærer og tilknyttede pædagog) deltager i et gratis kompetenceløft i starten af skoleåret 2019/2020 af en dags varighed og igen i starten af skoleåret 2020/2021 af en halv dags varighed.

Der vil igennem projektperioden der løber fra 1.8.2019-1.4.2021 ca. være en intervention i kvartalet, hvor der vil være faglig sparring og didaktisk udvikling af to timers varighed, forud for dette vil der i ugen op til være observationer i matematikundervisningen og eventuelle understøttende undervisning. Der vil i alt være syv interventioner undervejs i projektperioden.

Timeforbruget er ca. 30 timer, dog må det kunne forventes at der skal bruges en smule mere forberedelsestid i perioder.

Ligeledes søges der tre kontrol klasser, der vil lave en ~~pretest~~ i 2. klasse og en posttest i 3. klasse som blot udfører testene. Det vil være muligt at tilgå interventionsmaterialet efter projektafslutningen, ligeledes vil der undervejs i projektet blive samarbejdet med kommunens vejledere således at der sikres en ~~vidensspredning~~ i kommune.

Der vil i projektet blive udfærdiget samtykkeerklæringer, både for eleverne og det pædagogiske personale, al data behandles forsvarligt i henhold til god forskningspraksis og det vil til en hver tid være muligt at trække sig fra projektet igen.

Ved yderligere information skal I være velkommen til at henvende jer til:

Camilla Finsterbach Kaup
Ph.d.-studerende Professionshøjskolen UCN & Aalborg Universitet
Tlf: 72690724
Mail: cmf@ucn.dk

Appendiks E. Samtykkeerklæring

Aalborg Universitet
Cvr. nr. 29102384
Frederik Bajers Vej 5
DK-9100 Aalborg

Samtykkeerklæring for deltagelse i projektet Pædagogisk personale

Aalborg Universitet (AAU) skal bruge dit samtykke i forbindelse med *ph.d.-projektet computational thinking i matematikundervisningen*.

Det er frivilligt, om du ønsker at give dit samtykke til, at AAU behandler disse data.

Du kan til enhver tid ændre eller trække dit samtykke tilbage. Afhængig af hvilken brug af oplysningerne, du ønsker at trække tilbage, kan dette medføre, at AAU ikke kan opfylde de aftaler, der er indgået med dig. Du vil blive oplyst om dette i det tilfælde, hvor du anmoder om at ændre eller trække dit samtykke tilbage. Samtykket kan ikke tilbagekaldes med tilbagevirkende kraft.

Ønsker du at ændre eller trække dit samtykke tilbage kontaktes: Camilla Finsterbach Kaup, cfk@learning.aau.dk

AAU skal behandle dine personoplysninger til:	
AAU indsamler og behandler følgende data i skoleåret 2019/2020 og 2020/2021:	Videoobservation, billeder og interviewdata. Alt indsamlet data og personoplysninger anonymiseres og opbevares i overensstemmelse med databeskyttelsesforordningens krav.
<p>Udfyldes af den registrerede:</p> <p>Jeg giver hermed samtykke til, at AAU må behandle disse oplysninger til brug for ovenstående formål.</p> <p>Sæt kryds <input type="checkbox"/></p> <p>Navn:</p> <p>Dato/ underskrift:</p>	

AAU forventer, at behandlingen af dine personoplysninger vil ophøre efter 3 år.

Ønsker du at klage over AAU's behandling af dine personoplysninger, kan du kontakte Datatilsynet, Borgergade 28, 5, 1300 København K, der er den danske tilsynsmyndighed på det databeskyttelsesretlige område.



Aalborg Universitet
Cvr. nr. 29102384
Frederik Bajers Vej 5
DK-9100 Aalborg

Samtykkeerklæring

Aalborg Universitet (AAU) skal bruge jeres samtykke i forbindelse med *ph.d.-projektet computational thinking i matematikundervisningen*.

Det er frivilligt, om I ønsker at give jeres samtykke til, at AAU behandler disse data.

I kan til enhver tid ændre eller trække jeres samtykke tilbage. Afhængig af hvilken brug af oplysninger, I ønsker at trække tilbage, kan dette medføre, at AAU ikke kan opfylde de aftaler, der er indgået med jer. I vil blive oplyst om dette i de tilfælde, hvor I anmoder om at ændre eller trække jeres samtykke tilbage. Samtykket kan ikke tilbagekaldes med tilbagevirkende kraft.

Ønsker I at ændre eller trække jeres samtykke tilbage kontakts: Camilla Finsterbach Kaup, cfk@learning.aau.dk

AAU skal behandle dine personoplysninger til: interviewundersøgelse	
AAU indsamler og behandler følgende data om jeres barn i skoleåret 2019/2020 og 2020/2021:	Videoobservation, billeder, opgaver, matematiktest, interviewdata, nationale test. Alt indsamlet data og personoplysninger anonymiseres og opbevares i overensstemmelse med databeskyttelsesforordningens krav.
<p><i>Udfyldes af den registrerede:</i></p> <p>Vi giver samtykke til, at AAU må behandle disse oplysninger til brug for ovenstående formål Sæt kryds <input type="checkbox"/></p> <p>Elevens navn:</p> <p>Dato/forældre- eller værges underskrift:</p>	

AAU forventer, at behandlingen af dine personoplysninger vil ophøre efter 3 år.

Ønsker du at klage over AAU's behandling af dine personoplysninger, kan du kontakte Datatilsynet, Borgergade 28, 5, 1300 København K, der er den danske tilsynsmyndighed på det databeskyttelsesretlige område.

1

Appendiks F. Manuskript CL-sessioner

CL-session nummer: 1	Skole: nr. 3
To-do som forberedelse	
Projekter, post-its.	
Hovedfokus for sessionen i forhold til ekspansiv læring	
Spørgsmål, en historisk analyse og begyndende modellering.	
Målet: At opstarte designprocessen i inddragelse af CT i matematik.	

Klokken	Min.	Tema	Tools, 1 stimulus, 2. stimulus
10.30	20	Introduktion til den ekspansive læringscyklus, CL og CHAT <ul style="list-style-type: none"> - Roller under et CL Historisk analyse <ul style="list-style-type: none"> - Er der noget vi allerede gør det kan trækkes ind under termen Computational Thinking? - Hvordan arbejder vi allerede nu med problemløsning? - Er det noget man har fokus på i indskolingen og hvordan? Er der noget her det gør det svært at implementere? <ul style="list-style-type: none"> - Arbejdsgange - Artefakter - Samarbejde/skolen - Regler - Fælles mål? Kompetencemålet efter tredje klasse 	1. stimulus <ul style="list-style-type: none"> - Er der noget de selv kan forudsige, kan blive et problem i at inddrage CT i matematikundervisningen? 2. stimulus <ul style="list-style-type: none"> - Ekspansiv læring, CL, CHAT
	40	Design af nye tiltag <ul style="list-style-type: none"> - Ideer til inddragelse af CT i matematik via analog så som digitale artefakter 	
	15	Opsamling og næste step <ul style="list-style-type: none"> - Hvad er jeg blevet opmærksom på? - Hvad skal jeg ud at gøre? - Observation og næste møde. 	
Næste møde for opfølgning på undervisningen?			

CL-session nummer: 1	Skole: nr. 3
To-do som forberedelse	
Projekter, post-its.	
Hovedfokus for sessionen i forhold til ekspansiv læring	
Spørgsmål, en historisk analyse og begyndende modellering.	
Målet: At opstarte designprocessen i inddragelse af CT i matematik.	

Klokken	Min.	Tema	Tools, 1 stimulus, 2. stimulus
10.30	20	Introduktion til den ekspansive læringscyklus, CL og CHAT <ul style="list-style-type: none"> - Roller under et CL Historisk analyse <ul style="list-style-type: none"> - Er der noget vi allerede gør det kan trækkes ind under termen Computational Thinking? - Hvordan arbejder vi allerede nu med problemløsning? - Er det noget man har fokus på i indskolingen og hvordan? Er der noget her det gør det svært at implementere? <ul style="list-style-type: none"> - Arbejdsgange - Artefakter - Samarbejde/skolen - Regler - Fælles mål? Kompetencemålet efter tredje klasse 	1. stimulus <ul style="list-style-type: none"> - Er der noget de selv kan forudsige, kan blive et problem i at inddrage CT i matematikundervisningen? 2. stimulus <ul style="list-style-type: none"> - Ekspansiv læring, CL, CHAT
	40	Design af nye tiltag <ul style="list-style-type: none"> - Ideer til inddragelse af CT i matematik via analog så som digitale artefakter 	
	15	Opsamling og næste step <ul style="list-style-type: none"> - Hvad er jeg blevet opmærksom på? - Hvad skal jeg ud at gøre? - Observation og næste møde. 	
Næste møde for opfølgning på undervisningen?			

