

# Læreprocesser og robotsystemer

---

Design af læreprocesser med robotter som medier  
og børn som med-designere

---

Af Gunver Majgaard, Mærsk Mc-Kinney Møller Institutet, Syddansk Universitet, [gum@mmmi.sdu.dk](mailto:gum@mmmi.sdu.dk)

01-08-2011

PhD-afhandling

Vejleder: Lektor Carsten Jessen.

Bivejledere: Lektor Jørgen Glerup og Professor John Hallam



## FORORD

---

Denne afhandling er vokset ud af en mangeårig interesse for teknologi og læreprocesser. Jeg er vokset op i en meget teknikinteresseret familie, hvor alle mine brødre altid havde gang i tekniske projekter. Jeg har næsten lige siden jeg blev uddannet som ingeniør arbejdet undervisning. Først som underviser af datamatiker- og siden ingeniørstuderende.

I forbindelse med mit job på Det tekniske Fakultet fik jeg i 2005 muligheden for at efteruddanne mig i IT og læring. Det førte til at jeg i 2007 blev Master i IT og Læring (MIL). Det var en stor oplevelse for mig at komme tilbage til skolebænken og selv igen skulle aflevere projekter og opgaver. I MIL's særlige praksisfællesskab kunne jeg på et teoretisk niveau forbinde min interesse for teknologi og læreprocesser. Jeg syntes, at det var spændende at blive undervist af forskere og læse deres publikationer. Da MIL sluttede, ønskede jeg blot at fortsætte i dette spor. Og efterfølgende var jeg så heldig selv at få lov til at udvikle mit eget ph.d.-projekt.

Jeg vil allerførst sige tak til min institutleder Lars Dyr, som i første ombæring gav mig grønt lys til at skrive en ph.d.-afhandling. Han har undervejs støttet projektet og kommet med gode løsningsforslag når noget brændte på.

Derudover vil jeg sige tak til mine tre vejledere: Carsten Jessen min hovedvejleder, som i første omgang accepterede at vejlede mig, og som råde mig til at formulere et ph.d.-oplæg, som først og fremmest fulgte mine interesser. Siden har han hjulpet mig igennem ph.d. processen med mange hyggelige og idésprudlende vejledermøder. I den afsluttende skrivefase vil jeg takke for de mange gange, han tålmodigt har læst og kommenteret afhandlingen.

Derudover vil jeg takke John Hallam, som har vejledt i analysen af robotsystemer. Dette har medvirket til at sikre, at afhandlingens behandling af robotsystemer er på omdrejningshøjde. John har bl.a. været god til at foreslå vinkler på robotter og brugerinteraktion, som bringer fokus på robotters potentialer i udformning af læremidler. Og ikke mindst vil jeg takke Jørgen Gleerup, som har hjulpet mig med at sætte kød, blod og perspektiver på Batesons læringstaksonomi. Jeg er tit gået fra møder med ham, med mange bolde i luften og også til tider en vis teoretisk svimmelhed, som har vist sig at være både udfordrende og konstruktiv. Boldene har skullet landes, og svimmelheden lægge sig. I hvert fald for en tid. Men netop denne proces har været utroligt skabende for, at jeg har kunnet forme min egen tilgang til feltet.

Og endelig en stor tak til min dejlige mand Klaus Majgaard, som har været støtte fra dag et. Vi har haft mange diskussioner det første år om, hvad robotter var og ikke var. Derudover har han fulgt og flittigt kommenteret tilblivelsen af alle afhandlingens dele. Og tak til min pragtfulde datter Olivia, som har måttet lægge øre til mange samtaler om læring og robotter.

**INDHOLDSFORTEGNELSE – DEL 1**

FORORD.....	3
Resumé på dansk.....	7
Summary.....	10
1 Indledning.....	13
1.1 Opbygning af afhandling.....	16
2 Læring, refleksion og medskaben.....	23
2.1 Trin 1: Refleksion i læring og læringstaksonomi.....	24
2.2 Trin 2: Social praksisorienteret læring, handling og refleksion.....	33
2.3 Trin 3: Sammenhæng mellem læringstaksonomi og praksisorienteret læring.....	39
2.4 Trin 4: Innovativ og emergerende viden på baggrund af dynamik.....	44
2.5 Trin 5: Leg, medskaben og eksperimenterende læreprocesser.....	47
2.6 Analysemodel for medskabende, reflekterende og innovative læreprocesser.....	53
3 Situerede og kropslige robotter som grundlag for robotlæremidler.....	56
3.1 Hvad er en robot?.....	57
3.2 Stadier i robotens historie fra myte til interaktiv situeret kropslig intelligent robot.....	59
3.3 Human robotic interaction.....	63
3.4 Modulære robotter.....	69
3.5 Læring, interaktion og kompleksitet.....	72
3.6 Opsamling.....	75
4 Eksempler på robotsystemer til brug i undervisning.....	76
4.1 Singulære robotsystemlæremidler: Paperts robotskildpadde.....	77
4.2 Singulære robotsystemlæremidler: Konstruktion af unikke robotter.....	79
4.3 Singulære robotsystemlæremidler: Digitale legepladser til leg, læring og bevægelse.....	82
4.4 Modulære robotsystemlæremidler: I-BLOCKS.....	86
4.5 Modulære robotsystemlæremidler: Ingeniørstuderende bruger robotteknologiske fliser som platformform for design af fysisk interaktive spil til børn.....	88
4.6 Modulære robotsystemlæremidler: Tangibles til matematik og fysikundervisning.....	94