COMPUTATIONEL TANKEGANG I MATEMATIK

CL-session nummer: 3	Skole: nr. 3
To-do som forberedelse Post-its, kuglepenne, PowerPoint, analyse af observationer.	
Hovedfokus for sessionen i forhold til ekspansiv læring Empirisk analyse, modellering og undersøgelse	
Målet: At hjælpe deltagerne med at inddrage CT i undervisningen.	

Klokken	Min.	Tema	Tools, 1.stimulus, 2. stimulus
10.30	20	Opsamling og overvejelser siden sidst <ul style="list-style-type: none"> - Hvad er der sket siden sidst? - Hvad fungerede godt ... og hvad fungerede mindre godt? - CT-fagligt - Matematikfagligt 	<ul style="list-style-type: none"> - Første stimulus med udgangspunkt deres egen opsamling og overvejelser siden sidst. - Første stimulus: PowerPoint slides der fremhæver det de enkelte klasser havde arbejdet med. Fokus på, hvordan CT kommer til udtryk
	20	Anden generation af virksomhedssystemet	
	20	Design af nye tiltag <ul style="list-style-type: none"> - Ideer til inddragelse af CT i matematik via analog så som digitale artefakter 	
	10	Opsamling og næste step	
			2. stimulus <ul style="list-style-type: none"> - Anden generation af virksomhedssystemet - Ideer til nye tiltag med udgangspunkt i matematikbogen
Næste møde for opfølgning på undervisningen?			

CL-session nummer: 4	Skole: nr. 3
To-do som forberedelse	
Hovedfokus for sessionen i forhold til ekspansiv læring Modellering, undersøgelse og implementering	
Målet: At sætte fokus på artefaktets betydning i arbejdet med CT.	

Klokken	Min.	Tema	Tools, 1.stimulus, 2. stimulus
10.30	20	Opsamling og overvejelser siden sidst <ul style="list-style-type: none"> - Hvad er der sket siden sidst? - Arbejdet med division, Scratch (geometri, koordinatsystem), Micro:bit, Ozobot, unpugged aktiviteter - Andet? - Hvad fungerede godt ... og hvad fungerede mindre godt? - CT-fagligt - Matematikfagligt 	<ul style="list-style-type: none"> - Første stimulus med udgangspunkt deres egen opsamling og overvejelser siden sidst. - Første stimulus: PowerPoint slides der fremhæver det de enkelte klasser havde arbejdet med. Fokus på, hvordan de anvender CT-strategier
		Første stimulus Med fokus på eksempler på, hvor de inddrager de enkelte CT-strategier.	
	30	Didaktisk cyklus og TSM <ul style="list-style-type: none"> - Fokus på aktiviteten inden session 4. 	
	10	Opsamling og næste step	
			2. stimulus Didaktisk cyklus og TSM.
Næste møde for opfølgning på undervisningen?			

0. APPENDIKS F. MANUSKRIFT CL-SESSIONER

CL-session nummer: 5	Skole: nr. 3
To-do som forberedelse OBS kort møde, da de skal videre til et andet møde.	
Hovedfokus for sessionen i forhold til ekspansiv læring Empirisk analyse, modellering og implementering.	
Målet: At få indsigt i, hvordan det pædagogiske personale igennem interventionen har arbejdet med CT.	

Klokken	Min.	Tema	Tools, 1.stimulus, 2. stimulus
10.30	15	Opsamling og overvejelser siden sidst	
	20	Virksomhedssystemet - Fokus på modsætninger. Hvordan har de arbejdet med de tidligere fremhævede modsætninger og er der kommet nye til?	- Første stimulus med udgangspunkt deres egen opsamling og overvejelser siden sidst.
	20	Didaktisk cyklus og TSM - Fokus på aktiviteten mellem session 4 og 5.	- Første stimulus: PowerPoint slide der fremhæver det de enkelte klasser havde arbejdet med.
	5	Opsamling og næste step	2. stimulus Virksomhedssystemet Didaktisk cyklus og TSM.
Næste møde for opfølgning på undervisningen?			

COMPUTATIONEL TANKEGANG I MATEMATIK

CL-session nummer: 6	Skole: nr. 3
To-do som forberedelse Post-it Model af trekanten – printet?	
Hovedfokus for sessionen i forhold til ekspansiv læring Modellering, undersøgelse, implementering og refleksion.	
Målet: at se på modsætninger og igennem bearbejdning heraf fører dette videre til potentialer ved det valgte artefakt.	

Klokken	Min.	Tema	Tools, 1. stimulus 2. stimuli
10.30	5	- Opsamling og overvejelser siden sidst	
	10	- Thinking loud	Bebras task
	20	- hvor er de i deres egen forståelse af CT?	
		- At se på udfordringerne i forhold til objektet (CT i matematik).	Anden generation af virksomhedssystemet
		- Objektet	
		- Artefakterne	
		- Rollen mellem det pædagogiske personale og det lidt mere frie design vs matematikbøgerne vs eleverne	
	20	- At se på potentialerne	Prior-analyse
		- Modellering af fundende fra øvelsen med aktivitetssystemet. Hvilke muligheder giver det specifikke artefakt i forhold til at inddrage CT i matematik	Micro:bit, Bee-bot og Scratch
	20	- Afrunding af forløbet – kom godt i mål	
		- Værksteder	
		- Små opgaver i undervisningen frem til juni (lade CT blive en større del af undervisningen frem mod sommerferien, digitalt og analogt)	
		- CT som base for problemløsning i undervisningen	
		- Matematiktest (juni)	
11.45	75		
Næste møde for opfølgning på undervisningen?			

0. APPENDIKS F. MANUSKRIFT CL-SESSIONER

CL-session nummer: 7	Skole: nr. 3
To-do som forberedelse Post-its, tusser, refleksionsark, mindmap.	
Hovedfokus for sessionen i forhold til ekspansiv læring Refleksion og konsolidering	
Målet: Styrke refleksionen og sikre at den nye viden bliver konsolideret.	

Klokken	Min.	Tema	Tools, 1.stimulus, 2. stimulus
12.30	20	Opsamling og overvejelser siden sidst <i>Historisk, nutidigt og fremtidigt perspektiv</i> <ul style="list-style-type: none"> - Historisk – hvordan har I arbejdet med teknologi i matematikundervisningen tidligere? - Nutid – hvordan har det været i - Fremtid: hvad har dette projekt i fremtiden? <i>Didaktisk indsigt</i> Hvilken opgave stillede vi? <ul style="list-style-type: none"> - Hvilke matematiske tegn (fx begreber; sprog) forventede vi af eleverne brugte? - Hvilke tegn på computational thinking forventede vi? Hvilket artefakt brugte vi (fx bog; teknologi; mønter; centicubes)? <ul style="list-style-type: none"> - Hvad var vores forventning til brugen af artefaktet? (hvordan skulle den bruges i forbindelse med den matematiske kunnen? Hvad skulle den i forhold til CT? Hvordan løste de opgaven? <ul style="list-style-type: none"> - Fremkom de tegn vi havde forventet? Opstod der nye tegn? Skete der noget uventet? Hvilken rolle havde artefaktet? Hvad var der af forskelle på klasserne? <ul style="list-style-type: none"> - Gjorde I noget anderledes? Hvorfor? 	2. stimulus Refleksionsopgave Orkestrering mellem CT og matematik Mindmap
	20	Refleksionsopgave <ul style="list-style-type: none"> - Tre Aha-øjeblikke (Hvad har overrasket dig? Hvad har inspireret dig til at arbejde videre med emnet?) - Tre forstyrrelser (Hvad har der været af barrierer undervejs? Hvilke forstyrrelser har der været i forløbet? Hvilke bekymringer eller frustrationer har der været undervejs?) 	
	25	Orkestrering mellem CT og matematik <ul style="list-style-type: none"> - Indsigt i deltageres NUZO Mindmap	

	10	<ul style="list-style-type: none">- Fra tidligere workshop- Nye tilføjelser?	
	20	<p>Evaluering</p> <ul style="list-style-type: none">- Hvad har overrasket jer mest/hvis noget i denne proces? Hvad tager I med jer videre?- Potentialer ved at arbejde med teknologierne? Eller medierende artefakter?- Barrierer ved at arbejde med teknologierne?- Problemløsende allerede i indskolingen – har det hjulpet eleverne?- Hvad gør det for jeres undervisningspraksis at I har arbejdet med disse medierende artefakter/teknologierne i undervisningen?- Kan I se at I vil trække på nogle af metoderne fra CT i jeres kommende arbejde med de nye indskolings elever?- Eller for JP på mellemtrinnet?- Hvad kommer der til at ske senere hen?	
Næste møde for opfølgning på undervisningen?			
Aftale om opfølgende interviews.			