## Læreprocesser og robotsystemer

4.7	Opsamling på robotsystemer til undervisning .....	97
5	Forsknings- og designmetode: Designbaseret aktionsforskning.....	100
5.1	Læringsmål -, teknologi- og interaktionsdrevet design proces .....	100
5.2	Designbaseret aktionsforskning: Aktionsforskning og interaction design.....	110
5.3	Designbaseret aktionsforskning i dette projekt.....	114
6	Case 1: Design af Fraction Battle et robotteknologisk læremiddel.....	120
6.1	Introduktion.....	120
6.2	Beskrivelse af den teknologiske platform og Fraction Battle.....	122
6.3	Planlægning og grundlag for projektet (Fase 1) .....	124
6.4	Resume af udviklingsprocessen (Fase 2).....	124
6.5	Det afsluttende interview og præsentation af den opnåede viden (Fase 3) .....	133
6.6	Retrospektiv analyse (Fase 4) .....	138
6.7	Opsamling .....	144
7	Case 2: Design af robotteknologisk læremiddel Number Blocks.....	148
7.1	Introduktion.....	148
7.2	Teori som ligger til grund for Number Blocks .....	149
7.3	Beskrivelse af Number Blocks .....	150
7.4	Den konkrete brug af forskningsmetoden designbaseret aktionsforskning.....	151
7.5	Grundlag for projektet og erfaringer fra tidligere projekt (Fase 1).....	152
7.6	Resume af udviklingsprocessen (Fase 2).....	154
7.7	Resumé af de afsluttende interviews (Fase 3).....	160
7.8	Retrospektiv analyse (Fase 4) .....	163
7.9	Opsamling .....	166
7.10	Fremtidsperspektiver for numberblocks.....	167
8	Sammenfatning og Konklusion .....	168
8.1	Trin 1: Sammenfatning af afhandlingens teoretiske udgangspunkt.....	168
8.2	Trin 2: Hvordan lærerprocesser kan kvalificeres af robotsystemer .....	173
8.3	Trin 3: Erfaringer med forsknings- og designmetoden.....	187

9	Perspektiver: Et praksisfelt dannes .....	189
9.1	Om metieren at udvikle læremidler i dialog med målgruppen.....	190
9.2	Om designprocesser i det tværprofessionelle felt.....	195
9.3	Perspektiver for nye undersøgelser og design .....	199
10	Referencer samlet.....	201

## **INDHOLDSFORTEGNELSE – DEL 2 ARTIKEL BILAG**

DEL 2 – ARTIKEL BILAG.....	<u>209</u>
BILAG 1: THE PLAYGROUND IN THE CLASSROOM – FRACTIONS AND ROBOT TECHNOLOGY.....	<u>210</u>
BILAG 2: DESIGN-BASED ACTION RESEARCH IN THE WORLD OF ROBOT TECHNOLOGY AND LEARNING .....	<u>218</u>
BILAG 3: ROBOT TECHNOLOGY AND NUMBERS IN THE CLASSROOM .....	<u>226</u>
BILAG 4: PLAYTESTING THE DIGITAL PLAYGROUND .....	<u>230</u>
BILAG 5: MOTIVATION OG REFLEKSION I E-LÆRING .....	<u>237</u>
BILAG 6: ROBOTTEKNOLOGI OG LEG SOM ARENA FOR TVÆRFAGLIGT SAMARBEJDE.....	<u>250</u>
BILAG 7: HOW DESIGN-BASED RESEARCH AND ACTION RESEARCH CONTRIBUTES TO THE DEVELOPMENT OF A NEW DESIGN FOR LEARNING.....	<u>261</u>
BILAG 8: THE LEARNING POTENTIALS of NUMBER BLOCKS.....	<u>273</u>

## RESUMÉ PÅ DANSK

---

### LÆREPROCESSER OG ROBOTSYSYSTEMER - DESIGN AF LÆREMIDLER OG LÆREPROCESSER MED ROBOTTER SOM MEDIER OG BØRN SOM MED-DESIGNERE

Design af robotteknologiske læremidler til brug i undervisning indeholder store og uudnyttede potentialer for at gøre læreprocesser mere motiverende og effektive. Det skyldes, at disse teknologier gør det muligt at designe læremidler, som er mere levende, facetterede og fysiske i deres interaktion med brugerne, end papir- og skærbaserede medier ofte er. Nøglen til at udnytte disse muligheder er først og fremmest at udvikle en forståelse af, hvordan robotteknologi kan understøtte læreprocesser.

Målet med afhandlingen er at kvalificere strategier for udvikling af læreprocesser og læremidler med robotsystemer som medier. Afhandlingen omhandler derfor eksperimentel udvikling af robotsystemer til brug i undervisningen, og de læreprocesser som foregår i forbindelse med udvikling og brug af disse læremidler. Den giver en indsigt i, hvordan man skaber ny teknologi med målgruppen som medskabere og medarbejdere. Og den angiver en struktur for, hvordan man på flere forskellige niveauer kan designe digitale læreprocesser og læremidler.

Teknologien, der anvendes, er altså baseret på robotsystemer, og disse består af kropsligt intelligente og situerede robotagenter, deres opgaver og deres omgivelser (Brooks, 1991; Pfeifer, 2006; Hallam, 2006). Robotagenten er en kombination af intelligent software og hardware. At den er situeret vil sige, at den kan forholde sig konkret til tid og rum og f.eks. give umiddelbar feedback i form af bevægelse, lys eller lyd. At den er kropsligt intelligent vil sige, at den kan fortolke omgivelserne vha. af sensoriske input, f.eks. lys, lyd eller tryk.

Hovedspørgsmålet er: Hvordan kan læreprocesser kvalificeres ved hjælp af eksperimentel udvikling af robotsystemer til brug i undervisning? – og herunder hvordan tilrettelægges teknologiske designprocesser således, at potentialerne i teknologien udnyttes optimalt til gavn for slutbrugerne?