Appendiks G.

Beskrivelse CL-sessioner

I **session 1** blev deltagerne introduceret til den ekspansive læringsaktionscyklus og CHAT-metodologien. Grunden hertil var, at deltagerne skulle have et så informeret grundlag som muligt, så de havde en forståelse for, hvorledes de enkelte CL-sessioner ville forløbe, herunder både deres og min rolle som interventionist. I denne session var der særligt fokus på læringshandlingerne spørgsmål, en historisk analyse og en begyndende modellering. Som det frem går af spørgeskemaet (fig. Xx) var brugen af digitale artefakter og CT som en del af matematikundervisningen nyt for deltagerne. For at katalysere processen blev deltagerne bedt om at kigge efter elementer af CT i deres nuværende praksis. Denne stimulans gjorde brugen af CT-strategier synlig for det pædagogiske personale i deres daglige praksis. De kom fx med eksempler på, at CT kunne hjælpe eleverne i forhold til problemregning og konfliktløsning. Da session 1 lå før observationer i klasserummene, blev denne session brugt som en begyndelse for deres designproces. Det pædagogiske personale fremhævede, at inddragelsen af CT i matematikundervisningen var i konflikt med kun at have fokus på matematik som fagområde. Her opstod en modsætning, der kan beskrives som matematik vs. CT og matematik. Dette kan således stilles op som en modsætning mellem regler (fagligt indhold) og objektet for virksomheden. For at starte med at bearbejde dette problemrum blev det første digitale artefakt (Beebot), som de ville arbejde med, inddraget i sessionen. Efter lidt tid med denne hentede en af matematiklærerne deres matematikbog. Disse to andre stimuli var med til at starte designprocessen, hvor både matematikbogen og det digitale artefakt hjælp dem videre i processen. Begge stimuli var inddraget af deltagerne selv. Læringshandlingen modellering blev således også tydelig i denne session, men igangsat af deltagerne.

I **session 2** skulle deltagerne først skrive ned på post-its, hvad der fungerede godt, og hvad der fungerede mindre godt i arbejdet med CT i matematikundervisningen siden sidste CL-session. Formålet med sessionen var at sætte fokus på følgende læringshandling spørgsmål, empirisk analyse, modellering og undersøgelse. Dette gav mulighed for, at det pædagogiske personale selv kunne pege på udfordringer i det design, de under første CL-session var påbegyndt. Af udfordringer var der særligt vægt på gruppestørrelser, gruppesammensætning, uro ved inddragelse af de digitale artefakter, pladsmangel og manglede kobling mellem CT og matematik. Herefter blev de præsenteret for mine refleksioner over observationerne i form af 1. stimulus som spejlmateriale. Et eksempel på et af mine observationsnedslag var også relateret til grupperne, og der vises et kort videoklip af følgende situation for deltagerne.

Pædagogen i B-klassen introducerer pappladen, hvorpå der stod nogle tal. ”Vi skal lave et matematikstykke i vores matematikbog og så skal vi have programmeret Beebot til at gå hen på resultatet” (Pædagog, B-klassen, første observation). Det var

her tydeligt, at eleverne tog opgaven til sig, men der var også nogle grupper, som hurtigt blev færdige med opgave og begyndte at skabe lidt uro ved at henvende sig til de andre grupper. To af disse grupper slog deres papplader sammen, så Betbot havde et større areal, den kunne flytte sig på.

Dette er et eksempel på, hvordan eleverne var med til at eksperimentere i undervisningen, men også at nogle grupper begyndt at skabe uro omkring sig, når de var færdige med opgaven. Eksemplet her viser også, at det pædagogiske personale stod i et dilemma, da nogle elever var hurtigt færdige, og andre kunne bruge længere tid på fordybelse. Eleverne i dette eksempel løser det selv, men andre gange førte det til uro, der krævede et skifte i opgaven. Efterfølgende blev deltagerne præsenteret for første generation af virksomhedsmodellen (Vygotsky, 1978). Denne model blev valgt, så deltagerne kun skulle fokusere på subjektet, den formidlende artefakt og objektet virksomhedssystemet. Det blev her fremhævet, at det digitale artefakt kunne fungere som et visuelt artefakt, der kunne hjælpe eleverne med at udvikle deres matematisk forståelse. Men det viste sig også, at hvis opgaven ikke var på det rette niveau for eleverne, fungerede artefaktet som et indviklet element, der forvirrede eleverne. Denne stimulus gjorde modsætningerne mærkbare og håndgribelige i relation til subjekt, artefakt og objektet. Denne indsigt brugte det pædagogiske personale i forbindelse med at udarbejde det videre design, der her fik et større matematisk fokus i arbejdet med geometriske figurer.

I **session 3** blev deltagerne introduceret for anden generation af virksomhedssystemet for at se efter spændinger og modsætninger i hele virksomhedssystemet. Formålet med sessionen var som i session 2 at sætte fokus på følgende læringshandlinger spørgsmål, empirisk analyse, modellering og undersøgelse. Det blev klart, at det betød meget for det pædagogiske personale at have fælles forberedelsestid, men det viste sig, at det ikke altid var muligt. Denne form for fælles forberedelse var vigtig, da det pædagogiske personale var nødt til at udvikle deres eget undervisningsmateriale, da der på dette tidspunkt var begrænset tilgængeligt undervisningsmateriale til rådighed, der inddrog CT i matematik. Spejlmaterialet i denne session havde fokus på, hvordan CT kom til udtryk i undervisningen, og hvordan de håndterede de modsætninger, der blev belyst i anden session. Det fremkom under anden session, at det var svært at koble CT og matematik. Det pædagogiske personale havde under session 2 givet udtryk for, at det var svært for dem at udvikle og designe opgaver relateret til CT. Ud fra ønske fra deltagerne blev de præsenteret for forskellige digitale artefakter, der kunne kobles med det fagfaglige indhold, de var nået til i deres matematikbog. Dette var tænkt som anden stimulus og som inspiration til den videre designproces. For at imødekomme fastholdelsen af CT i matematik kommer en af deltagerne med en idé om, at de efter hver undervisningsgang forholder sig til CT i form af et refleksionsark. Tanken var, at det ark skulle bruges, både når de havde specifikt fokus på CT i matematik, men også når det blot var den ordinære matematikundervisning. Dette refleksionsark kan således ses som en anden stimulus indført af deltagerne selv.

På grund af Covid-19-lockdown i Danmark var der en pause mellem den 3. og 4. CL-session. Dette indebar også, at det pædagogiske personale kun arbejdede sporadisk med projektet i dette tidsrum (se tabel 1).

I session 4 var der sket et skifte, da det pædagogiske personale havde valgt at dele sig op og arbejde mere individuelt i deres klasseteams. Derved skete der også et skifte i forhold til, hvilke behov de havde for facilitering. Fokusset i denne session lå på læringshandlingerne modellering, undersøgelse og implementering. Igennem de tre tidligere sessioner var det tydeligt, at det digitale artefakt havde en central betydning for det pædagogiske personale i arbejdet med at transformere deres virksomhed. Derfor blev det relevant at inddrage teorien om den didaktiske cyklus og TSM (se artikel III) som anden stimulus, hvor dette kunne fungere som design i den videre proces. Den anden stimulus gjorde det ligeledes muligt for det pædagogiske personale at blive opmærksomme på, hvilke medierende egenskaber de artefakter, de arbejder med, havde i relation til matematikundervisningen. Gennem den didaktiske cyklus analyserede det pædagogiske personale først en undervisningssekvens ud fra deres egen praksis. Ud fra denne analyse fremkom der flere nye idéer til opgaver, der involverer digitale artefakter. Den didaktiske cyklus som anden stimulus var således med til at guide det pædagogiske personale videre i deres designproces.