Læreprocesserne designes og vurderes med udgangspunkt i en forståelse af læring som en social praksis hvor den lærende er aktiv deltagende, medskabende og reflekterende (Wenger, 2004; Bateson, 2000; Schön, 2001). Socialitet, aktiv handlen, medskaben og refleksion danner grundlag for, at den lærende kan være fantasifuld, kreativ og innovativ (Scharmer, 2009; Nonaka, 1995).

Robotsystemer er en ny kontekst for læremidler, hvor læreprocessen opstår i den direkte interaktion mellem deltagerne og læremidlerne, og hvor robotsystemet således udgør et medie for denne interaktion.

Forskningsspørgsmålet udforskes særligt gennem to design-cases, som omhandler design af robotteknologiske læremidler, hvor målgruppen er deltagere og medskabere. Der har været fokus på designprocesser, og hvordan en iterativ designmetode har kunnet medvirke til at skabe læremidler med veldefinerede læringsmål og en fleksibel didaktik. Der er udviklet to konkrete prototyper til elever i indskolingen, som begge handler om matematik:

- a) *Fraction Battle*. Det ene læremiddels læringsmål drejer sig om brøkgregning, se figur 1(a)
- b) *Number Blocks*. Det andet læremiddels læringsmål drejer sig om positionssystemet (titalssystemet), som er sværere at udtrykke på dansk end på mange andre sprog, se figur 1(b)



FIGUR 1 (A) FRACTION BATTLE; (B) NUMBER BLOCKS

For at kunne arbejde med de to cases på en ensartet måde har det været nødvendigt at bruge en forskningsmetode, som kan tilpasses til de forskellige typer af eksperimentelle designprojekter. Derudover skulle det være en metode, som inddrager brugerne som aktive deltagere og medskabere. Forskningsmetoden er en kombination af aktionsforskning og designbaseret forskning, som i dette projekt har fået tilnavnet *designbaseret aktionsforskning*. Metoden er iterativ og er baseret på, at der i hver iteration er en intervention, hvor deltagere, udviklere og forskere sammen udfører en opgave, f.eks. tester et læremiddel eller idegenererer (Lewin, 1946; Figueiredo, 2007; Barab & Squire, 2004; Sharp, 2007; van den Akker, 2006).

Der kom en række resultater til veje i design- og forskningsprocessen om, hvordan læreprocesser kan kvalificeres ved hjælp af robotter i undervisningen. Disse resultater kan samles i følgende pointer:

De centrale pointer fra disse eksperimenter er som følger:

- *Forankring af faglig viden i kropslige erfaringer*. Brugernes samspil med robotterne gør det muligt for dem at få mere kropslige erfaringer med emneområdet – f.eks. fornemmelse af rytmen i udtalen af store tal eller af størrelsesforholdene i brøker. Disse erfaringer kan forankres som tavs viden og danne grundlag for den videre læring.
- *Fysiske oplevelser og begrebslig viden (Læring 2)*. De kropslige erfaringer og den tavse viden kan gennem didaktiske greb oversættes til mere eksplicit og begrebslig viden. Læringen kommer således til at ske i et vekselspil mellem kropslige erfaringer og begrebslig indsigt.
- *Eksperimenterende og udforskende kompetencer*. I dette samspil med robotterne lærer børnene at undersøge nye emner og at kombinere forskellige kropslige, handlende og reflekterende tilgange. Herigennem udvikler børnene eksperimenterende og udforskende kompetencer.
- *Medskaben* Børnene er med til at designe didaktikken såvel som læremidlerne. Denne medskabende rolle befodrer lærerprocessen .



## Læreprocesser og robotsystemer

- *Undervisere, didaktik og robotlæremidler.* Didaktikken skal nytænkes, når der kommer teknologi i klassen, og det er vigtigt, at underviserne tager aktivt del i denne fornyelsesproces.
- *Leg, læring og robotsystemer.* Robotteknologien giver muligheder for et legende samspil mellem børn og læremidler, og dette er understøttende for udforskende og eksperimentelle læreprocesser.
- *Læring gennem design.* Teknologiske designprocesser introducerede nye måder for børnene at deltage på og dette betød nye måder at lære på.
- *Mangfoldig deltagelse, mangfoldig læring.* Mangfoldighed af deltagelsesformer skaber mangfoldige måder at lære på.

I relation til robotsystemer og designprocesser kan følgende pointer opsummeres:

- Robotsystemer er egnet til at konkretisere abstrakte og matematiske temaer. Robotlæremidler kunne gøre abstrakte koncepter som brøker konkrete og håndgribelige for børnene.
- Modulære robotter er særlig egnede til tilpasning af fleksible læringsmål tilpasse sig fleksible kontekster for læring. Disse robotter egner sig til brugerinddragende designprocesser, idet de appellerer til interaktion og er nemme at tilpasse til forskelligartede læringsmål. At en robotagen er kompleks og færdigudviklet, kan derimod betyde, at den er mindre fleksibel og egnet som medie i design af læremidler - fordi den er vanskelig at tilpasse til forskelligartede læringsmål og didaktik.
- Brugerinddragelse synliggør potentialer hos målgruppen og i teknologien. I case 2 viste det sig f.eks., at børnene fandt det motiverende og sjovt at sige store tal og imitere robotagents rytme i udtalen af disse tal, og dette åbnede didaktiske muligheder, som vi udnyttede i undervisningen.

## SUMMARY

---

### LEARNING PROCESSES AND ROBOTIC SYSTEMS - DESIGN OF EDUCATIONAL TOOLS AND LEARNING PROCESSES USING ROBOTIC MEDIA AND USING CHILDREN AS CO-DESIGNERS

Educational robotic tools have a large, untapped potential for motivating learning and making it more effective. This is because robot technology creates tools which are more vibrant, faceted, and physical in their user interaction than traditional paper or screen-based media. The key to exploiting this potential lies primarily in developing an understanding of how robots can support the learning process.

The objective of this study is to improve existing strategies for the development of learning processes and educational tools using the medium of robotic systems. This dissertation therefore addresses the experimental development of educational robotic tools and discusses the learning processes that take place both during development and during the actual use of the tool. We gain an insight into development processes occurring when the target group of children participates actively in the design of specific educational robotic systems. A multi-level structure for a design process for digital learning and teaching resources is also suggested.

The technology used is a modular robotic system, consisting of multiple embodied, intelligent and situated robot agents; their available actions; and their interaction with the environment (Brooks, 1991; Pfeifer, 2006; Hallam, 2006). Being embodied intelligent means that the robot can interpret the environment using sensory input, for example light, sound or touch. Being situated means that it can relate specifically to time and space and give immediate feedback in the form of motion, light or sound.

My main research question is: How can learning processes be enriched by the experimental development of educational robotic systems? This includes the question of how to organize design processes in order to best exploit the inherent potential of this technology for the benefit of the target group.

Learning processes are designed and evaluated based on the understanding of learning as a social practice where the learner is an active participator, co-creator and critic (Wenger, 2004; Bateson, 2000; Schön, 2001). This social, active interaction, with participation and reflection, is also the basis for being imaginative, creative and innovative (Scharmer, 2009; Nonaka, 1995).

Robotic systems are a new context for educational tools, where the learning process can be observed in the direct interaction between the learner and the tool, and where the robot is the medium around which this interaction takes place.

The research question is explored primarily in the light of two robot-technological design cases where the children in the target group are active participants and co-creators. The focus is on the design process and on how an iterative design approach can generate an educational tool which has well defined learning goals and flexible didactics. Two prototypes have been developed for primary schoolchildren within the field of mathematics:

- a) Fraction Battle. This educational tool allows the learner to add and subtract simple fractions, see figure 1(a).
- b) Number Blocks. This tool teaches about the place value system. The system supports the pronunciation of numbers in Danish, see figure 1(b).



FIGURE 1 (A) FRACTION BATTLE; (B) NUMBER BLOCKS

In order to treat the two cases uniformly, it is necessary to use a research method that can be adapted for different design cases. The method chosen also needed to support the inclusion of the target group as active participants and co-creators. The research method chosen was a combination of Action Research and Design-based Research named Design-based Action Research. The method is iterative and based on interventions in each iteration where the target group, developers, and researcher perform an activity, e.g. brainstorming, or testing the educational tool (Lewin, 1946; Figueiredo, 2007; Barab & Squire, 2004; Sharp, 2007; van den Akker, 2006).

During the design and research process several points came to light regarding how learning processes are affected by the use of robotic tools. These points can be summarized as follows:

Points in relation to learning:

- *Anchoring of academic knowledge in bodily experience.* Userinteraction with the robots enables a more bodily experience e.g. the user senses the rhythm of the pronunciation of large numbers or the proportions of fractions. This experience is a form of tacit knowledge which anchors future learning.
- *Bodily experiences and conceptual knowledge.* The bodily experience and the tacit knowledge acquired transforms into more explicit and conceptual knowledge through the didactic practice. Learning arises in the interplay between bodily experience and conceptual insight.
- *Experimenting and exploring competences.* In interacting with the robots, children learn to explore new topics and to combine different bodily, participative, and reflective approaches. In this way the children develop experimental and exploratory competences.
- *Co-creators.* The children are involved in designing the didactics as well as the educational tool. This co-creative role nourishes the learning process.

## Læreprocesser og robotsystemer

- *Teachers, didactics, and educational robotic tools.* The didactic has to be rethought when new technology is brought into the classroom, and it is important that educators take an active part in this process.
- *Play, learning, and robotic systems.* Robotic technology offers opportunities for playful interaction between children and educational tools, and this supports both exploratory and experimental learning processes.
- *Learning through design.* The technological design processes introduced new ways for the children to participate and this meant new ways of learning.
- *Multiple forms of participation, diverse learning.* Diverse forms of participation creates multiple ways of learning.

Overview over points in relation to robotic systems and design processes:

- Robotic educational tools make abstract concepts such as fractions concrete and tangible for the children.
- Modular robots are particularly suitable for use with flexible learning goals due to their adaptability. They are also suitable for design processes which involve users, since interacting with them is so appealing. The more complex and finalized a robot is, the less suited it is as a medium for educational design, because a more complex robot is more complicated to adapt to diverse learning goals and didactics.
- User involvement demonstrated the potential in the target group and in the technology, e.g. it was motivating and fun for the children to pronounce large numbers and that potential could be used in the didactics.

## 1 INDLEDNING

---

Design af robotteknologiske læremidler til brug i undervisning indeholder store, endnu ikke udnyttede muligheder for at gøre læreprocesser mere motiverende og effektive. Det skyldes, at disse teknologier gør det muligt at designe læremidler, som er mere levende, facetterede og fysiske i deres interaktion med brugerne, end papir- og skærbaserede medier ofte er. Nøglen til at udnytte disse muligheder er først og fremmest at udvikle en forståelse af, hvordan robotteknologi kan understøtte læreprocesser.

Målet for afhandlingen er at kvalificere strategier for en videre udvikling af digitale læringsmedier ved brug af robotteknologi. Dette gøres igennem to designcases, hvor der er blevet designet modulære robotlæremidler til brug i matematiktimerne i indskoling.

For hver case analyseres det, hvilke former for læreprocesser der kommer i spil i designforløbet. I designprocessen vil der være fokus på kollaborative læreprocesser, hvor den lærende er aktiv deltagende, medskabende og reflekterende.