I session 5 var der fokus på følgende læringshandling fra den ekspansive læringscyklus empirisk analyse, modellering og implementering. Hensigten var her at samle op på de erfaringer, det pædagogiske personale allerede havde gjort sig, og at se fremad mod en afslutning af interventionen. Deltagerne skulle her sætte ord på, hvad de igennem forløbet havde arbejdet med i relation til CT og matematik. Her blev det fremhævet et behov for at have et større kendskab til de digitale artefakter for at kunne introducere dem i undervisningen. De så ligeledes, at der var en vis progression i de digitale artefakter, de arbejdede med, hvor fx brugen af Scratch Jr. Kunne være et godt redskab før Scratch. Dernæst blev de igen præsenteret for virksomhedssystemet, som de derefter skulle udfylde for at få øje på nogle af de modsætninger, de tidligere havde fremhævet, og se, om der var kommet nye til. Her blev særligt tidsperspektivet igen fremhævet, da arbejdet med CT kræver ekstra tid til forberedelse. Her opstod der forskelligrettede motiver mellem på den ene side CT i matematik og fokus på faglige mål. Under dette CL blev arbejdsdelingen også tydelig i B-klassen, da det var klassens pædagog, der havde stået for at arbejde med Scratch mellem session 4 og 5, hvilket klassens matematiklærer var afklaret med, da klassen ellers ikke ville have arbejdet med dette artefakt. I denne session blev den didaktiske cyklus og TSM igen inddraget som anden stimulus for at hjælpe det pædagogiske personale i at skabe en kobling mellem brugen af det digitale artefakt, CT og matematik. Imellem session 5 og 6 var der endnu et lockdown med baggrund i Covid-19.

Session 6. Med baggrund i den viden, der var opstået i session 5, deltog dansklærerne fra henholdsvis A- og C-klassen i session 6. B-klassens matematiklærer var også

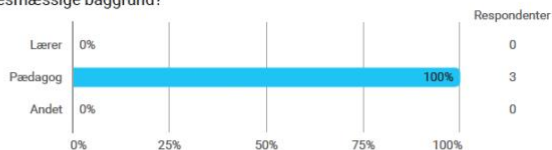
klassens dansklærer. Dansklærerne deltog for det første, for at deltagerne kunne vidensdele med klassernes andre lærere, men også fordi det pædagogiske personale i faggruppen havde brug for at kunne lave en emneuge og trække på nogle af de andres fagtimer. Dansklærerne deltog på initiativ fra deltagerne i interventionen. Fokus for denne session var på følgende læringshandlinger modellering, undersøgelse, implementering og refleksion. Formålet var at få et indblik i det pædagogiske personales nuværende arbejde med CT i matematik og langsomt begynde at se fremad mod en konsolidering af den nye viden. Først skulle deltagerne i interventionen beskrive for de andre, hvad de havde arbejdet med siden sidst. Beskrivelsen af deres tidligere aktiviteter var med til at give et indblik i, hvordan de brugte og italesatte CT som en del af matematikundervisningen. Den ekspansive læringscyklus blev derefter inddraget for at beskrive, hvordan de undervejs har arbejdet med CT, og for at give dansklærerne et indblik i processen. Derefter skulle de arbejde med læringshandlingerne modellering, undersøgelse og implementering. Dette var med til, at dansklærerne blev inddraget i processen i forhold til indholdet i en værkssteduge, deltagerne var ved at designe. Her genbesøgte og undersøgte de tidligere handlinger for, hvad der havde fungeret godt, fx i forhold til gruppestørrelser, digitale artefakter og skabelse af opgaver. Som en del af den anden stimulus blev de præsenteret for forskellige unplugged opgaver (Bebras task), hvor de skulle løse dem i fællesskab ved at tænke højt. Formålet med denne øvelse var at give et indblik i, at der også kunne arbejde med CT uden brug af digitale artefakter. Det gav ligeledes et indblik i, hvordan det pædagogiske personale arbejdede med CT i relation til deres egen forståelse af begrebet. Det pædagogiske personale gav udtryk for, at det var relevant at arbejde med disse opgaver, da opgaverne både var målrettet CT og matematik. Hertil blev løsningen, at jeg skulle udarbejde et kompendium med unplugged aktiviteter, som eleverne kunne arbejde med, hvis der blev tid i undervisningen.

Session 7 fungerede som evaluering af hele interventionen. Formålet med denne session var at styrke det pædagogiske personales refleksion over processen og sikre, at den nye viden blev konsolideret i den nye virksomhed. De læringshandlinger, der var i fokus, var hovedsageligt refleksion og konsolidering. Det første, det pædagogiske personale blev bedt om, var, at de skulle forholde sig til en refleksionsøvelse med fokus på tidligere aktiviteter i interventionen. Her blev de bedt om at forholde sig til et historisk, nutidigt og et fremtidigt perspektiv. De perspektiver, der blev fremhævet her, var alle kendetegnet ved de primære- og sekundære modsætninger, der er nævnt i tabel 8. Som anden stimulus blev det pædagogiske personale præsenteret for modellen orkestrering mellem CT og matematik (fig. 19). Denne model kan anses som værende en repræsentation af det pædagogiske personales zone for nærmeste udvikling i arbejdet med at integrere CT i matematik. Formålet med denne anden stimulus var at få et indblik i det pædagogiske personales egen indsigt i arbejdet med CT. Modellen gav en indsigt i, hvordan nogle af deltagerne fortsat arbejdede med at bryde med tidligere rutiner fra den gamle virksomhed, men også en indsigt i at være bevidst om disse rutiner, og hvad der skulle til for at bryde med dem. Det pædagogiske personale gav dog udtryk for, at modellen, som den var

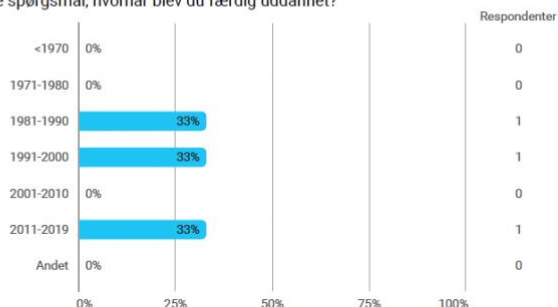
opstillet, ikke gengav de tydelige overlap mellem de enkelte felter i modellen. Modellen blev derved transformeret ved hjælp af deltagerne, se figur 23. Som anden stimulus blev det mindmap, deltagerne udviklede på workshop 2, inddraget for at se, om deres forståelse af CT i matematik havde ændret sig, eller om der var noget, der skulle tilføjes.

Appendiks H. Digitale erfaringer

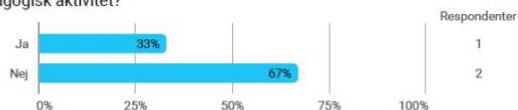
Hvad er din uddannelsesmæssige baggrund?



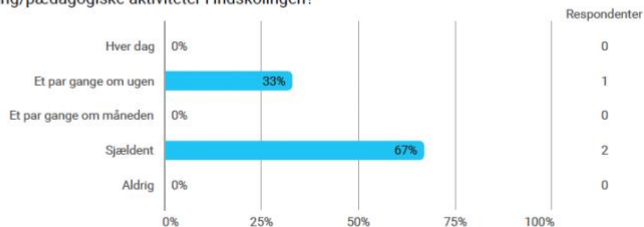
På baggrund af forrige spørgsmål, hvornår blev du færdig uddannet?



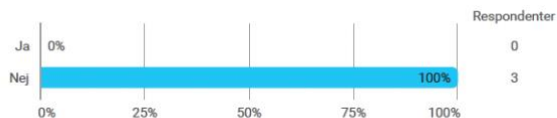
Har du de nødvendige kompetencer til at arbejde med digitale teknologier i undervisningen relateret til dit fag/ en pædagogisk aktivitet?



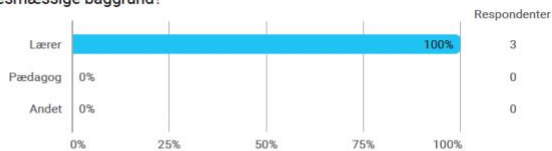
Hvor ofte har du det seneste skoleår brugt digitale teknologier i forbindelse med din undervisning/pædagogiske aktiviteter i indskolingen?



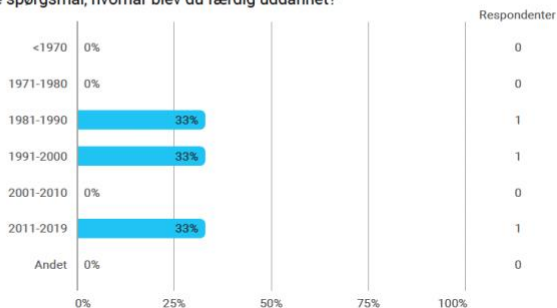
Arbejder du allerede nu med kodning og programmering i forbindelse med din matematikundervisning eller pædagogiske aktiviteter i indskolingen?



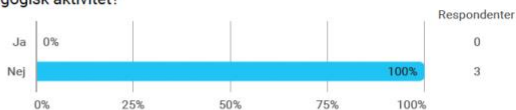
Hvad er din uddannelsesmæssige baggrund?



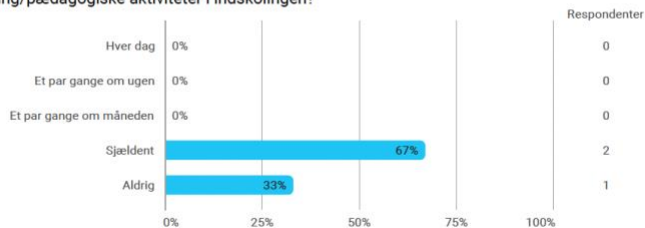
På baggrund af forrige spørgsmål, hvornår blev du færdig uddannet?



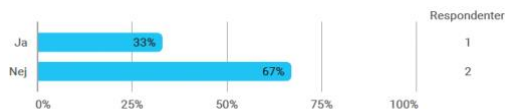
Har du de nødvendige kompetencer til at arbejde med digitale teknologier i undervisningen relateret til dit fag/ en pædagogisk aktivitet?



Hvor ofte har du det seneste skoleår brugt digitale teknologier i forbindelse med din undervisning/pædagogiske aktiviteter i indskolingen?



Arbejder du allerede nu med kodning og programmering i forbindelse med din matematikundervisning eller pædagogiske aktiviteter i indskolingen?



Appendiks I Dataindsamling skole 1,2,4

Skole nr. 1

Workshop	Observation	CL1	Observation	CL2	Observation	Workshop	Observation	CL3
27.09.2019	11.11.2019	22.11.2019	11.12.2019	14.01.2020	04.02.2020	01.09.2020	19.11.2020	30.11.2020
360 minutter	180 minutter	53 minutter	90 minutter	75 minutter	105 minutter	360 minutter	90 minutter	86 minutter

Skole nr. 2

Workshop	Observation	CL1	Observation	Observation
03.9.2019	30.09.2019	10.10.2020	02.12.2019	09.12.2019
360 minutter	90 minutter	60 minutter	90 minutter	90 minutter

Skole nr. 4

Workshop	Observation	Observation	CL1	Observation	CL2	CL3	CL4	Observation
03.09.2019	29.09.2019 A+C	03.12.2019 B	09.01.2020	11.02.2020 A+C	11.03.2020	20.08.2020	07.10.2020 Lærer B	03.11.2020 B. klassen
360 minutter	A: 90 minutter B: 90 minutter	90 minutter	60 minutter	A: 90 minutter B: 90 minutter	50 minutter	75 minutter	30 minutter	120 minutter

Appendiks J. Indholdsanalyse og kodebog

	Definition	Eksempel	Koderegul
Medierende artefakt	Medierende artefakter omfatter fysiske artefakter, tegn, sprog, symboler gennem, hvilke mennesker kommunikerer, oplever og opbygger virkeligheden	Det pædagogiske personales brug af artefakter, herunder sprog, tegn, digitale artefakter, bøger etc.	Identificering af artefakter der er med til at inddrage CT i matematikundervisningen og modsætninger der opstår
Objekt	Objektet er det mål, der er identificeret ved subjektet, og som virksomheden er rettet mod	CT i matematik	Det mål som virksomheden er rettet mod
Subjekt	Person eller personer, der ønsker at udføre deres virksomhed	Matematiklærere og pædagoger	Hvordan fremstår den enkelte i det kollektive
Arbejdsdeling	Hvordan opgaver, magt og situationer inden for fællesskabet er fordelt	Arbejdsdelingen mellem lærer og pædagog skifter. Pædagogen overtager undervisningen	Identificering af forskellige ekspertiser i fællesskabet og de indbyrdes relation
Fællesskab	Den sociale kontekst med relation til virksomheden	Andre af skolens teams hjælper med at flytte rundt på undervisningen, så det pædagogiske personale får mere samlet undervisningstid	Vigtigheden og relationen til konteksten
Regler	Eksisterende regler og interaktioner inden for en virksomhed	Hvordan kobles det faglige mellem CT og matematik	Identificering af nuværende regler indenfor virksomheden og mødet med nye regler i inddragelsen af CT
Design	Didaktiske overvejelser i forbindelse med at inddrage CT i undervisningen. Herunder fysiske ramme og organisering af undervisningen	Der skal gives plads til at undersøge det digitale artefakt både i forbindelse med forberedelse og i undervisningen	Identificering af strukturer i undervisningen, brug og design af opgaver
CT i matematik	Temaet omhandler hvordan de to begreber indbyrdes kan ses i en sammenhæng og hvordan det pædagogiske personale arbejder med de potentialer og begrænsninger der opstår.	Eksempelvis om fokus skal være på CT eller matematik eller en blanding. Det ses at CT kan være med til at visualisere repræsentationer for eleverne og styrke dem i deres sprogliggørelse af matematiske begreber.	Identificering af det pædagogiske personales arbejde med CT i matematik og koblingen herimellem
CT-tænkere	Det pædagogiske personales forståelse og handlinger i arbejdet med at inddrage CT	Ved selv at afprøve de digitale artefakter eller ved italesættelse af CT-begreber og brug her af (også som tavs viden)	Identificering af, hvordan den enkelte og kollektivet begynder at arbejde og italesætte arbejdet med CT
Kollektivt	Det kollektives betydning for forandringsprocessen	Det pædagogiske personale kommer med de samme forudsætninger, de starter med samme udgangspunkt	Identificering af hvordan det pædagogiske personale kollektivt bruger hinanden
Primær modsætning	Modsætning inden for det enkelte element af virksomhedssystemet.	Matematikbøgerne og de digitale artefakter understøtter ikke nødvendigvis hinanden	Undersøge for primære modsætninger i de enkelte elementer af virksomhedssystemet
Sekundær modsætning	Opstår mellem de enkelte elementer af virksomhedssystemet	Manglende forberedelsestid gør det svært at arbejde med objektet: CT i matematik	Identificere modsætninger mellem to af virksomhedssystemets elementer
Tertiær modsætning	Modsætning mellem selve objektet for den dominerende virksomhed og en mere avanceret ny form for central virksomhed	Værkstedsguen er svær at implementerer i virksomheds nuværende form	Identificere modsætninger mellem den nuværende virksomhed og en ny mere avanceret
Kvartær modsætning	Modsætning mellem det centrale virksomhedssystem og dens relaterede virksomhed	Kompetenceudvikling af det pædagogiske personale. CFU og det pædagogiske personale ser ikke ens på objektet	Identificere modsætninger mellem den centrale virksomhed og andre relaterede virksomhedssystemer

Kaup, C. F. (2022):

Codebook to the article: A Cultural-Historical Perspective on How Double Stimulation Triggers Expansive Learning.