Afhandlingen placerer sig tværfagligt mellem teknologisk og pædagogisk forskning. Det teknologiske ben bygger på software engineering og robotteknologi. Det pædagogiske ben bygger på læring og didaktik. Det, som forbinder de to ben, er temaerne interaktion og designprocesser, som er centrale både i forståelse af designprocesser og robotsystemer og af læreprocesser og didaktik. Jeg har forsøgt at konstruere en sammenhængende forståelse af teknologi og pædagogik ved at fokuseres på de lærendes interaktion med hinanden og med læremidlerne og på, hvordan de lærende gennem denne interaktion kan være såvel medskabere som brugere af læremidlerne, og hvordan dette kan danne grundlag for læreprocesser præget af kreativitet og refleksion. Tværfagligheden har været en udfordring både teoretisk, empirisk og metodisk. Og tværfagligheden mellem læring og robotteknologi har også medvirket til at høste ny viden om læringspotentialer ved brug af robotlæremidler i undervisningen.

### **Baggrund**

I udviklingen af digitale læringsmedier er det i dag anerkendt, at mediernes interaktivitet er en særdeles væsentlig faktor for læringens kvalitet (Jensen, 1998). Interaktivitet gør læreprocesserne mere motiverende og oplevelsesrige. Brugeren får indflydelse på læringsforløbet og kan se konsekvenserne af egne valg (empowerment). Der kan opstå et dynamisk samspil, som er medrivende og præget af leg og selvforglemmelse (flow) (Csikszentmihalyi, 2005). Samspillet kan antage træk af dialog og tilpasning og fremme refleksion (Bateson, 2000), f.eks. refleksion over handling (Schön, 2001). De nok mest udprægede eksempler på en sådan interaktivitet finder vi i spil – og i udvidet forstand i serious gaming (Gee, 2004; Jessen, 2007).

Idealet om interaktivitet indebærer imidlertid, at læringsmediet kan give med- og modspil, næsten på samme måde som en egentlig dialogpartner. En computer, som opererer rutinepræget og regelbundet, bærer en række væsentlige begrænsninger for udviklingen af interaktivitet. Den kan blive en "død væg at spille op ad".

Roboters fysiske intelligens er kendetegnet ved evnen til at generere nye regler på baggrund af tidligere "erfaringer". Robotter er kendetegnet ved et direkte og sensorisk samspil med omgivelserne. En robot yder dermed et samspil og feedback, som brugeren vil opleve som meget levende, adaptiv og betydningsbærende. Derfor indeholder robotteknologi et potentiale for at skabe en anderledes

dynamik i interaktionen mellem bruger og læringsmedie. Det er dette potentiale, som dette projekt vil udforske.

### Forskningsspørgsmål

Jo mere righoldig interaktionen er, des større potentiale for læring. Det centrale spørgsmål er:

*Hvordan kan læreprocesser kvalificeres ved hjælp af eksperimentel udvikling af robotsystemer til brug i undervisning? - og herunder hvordan tilrettelægges teknologiske designprocesser således, at potentialerne i teknologien udnyttes optimalt til gavn for slutbrugerne?*

Dette hovedspørgsmål rummer en række delspørgsmål:

1. Hvad er kvalitet i læring – hvordan konstateres den? – hvorfor er medskaben og refleksion vigtig?
2. Hvad er robotsystemer og kropslig intelligens? - hvordan kan dette udnyttes i digitale læremidler? – og hvilke udviklingsstrategier og koncepter synes mest lovende?
3. Hvordan skal designprocessen for fremtidige robotsystemer forløbe for fremme deltagelse, medskaben og refleksivitet i læreprocessen?

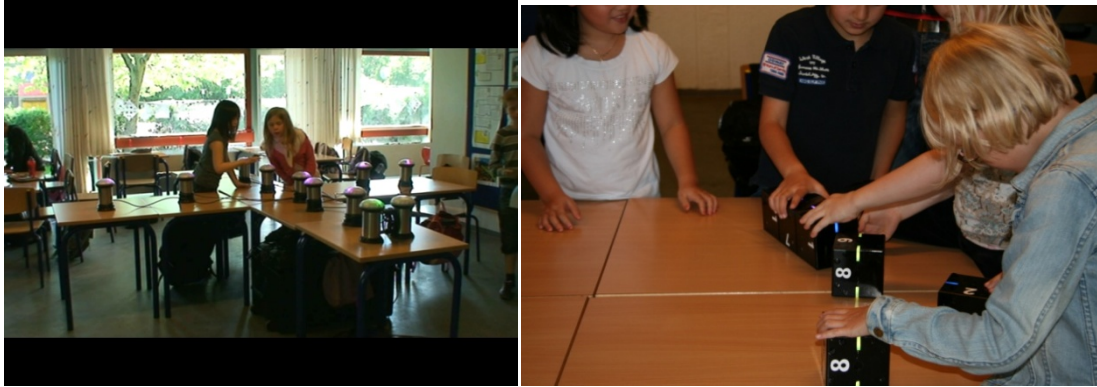
Disse spørgsmål skal belyses gennem:

- Teoretisk analyse af de centrale grundbegreber samt kriterier for vurdering af kvalitet i læring.
- Gennemgang og evaluering af en række tidligere forsøg på at anvende robotsystemer i læringsforløb.
- Eksperimentel udvikling af robotteknologiske læremidler og deres didaktik.