Expansive learning

Questioning

- Q1: Challenging participants into questioning
- Q2: Criticizing existing practice
- Q3: Questioning the proposed development

Analyzing

- A1: Articulating needs and ideas
- A2: Historical analysis
- A3: Articulating problems or challenges
- A4: Identifying contradictions
- A5: Weighing alternative solutions
- A6: Analyzing implemented curricular units
- A7: Interpretation of rules and policies

Modelling

- M1: Sketching the initial idea of a model
- M2: Naming and defining the model
- M3: Fixing the model in material or graphic form
- M4: Varying and adapting the model
- M5: Ideation for concrete curricular units
- M6: Ideation for redesign of implemented curricular units

Examining

- E1: Discussing the model critically
- E2: Enriching the model
- E3: Analysing not yet implemented curricular units

Implementing

- I1: Reporting on the use of designed curricular units
- I2: Evaluation of implemented curricular units

Reflecting on the process

- R1: Reflections on activities in the process
- R2: Reflections on personal professional development

Consolidating and generalizing

- C1: Articulating and summarizing outcomes
- C2: Discussing ideas for generalisations
- C3: Preparing dissemination activities

Non expansive learning action

- N1: Informing
- N2: Summarizing
- N3: Clarifying
- N4: Isolated episode
- N5: Planning for implementation of curricular units

Questioning

Questions previous activities - by analyzing or pointing out problematic situations

Analyzing

Analysis of systematic and historical causes in relation to the problem identified
Resolves and models internal contradictions of the activity system and activity that cause the problem. Attempts to uncover why and how they do what they do

Modeling

Looking at the systematic structure of activity to find new forms of activity that can create expansive ways of resolving inner tensions
Finding new ways to interpret the purpose of the activity (the object) and a new logic of the organization.
Create a new model of activity. Look at how concrete learning materials can be targeted to the object or redesigned.

Examining

Discuss the model critically or enrich it from new angles or with new knowledge/new ways of solving it. Analysis of non-implemented content.

Implementing

Concretization of the new model. Which changes to test next time, take the first steps into practice and evaluate them. Start transforming practice by designing and implementing new tools and solutions.

Reflection

Reflection on the activity, including competence development

Consolidating and generalizing

Start teaching others what we have learned - it becomes a regular part of practice.

Double stimulation

- Phase 1: a problem related to the object of the activity, or the unit of analysis observed by the researcher or the participant.
- Phase 2: a conflict of motives articulated by the researcher or the participant and dealing with the object of the activity.
- Phase 3: a possible auxiliary motive that helps to overcome the problem in Phases 1 or 2 such as an idea or a concept, etc.
- Phase 4: A plan for implementation of the model, which could be coordination of the process or who should complete certain tasks related to the object of the activity.

When one of the four phases occurs in a new learning action, then it is count again.

Appendiks K. Indblik fra observation til CL

Observationsnedslag med baggrund i de første observationer i A. – B. – C. klassen

Pædagog B-Klassen: siger at han synes at det er legen der fylder mere end formålet (matematik)

- Han siger også at han kan se at der sker noget med de elever der er udfordret

Måske kan teknologien bruges som redskab/understøtte

Der opleves en del uro/højt støjniveau i B. klassen. Læreren italesætter dette et par gange.

Observationer over grupper: Eleverne arbejder i alle klasser af to eller tre. Det fungerer bedst i grupper af to, der er en del uro omkring grupper med tre, da alle gerne vil prøve Beebot.

Eksempler på inddragelse af CT:

I A-klassen er der en god kobling mellem det digitale artefakt og matematik fx at få Beebot til at gå et kvadrat og derefter skrive algoritmen op.

Eksemplet fra B-klassen viser, hvordan læreren og pædagogen supplerede hinanden i opgaveformidlingen.

Eksemplet fra C-klassen havde fokus på eksemplet med fejlsøgning. Her brugte læreren sig selv som eksempel, da mange elever havde svært ved højre og venstre. Læreren kom her med en analogi omkring at det kunne hun heller ikke finde ud af da hun skulle tage kørekort. Der var et fokus på at det er okay at fejle.

Herunder vises manuskriptet som er udarbejdet før CL-sessionen sammen med PowerPointet.

CL-session nummer: 2	Skole: nr. 3
To-do som forberedelse Post-its, kuglepenne, PowerPoint, analyse af observationer.	
Hovedfokus for sessionen i forhold til ekspansiv læring Empirisk analyse, modellering og undersøgelse Målet: At hjælpe deltagerne med at inddrage CT i undervisningen.	

Klo kke n	Mi n.	T e m a	Tools, 1.stimulus, 2. stimulus
10.3 0	20	<p>0. APPENDIKS K. INDBLIK FRA OBSERVATION TIL CL</p> <p>Opsamling og overvejelser siden sidst</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hvad er der sket siden sidst? - Hvad fungerede godt ... og hvad fungerede mindre godt? - CT-fagligt - Matematikfagligt 	<ul style="list-style-type: none"> - Første stimulus med udgangspunkt deres egen opsamling og overvejelser siden sidst. - Første stimulus: PowerPoint slides der fremhæver det de enkelte klasser havde arbejdet med. Fokus på, hvordan inddragelse af unplugged aktiviteter, uro på klassen, brug af analog artefakter vs digitale
	20	<p>Første generation af virksomhedssystemet</p> <ul style="list-style-type: none"> - Subjekt, artefakt, objekt 	2. stimulus
	20	<p>Design af nye tiltag</p> <ul style="list-style-type: none"> - Idéer til inddragelse af CT i matematik via analog så som digitale artefakter 	
	10	<p>Opsamling og næste step</p>	
Næste møde for opfølgning på undervisninger			

Indhold PowerPoint

Slide 2: Præsenterer den ekspansive læreproces for deltagerne, så de får et indblik i processen.

Slide 3: Samler op på deltagernes perspektiv siden sidst

Slide 4: Korte observationer på tværs af klasserne

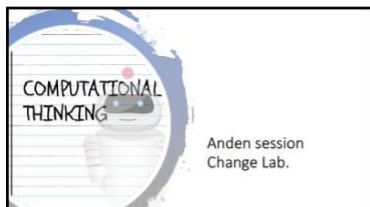
Slide 5 -8: Videoeksempler fra observationerne – hvordan har de arbejdet med CT

Slide 9: Tager nogle af de udfordringer op som er blevet nænt, observeret eller diskuteret under seneste CL-session

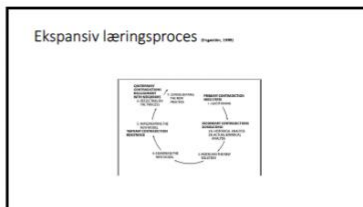
Slide 10: Præsenterer 1. generation af virksomhedsmodellen for deltagerne der dernæst skulle udfylde den med baggrund i den undervisning de lige havde haft

Slide 11: Sætter fokus på arbejdet med CT ind i deres nuværende undervisning

Slide 12-19: Har et fremtidsperspektiv, hvor deltagerne skal se fremad mod nye muligheder ud fra den analyse der lige er blevet lavet.



1



2

Siden sidst...

Observationer

1. Hvad gik godt?
2. Hvad vil i ikke gøre næste gang?
3. Hvad vil i gøre igen næste gang?

3

På tværs af klasserne

- Undersøgende tilgang
 - Opsamlinger på klassen – hvad har i fundet ud af?
 - Elev Ja – "Jeg er (A klassen) kan vi ikke få denne blyant, den går ikke som vi vil have". Elev: "Vi rykkede noget ind og så gjorde den det ikke". Jørgen kender et en lille kugle og så endte det ikke". Jørgen trækker hun på kryds og så GO, men der skete ingenting"
- Citat Pædagog (B klassen): "legen fylder mere end formålet"
- I viser det med egen krop fx, hvordan Beebot drejer – går fremad osv.
- Demonstrer de enkelte øvelser fx med papptavler
- I viser det er okay at lave fejl
 - Pædagog (C klassen): " selv om man gjorde noget forkert – så gav i ikke op"

4



5



6

Fejlsøgning



7



8

Udfordringer?

- Forberedelse
- For lang tid/kort tid?
 - Hvad er bedst didaktisk/ pædagogisk?
- Elever der er udfordret / svage elever?
- Teknologier som redskab/understøttelse

9

Mediernes rolle

Eleve

Miljø

Mediernes rolle i forhold til eleverne: hvordan kan vi bruge dem til at støtte eleverne i deres læring?

10

Hvordan arbejder vi med CT – hvordan er det anderledes fra det vi normalt gør?

- Pædagogisk
- Didaktisk
- Læringsmæssigt

11



Nogen idéer til næste fase?

12

Tegn med geometriske figurer

ELEVERNE UDFORMER HVER EN TEGNING PÅ DERES PÅDAS I GEMMET. FIGURER DER SAMMENSETTES AF 2 GEOMETRISKE FIGURER. HVER ELEVERNE, SOM DE GEMMER, HAVD ET HINDERS. HVER ELEVERNE ER HAVD ET DITTE, KAN DE PÅ. FÆLLESLEGEN FIGURERNE UDBRUDS, SÅLÆR.