### Oversigt over de to eksperimentelle cases

Begge cases omhandler design af robotteknologiske læremidler, hvor målgruppen er medskabere eller medarbejdere. Der har været fokus på designprocesser, og hvordan iterativ designmetode har kunnet medvirke til at skabe læremidler med veldefinerede læringsmål og en fleksibel didaktik. Der er udviklet to konkrete prototyper til elever i indskolingen, som begge handler om matematik:

- 1) *Fraction Battle*. Det ene læremiddels læringsmål drejer sig om brøkgregning, se figur 1(a)
- 2) *Number Blocks*. Det andet læremiddels læringsmål drejer sig om positionssystemet (titalssystemet), som er sværere at udtrykke på dansk end på mange andre sprog, se figur 1(b)



FIGUR 2 (A) FRACTION BATTLE; (B) NUMBER BLOCKS

For at kunne arbejde med de to en ensartet måde, har det været nødvendigt at bruge en forskningsmetode som kan tilpasse til de forskellige typer af eksperimentelle designprojekter. Derudover skulle det være en metode som inddrager brugerne som aktive deltagere og medskabere. Forskningsmetoden er en kombination af aktionsforskning og designbaseret forskning, som i dette projekt har fået tilnavnet *designbaseret aktionsforskning*. Metoden er iterativ og er baseret på, at der i hver iteration er en intervention, hvor deltagere, udviklere og forskere sammen udfører en opgave, f.eks. udformer idéer til eller tester et læremiddel. Således baner afhandlingen vejen for en tilgang, som har fokus design af læreprocesser med robotteknologi som medie.

For hver case beskrives det iterative udviklingsforløb, og for hver case er der en retrospektiv analyse, hvor det analyseres, hvilke læreprocesser der har været i spil i designforløbene.

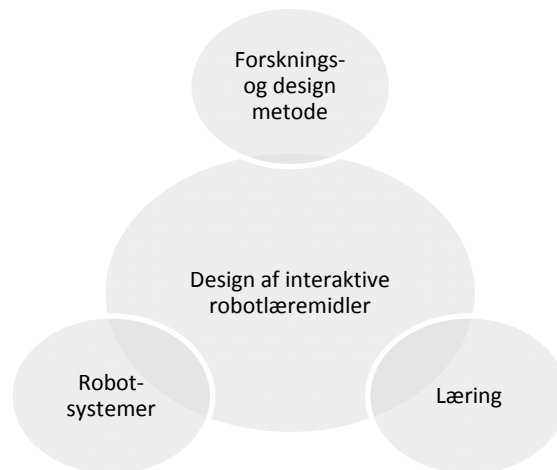
Designmetoden tænkes anvendt af fremtidige studerende på bl.a. uddannelsen i lærings- og oplevelsesteknologi på SDU.

Udviklingsprojekt Fraction Battle (1) er udarbejdet i tæt samarbejde mellem Mc-Kinney Møller Institut, Knowledgelab, Rosengårdskolen og PlayAlive A/S.

Udviklingsprojekt Number Blocks (2) er udarbejdet i tæt samarbejde mellem Mc-Kinney Møller Institut, Center for Playware på DTU, DPU Aarhus Universitet og Rosengårdskolen.

### **Perspektiver**

Afhandlingen handler altså om, hvordan man forbedrer integration af robotsystemer i læreprocesser, således at læring kan foregå på en engagerende og effektiv måde. Nedenstående figur (Figur 3) viser en oversigt over hvilke temaer afhandlingen vil kredse om.



FIGUR 3: OVERSIGT OVER PERSPEKTIVER PÅ CASES I PROJEKTET

I midten af figuren ses de eksperimentelle cases, som er afhandlingens kerne og omkring svæver centrale temaer som bringes i spil. De centrale temaer er: (1) innovative designprocesser, som understøtter design af læreprocesser og digitale læremidler; (2) kvaliteter i læring, som bygger på socialitet, detalje, medskaben, adaptivitet, refleksion og interaktion; (3) robotsystemer og beslægtede teknologier. Det er en kernekvalitet i projektet at brugere anses som meddesignere og medskabere i de konkrete designprocesser. Det er centralt at brugere myndiggøres (Gee, 2003). Derudover er aktiv deltagelse og handlen grundlag for læring (Wenger, 1998).

### 1.1 OPBYGNING AF AFHANDLING

---

Afhandlingen består af to dele:

- Del 1 er den egentlige afhandling, som er skrevet som en monografi.
- Del 2 er bilagsdelen, som består af peer reviewede artikler. Disse artikler er publicerede eller accepterede af forlag eller forskningskonferencer i phd-perioden.

---

#### 1.1.1 OPBYGNING AF DEL 1 – LÆREPROCESSER OG ROBOTSYSYSTEMER

---

##### **Kapitel 1 Indledning**

Indleder afhandlingen med at introducere feltet robotteknologi og læring, og hvordan feltet vil blive behandlet i denne afhandling.

##### **Kapitel 2 Læring, refleksion og medskaben – analyse model**

Dette kapitel har til formål at udvikle og begrunde den forståelse af læreprocesser, som ligger til grund for analysen. Som udgangspunkt hævder jeg, at robotteknologi muliggør en rigere form for inter-



aktivitet i læreprocesser, og at dette igen muliggør læreprocesser med en højere grad af refleksivitet og medskaben. Men hvad vil interaktivitet overhovedet sige, og hvad rolle spiller den i læreprocesser? Hvori består en højere eller lavere grad af refleksivitet og medskaben? Og er disse målestokke for kvaliteten i læring? Disse spørgsmål bliver behandlet i denne indledende analyse. Analysen har fem trin:

1. **Trin 1: Læring og refleksivitet:** Allerefter fastsættes en definition af læring som en proces, der indebærer gensidig tilpasning i interaktion, og som kan være præget af forskellige niveauer af refleksion. Her tager vi afsæt i Batesons begreb om læring (Bateson, 2000).
2. **Trin 2: Refleksive læreprocesser i sociale fællesskaber:** I næste trin undersøger vi læring som en proces, der udfolder sig i konkrete, historisk og socialt givne fællesskaber. Det sker med afsæt i Wengers begreb om læring som socialisering inden for et praksisfællesskab (Wenger, 2004) og Schöns begreb om viden og læring som forankret i konkrete handlinger (Schön, 2001).
3. **Trin 3: Læringsbegrebet – beriget af konkret kontekstualitet:** Her gentænkes Batesons taksonomi af læringsniveauer beriget af blikket for social og historisk kontekstualitet (Gleerup, 2003). Gleerup søger desuden at gøre læringsbegrebet operationelt i forhold til studier af uddannelse.
4. **Trin 4: Transcendens og innovation i læring:** Scharmer (Scharmer, 2009) fremsætter en teori og en arbejdsmodel, som sigter mod transcenderende og innovativ læring. Vi undersøger denne med henblik på at identificere træk ved læring, som kan danne grundlag for den videre undersøgelse af refleksiv og skabende læring.
5. **Trin 5: Leg, eksperimenteren og medskaben:** Bateson beskriver legen som et frimrum hvor det er i orden at eksperimentere og udforske uden at de har konsekvenser i den virkelige verden. Dette frimrum kan potentielt fremme medskabende, innovative og kreative læreprocesser.

Kapitlet ender ud i en teoretisk analysemodel for, hvordan vi kan observere reflekteret, social læring og innovativ læring forbindelse med evaluering af cases. Slutteligt indeholder kapitlet et afsnit om leg og læring og hvordan det kan leg forholder sig til analysemodellen.

### **Kapitel 3 Situerede og kropslige robotter som grundlag for robotlæremidler**

I dette kapitel introduceres robotsystemer. Først gives en kort gennemgang af, hvordan robotter i begyndelsen mest var genstand for myter, men i slutningen af 1950'erne fik mere konkrete skikkelser i form af industrirobotter. I slutningen af 1980'erne blev robotterne i højere grad i stand til at forholde sig dynamisk til ændringer i opgivelserne og blev i denne forstand situerede og kropsligt intelligente. Og det muliggjorde, at robotterne kunne fungere i mere ustrukturerede omgivelser som f.eks. et køkken eller klasselokale. Denne udvikling gjorde det muligt at forestille sig robotsystemer til brug i undervisning. Situerede robotter kan interagere dynamisk med deres omgivelser og ændre adfærd på baggrund af sansninger her og nu. I den sidste del af kapitlet vil de blive argumenteret for, hvilken type robotsystemer som er brugbare i en undervisningssammenhæng.

#### **Kapitel 4 Eksempler på robotsystemer til brug i undervisning**

Dette kapitel giver en oversigt over eksisterende robotsystemer, som anvendes i forbindelse med undervisning. Der er både eksempler på robotter fra forskningslaboratorier og fra konsummarkedet.

Afsnittet er opdelt efter, om robotsystemer er singulære eller modulære. Disse begreber bliver introduceret i kap 3, og denne egenskab har betydning for robotsystemets kompleksitet.

Disse eksempler på robotlæremidler vil blive analyseret med udgangspunkt i læringsanalysemodellen fra kap 2.

#### **Kapitel 5 Forskningsmetode**

I dette kapitel begrundes mit valg af metode. Som baggrund udfoldes scenarier, som markerer tre yderpunkterne for designteknikker: (1) Måldrevet design; (2) Teknologidrevet design; (3) Interaktionsdrevet design. Metodernes styrker og svagheder fremhæves. Min position ligger i et spændingsfelt mellem disse tre metoder, men med hovedvægt på interaktionsdrevet design. Der redegøres endvidere for, hvordan interaktionsdrevet design operationaliseres i forbindelse med "Fraction Battle" og "Number Blocks".

Derefter forklares det, hvordan den anvendte overordnede forskningsmetode er inspireret af aktionsforskning. Aktionsforskning beskrives blandt andet med udgangspunkt i Kurt Lewin, der var den første, som beskrev metoden. Derudover vil der gøres rede for, hvordan aktionsforskning i dag anvendes i forbindelse med læreprocesser, teknologi og design. Derefter konkretiseres fremgangsmåden for de eksperimentelle aktionsforskningsforløb fra start til slut.

Til sidst udledes der er en generisk designbaseret aktionsforskningsmodel, som er vejledende for projektets eksperimentelle cases, og som vil passe til designbaserede forløb til udforskning af læreprocesser og teknologi.

#### **Kapitel 6 Case 1 Design af Fraction Battle robotteknologisk læremiddel**

Dette kapitel beskriver ændringsprocessen fra et udendørs klatrestativ til et indendørs læremiddel. Læremiddel kan bruges i forbindelse med simple brøkberegninger egnet for børn mellem otte og ti år. Redesignet skete i samarbejde med PlayAlive og KnowledgeLab. Design- og forskningsmetoden er følger den metode til designbaseret aktionsforskning, som blev udviklet i det forudgående kapitel. Læremidlet og dets didaktik blev udviklet af igennem fire iterationer. En gruppe af børn fra anden klasse deltog igennem alle iterationerne som testere og medskabere. Børnene brugte deres krop, mens de lærte, og de fik en før begrebslig forståelse af brøker, før de fik sat begreber på.