13

TEGN, HVAD JEG SIGER - GEOMETRISK FIGUR

ELEVERNE UDFORMER HVER EN TEGNING PÅ DERES PÅDAS I GEMMET. FIGURER DER SAMMENSETTES AF 2 GEOMETRISKE FIGURER. HVER ELEVERNE, SOM DE GEMMER, HAVD ET HINDERS. HVER ELEVERNE ER HAVD ET DITTE, KAN DE PÅ. FÆLLESLEGEN FIGURERNE UDBRUDS, SÅLÆR.

14

Forskellige polygoner

- Programmer Bee Bot til at komme rundt
- Tekforsaget.dk - A3 ark der kan sættes sammen
- Fokus på kendetegn og egenskaber
- Geoboard
- Vinkler

15

TEGN OG REGN

- Opgaven introduceres med en lille regnehistorie som fælles fortælling. Eleverne kommer med bud på, hvilket regnestykke, der ligger bag fortællingen. Dernæst præsenteres eleverne for et simpelt regnestykke, og de skal nu komme med bud på, hvordan dette kunne omsættes til en fortælling. Når eleverne er fortrolige med omsætningen fra regnestykke til fortælling og vice versa, sættes de i makkerpar, og skal nu
- lave et simpelt regnestykke ud fra hele tal mellem 0 og 10
- programmere en regnehistorie i Scratch Jr, som udtrykker regnestykket
- finde et andet makkerpar og sammen afprøve hinandens regnehistorier og forsøge at gætte, hvilket regnestykke, der ligger bag.

16

Gangetabeller

- på papir
- som rektangler s. 42 i bogen - kan der opstilles regler? Algoritmer for hvordan man kan "regne" gangetabeller?
- kan eleverne selv lave opgaver? Fx på en måde?
- Labyrint?

17

Hvad er næste step?

- Hvad er jeg blevet opmærksom på?
- Hvad skal jeg ud og gøre?
- Observation og næste møde.

18

Supplement til forældrebrevet

Møde med de andre i projektet:

d. 23.4.2020 kl. 8.30-11.30

Nærmere info kommer.

En dag i uge 27 eller uge 32?

I må gerne skrive ned, hvad I gør også når jeg ikke er med ☺

• Emne, tid, CT relateret

19

Herunder vises eksempler på, hvordan de analyserer (grå) og undersøger (blå) deres undervisning (model) de har udviklet. Dette udsnit omhandler, hvordan de håndterer grupperne. I en dialog mellem læreren og pædagogen i B-klassen og mig som interventionist.

7.	12:57	[redacted] vi manglede plader, så de skulle bytte mellem 1, 2, 3 også går der sådan lidt kaos i det	Kaos	A6	Phase 1 (hænger sammen med ovenstående) kaos		
8.	13:04	[redacted] så der skulle være nogle flere plader til måske, eller?		A6			
9.	13:07	[redacted] eller være en mindre gruppe børn	Mindre grupper af børn	A6			
10.	13:10	[redacted] for en anden opdeling eller fordeling, man kan sagtens strukturere i det.		A6			
11.	13:15	[redacted] snakkede vi om, at hvis vi skal gøre noget anderledes næste gang... så det er måske noget med, at når vi er to lærere på, så er det godt at lave det til en værkstedsdel, hvor vi deler klassen ud. Man kan også lettere få den der kommunikation med gruppen, når der ikke er fem grupper sammen. Man kunne også måske have flyttet lidt om på bordene og lavet sådan nogle små rum i klassen, sådan at de var lidt mere isoleret fra hinanden. Men det er også det der med, at så skal der også samles, og det skal der også være plads til. Altså når man skal være inde for klassens fire vægge, så er det (utydelig)	Værkstedet – med små grupper – to lærere	E2 Beriger modellen med noget nyt	Phase 3 Dette er måske løsningen (phase 3) på nedestående. De tænker at bruge værksteder.		
12.	14:00	[redacted] Og det er også noget af det, vi kan snakke om undervejs, at i måske afprøver nogle forskellige tiltag og finder ud af, hvad er det måske der fungerer allerbedst. Og det vil også være forskelligt, tænker jeg, fra klasse til klasse. Inde ved jer var der måske en del uro også. Altså, der var meget gang i den		E2			
13.	14:14	[redacted] Vi snakker om, at vi har en 2-3 stykker som næsten kræver en mand... (utydelig)	Der er en 2-3 stykker i klassen der kræver en mand.	A6	Phase 2 conflict of motives – der er nogen der kræver mandsopdækning – men det skal ikke gå ud over de andre.		
14.	14:24	[redacted] men det skal ikke have lov at ødelægge oplevelsen for de andre		A6			
15.	14:27	[redacted] nej, for der er jo også rigtig meget godt (utydelig), der havde forklaringer, de var jo også engagerede og optaget		A6			
16.	14:34	[redacted] ja jeg synes de var engagerede allesammen		A6			
17.	14:36	[redacted] ja præcis		A6			
18.	14:37	[redacted] altså, der var lige de der få, der helst bare ville gøre det selv		A6			
19.	14:46	[redacted] om i hele vejen rundt? Næste gang, hvad vil I?		E2 Beriger modellen			
20.	14:48	[redacted] men altså, vi tror vi vil prøve noget værksteder næste gang, altså at man tager en del af klassen ud. Også måske også, vi har købt sådan en bane, som vi godt kunne tænke os at få afprøvet på en eller anden måde		E2	Phase 3 – værksteder bliver en mulighed for at løse problemet. Samme som ovenstående		
21.	15:02	[redacted] om der labyrint der?		E2			
22.	15:03	[redacted] lige præcis. Det er jo reelt det samme som papreglerne(?), men den mere fleksibel fordi man kan putte noget ind i den		E2			
23.	15:18	[redacted] så snakkede vi om de her Ozobots, at det skal vi også have gang i (utydelig fordi en anden snakker)		E2			

Herunder vises et eksempel på, hvordan det med fejlsøgning og det med fejlkultur er blevet kodet som en undersøgende læringshandling af de modeller der er sat i gang. Der er også eksempler på, hvordan faserne fra TADS er kodet.

100.	10:54	I	<p> Hvordan det her med fejlkultur, er det noget i er opmærksomme på? Man har nogle gange hørt det her med, at man skal ikke fejle, og nogle gange kan man også måske se tendenser ude hos eleverne, at det skal være rigtig første gang, det jeg gør, det jeg laver. Er det noget i sådan har lagt mærke til? </p>	Fejlkultur -	E1 Modellen og indholdet diskuteres fx det med fejlkultur	Phase 1 – der er noget omkring fejlkultur (man skal ikke fejle – vi skal ikke vise vores fejl)		
101.	11:12		<p> Det er eksisterende. Der er børn, der har rigtig svært ved at række hånden op, hvis ikke de er helt sikker på det er rigtigt, og der bliver stille, og på den måde også bliver passive i timerne, fordi de ikke.. Og de andre findes jo også, dem der bare kaster sig ud i det. </p>		E1			
102.	11:32	(?)	<p> Jeg synes det er lidt.. Det tænkte jeg i hvert fald på til samtalen der i C og i B også, at mange af de der.. især måske piger er tryggere og er mere glade for dansk, fordi matematik er meget enten rigtigt eller forkert, den der usikkerhed, der er i det. </p>	Matematik er meget enten rigtigt eller forkert..	E1	Phase 1 matematik er meget enten rigtigt eller forkert/ fejl eksisterer ikke i nogle elevers verden		
103.	11:50		<p> Jeg oplever tit det modsatte, at hvis nu de har lavet regnestykket som så er forkert, når jeg sådan går rundt, og siger, du skal lige kigge på det her stykke igen. "Nej det er rigtigt, det har jeg regnet". Så sådan nogle typer har jeg inde ved mig. Nu er jo en matematiklærer, så måske jeg har ret i det jeg siger. "Nej", også kan de godt selv se det bagefter. Så jeg har altså nogle typer, som det der med fejl, det eksisterer ikke i deres verden. </p>	Fejl eksisterer ikke i deres verden..	E1			
104.	12:23		<p> Når de leger med de her robotter og programmere og sådan noget, så tror jeg det er meget vigtigt at få italesat, næsten at gøre det til sådan et mantra at sige, jamen du har ikke fejlet som sådan, men du har bare fundet endnu en måde, men hvor det ikke kan lykkes. Tjek ved den, så har vi 999 andre måder, vi kan prøve os frem på. Det tror jeg egentlig er vigtigt at få gjort det til sådan et mantra </p>	<p> Mantra: jamen du har ikke fejlet som sådan, men du har bare fundet endnu en måde, men hvor det ikke kan lykkes </p>	E1	Phase 3 måske kan CT hjælpe med at bryde kulturen det skal italesættes..		
105.	12:52	I	Ja, der er ikke noget, der er forkert her.		E1			
106.	12:53		Nej nej, det er der ikke		E1			
107.	12:54	I	Der er bare andre måder at gøre det på. Præcis. Godt, I kom hele vejen rundt her også?		E1			

Oversigt over temaer der er vendt under CL 2. Dette er en kondensering af transskriptionen af CL-sessionen. Oversigten giver et indblik i den begyndende indholdsanalyse på tværs af CL-sessionerne.

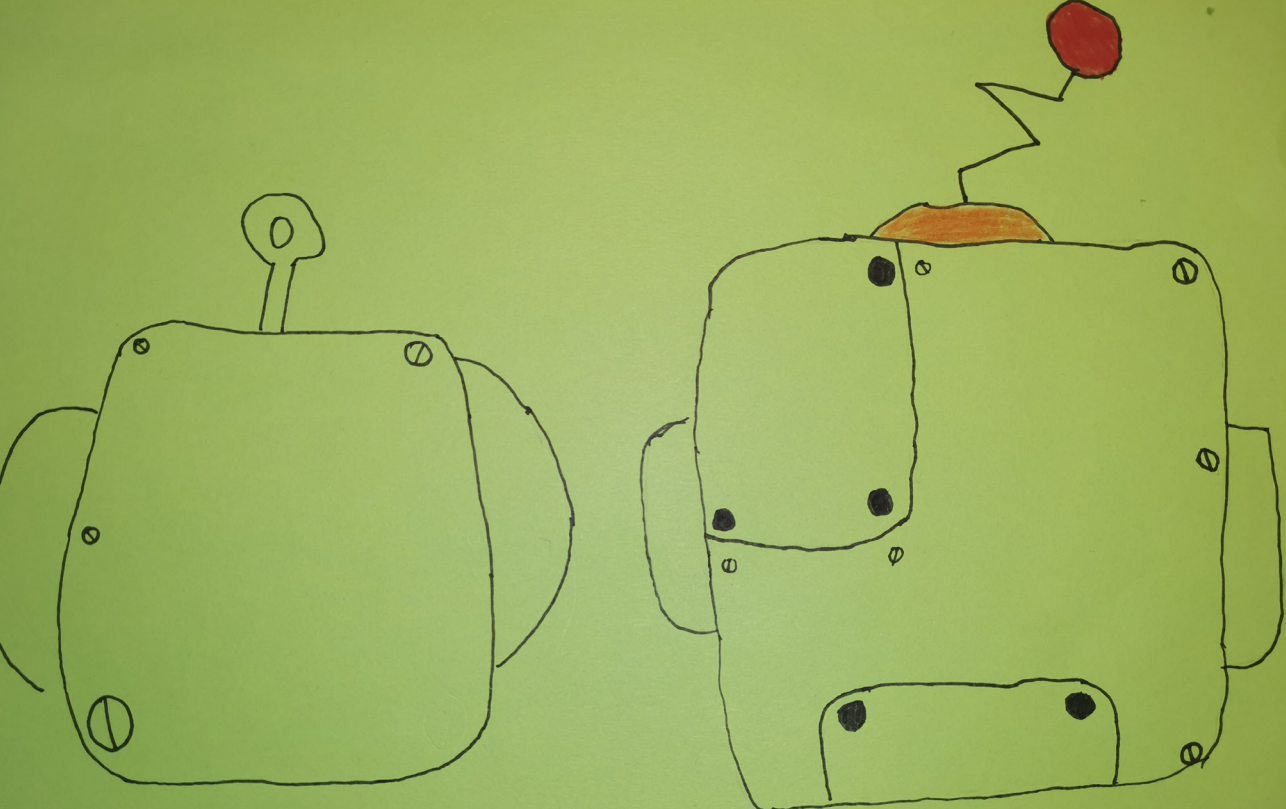
Tids perspektivet	Indhold	Begreb	Tema
1	Eksperimenterer		Design eksperimenterer -
	Hands-on		Design eksperimenterer -
	Stram struktur introduktion/leg	Regler	Design organisering -

			Lærer/elevperspektiv
	Organisering (for meget med to hold som en plade)		Design organisering –
2	Mangler på plader /materialer	Primær modsætning	Design – materialer
	Små grupper	Arbejdsdeling blandt elever	Design organisering –
	To lærere/pæd	Arbejdsdeling blandt lærerne	Design organisering/rammer –
	Uro /højt støjniveau på klassen	Primær modsætning	
3	Rollefordelingen mellem eleverne	Arbejdsdeling	
	Små pauser/ svært at holde fokus	Sekundær modsætning (Artefakt (opgaven) – objekt)	
	Rammerne / opdeling af klassen / ude på gangen	Fællesskabet (hvad er der af muligheder på skolen)	Design organisering/rammer –
	Struktur er vigtig (LAMA)	Regler (klasseregler)	Design organisering –
	Grupperne er vigtige	Arbejdsdeling	Design organisering –
4	Rammerne – sammen rum	Fællesskabet	Design – rammer
	Gruppesammensætning - niveau	Arbejdsdeling	Design – grupper

	God til mat ikke nødvendigvis teknologi Nye børn blomstrer	Arbejdsdeling	Nye børn blomstrer
	Kort intro – undersøge – fejlsøge sammen – opsamling	Artefaktet	Design – didaktik? organisering
	Fylder legen?	Sekundær modsætning mellem det digitale artefakt – objekt	
5	Nyhedsværdi		
	Koblingen til matematik mangler	Primær modsætning omkring objektet - kobling mellem CT og matematik	CT vs mat
	Fejlsøgning		
6	Trætte børn – svært ved at holde fokus	Sekundær modsætning (Artefakt (opgaven) – objekt)	
7	Elever eksperimenter (slår plader sammen)	Primær modsætning omkring artefaktet - eleverne mangler udfordringer	Design eksperimenterer -

	Læreren bruger sig selv som eksempel (C-lærer, fejler – kører bil)		
	Hvem regner robotten eller eleven?		
8	Undersøger robotten		Design eksperimenterer -
	Ny måde at lære på		CT vs mat
	Differencering		Design organisering –
	At få det i hænderne – mere forståeligt (matematikken)		
9	Leget matematikken ind via robotten		CT vs mat
	Mere visuelt		Visuel repræsentation
	Ok at fejle		
	Fejlkultur		
	Mat er mere end rigtig og forkert		
10	De er begge blanke på CT – fælles fodslag		Kollektivt – sammen
	Ikke adskilte roller – samme rolle (lærer og pædagog)		Kollektivt – begge nye
11	Pædagogen kan mere end læreren (i en af klasserne)		Kollektivt – magt?

	Skole vs fritid (pædagogen kan trække på viden fra skole i fritiden og omvendt)		Skole vs fritid – pædagogen
	Øget sprogliggørelse – de taler mere matematik		CT vs mat - sprog
	Opdeling af klassen		Design – organisering/grupper
13	Svage elever blomstrer		
14	Faglige opgaver – spejling		CT vs mat
15	Mere modige		Kollektivt - modig
	Kurset – knapt så uoverskueligt		Kollektivt
	Kollektiv tryghed – gøre det sammen		Kollektivt – tryghed
16	Tid til projektet		Tid
	Tid til forberedelse		Tid



RESUMÉ

Denne Ph.d.-afhandling ser på resultatet af et treårigt forskningsprojekt om inddragelse af computationel tankegang i de yngste klasser i folkeskolen. Afhandlingen undersøger, på hvilke måder det pædagogiske personale kan være med til at bidrage med viden om, hvordan computationel tankegang inddrages i matematikundervisningen. Computational tankegang som forskningsområde er i sin begyndelse, og meget af den forskning, der er på området, finder inddragelsen af computationel tankegang i en undervisningskontekst vanskelig. Omvendt viser resultater også, at arbejdet med computationel tankegang i en undervisningskontekst har potentialer for elevernes læring, hvor det blandet andet kan understøtte en mere problemorienteret tilgang til undervisningen. Afhandlingen bidrager således med et indblik i, hvordan det pædagogiske personale kan være med til at afdække og bidrage med viden om, hvordan computationel tankegang inddrages i matematikundervisningen.