#### **Kapitel 7 Case 2: Design af robotteknologisk læremiddel Number Blocks**

Kapitlet beskriver udviklingen af et modulært robotsystem læremiddel til støtte for matematikundervisning i indskolingen. Konkret består læremidlet af interaktive klodser, og det kan bruges til at

understøtte undervisning i positionssystemet og sammenligning af tal. På dansk er det særligt vanskeligt at lære at udtrykke tal, fordi vi i udtaleformen bytter om på de to mindst betydende cifre. F.eks. siger vi en-og-tyve og ikke "tyve-ti-en". Udviklingen er foregået som en del af en designbaseret aktionsforskning (jævnfør afsnit 5) og i et samarbejde mellem DPU, DTU, Rosengårdskolen og SDU. Fra Rosengårdskolen deltog en anden klasse deres matematik og en referencegruppe af matematiklærere fra indskolingens som aktive deltagere i designprocessen. Læremidlet forbinder fysisk interaktion, læring og øjeblikkelig feedback. Overraskende fandt børnene det sjovt at konkurrere om, hvem der kunne bygge det største tal. Dette eksemplificerer den tætte forbindelse mellem læringsmål, gameplay og læremidlet.

### **Kapitel 8 Konklusion**

Afhandlingens hovedspørgsmål besvares

- Hvordan kan læreprocesser kvalificeres ved hjælp af robotsystemer? – og hvilke konsekvenser har det for designprocessen?

Det kapitel samler op på de pointer, som fremkom ved igennem de eksperimentelle cases. Pointerne bliver relateret til teoren i kap 2,3,4 og 5. Pointer er afhandlingens egentlige resultater og besvarer, hvordan læreprocesser kan kvalificeres ved hjælp af robotsystemer . Desuden evalueres designprocessen, og der samles op på hvordan den inddragende designproces har påvirket læreprocessen og deltagesformerne.

### **Kapitel 9 Perspektiver**

I perspektiveringens åbnes der for en vidererækkende diskussion. I hele den forudgående analyse har der været fokuseret på, hvordan vi kan designe robotteknologiske læremidler til bestemte undervisningssituationer. Nu rettes fokus mod os selv som designere og vores læring. Hvad er det for en metier at være designer af interaktive robotteknologiske læremidler? Hvad for et nyt praksisfelt er under dannelse? Med denne afhandling ønsker jeg også at være med til at forme dette professionelle arbejdsfelt, og dette gøres gennem to eksempler:

Først rejses en diskussion af, hvilke særlige krav der stilles fremtidens designere af digitale læremidler, for at de kan honorere udvikling af læremidler, som fremmer medskaben, deltagelse og refleksion brugeren. Dette belyses gennem udformningen af den nye ingeniøruddannelse i lærings- og oplevelsesteknologi.

Dernæst perspektiveres det, hvordan design af digitale læreprocesser kan kvalificeres ved hjælp af tværfaglige designprocesser. Dette eksemplificeres med en kort beskrivelse af et tværprofessionelt kursusforløb hvor studerende på tværs af tekniske, pædagogiske og sundhedsfaglige professioner skulle skabe fremtidens robotlæremidler.

Med denne perspektivering løftes design af robotlæremidler op på meta-niveau og sætter fokus på den særlige metier det er at designe digitale læremidler og læreprocesser.

---

1.1.2 DEL 2 – BILAG: ARTIKLER

---

Del 2 består af en samling af de artikler som blev udarbejdet og publiceret i ph.d.-forløbet. Artiklerne er med knyttet til teoriafsnittene og i særlig grad til case-afsnittene. Alle artiklerne er peer reviewed.

**Bilag 1: The playground in the classroom – fractions and robot technology**

Artiklen beskriver udviklingen af Fraction Battle, som desuden introduceres i kapitel 6. Udviklingsforløbet foregik iterativt og i hver iteration foregik en særlig test med målgruppen.

Forfatter: Majgaard G. Artiklen blev præsenteret ved CELDA-konferencen i 2009 i Rom, Italien. Artiklen findes i følgende proceedings: IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELD A 2009), ISBN: 978-972-8924-95-9 © 2009 IADIS, page 10-17 (peer reviewed conferenceartikel)

**Bilag 2: Design-based Action Research in the World of Robot Technology and Learning**

Artiklen omhandler forskningsmetoden som blev anvendt i forbindelse med udviklingen af læremidlet Fraction Battle. Artiklen sætter fokus på styrker og svagheder ved læringsmål-, teknologisk- og brugerdrevet design. I det konkrete eksempel har designprocessen været brugerdrevet. Forskningsmetoden er desuden beskrevet i kapitel 5.

Forfatter Majgaard G. Artiklen blev præsenteret ved IEEE DIGITAL-konferencen i 2010 i Kaohsiung, Taiwan. Artiklen findes i følgende proceedings: The Third IEEE International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning: DIGITAL 2010. IEEE Press, 2010. s. 85 - 92 (peer reviewed conferenceartikel)

**Bilag 3: Robot Technology and Numbers in the Classroom**

Artiklen omhandler udviklen af Number Blocks fra de første ideer til en egentlig prototype. I artiklen beskrives desuden den teknologiske platform som ligger til grund for applikationen. Derudover beskrives den iterative designproces med fokus på erfaringer fra interventioner med målgruppen.

Forfattere: Majgaard, G. Mærsk Mc-Kinney Møller Institutet, Syddansk Universitet, [gum@mami.sdu.dk](mailto:gum@mami.sdu.dk). Misfeldt, M. Danish School of Education, Aarhus University, [mami@dpu.dk](mailto:mami@dpu.dk). Nielsen, J. Center for Playware, Technical University of Denmark, [jn@playware.dtu.dk](mailto:jn@playware.dtu.dk)

Artiklen blev præsenteret ved CELDA 2010-konferencen på "Politehnica" University of Timisoara, Rumænien. Artiklen findes i følgende proceedings: Cognition and Exploratory Learning CELDA 2010 . International Association for Development, IADIS, 2010. s. 231-234 (peer reviewed conferenceartikel)

#### **Bilag 4: Playtesting the Digital Playground**

Artiklen omhandler begreberne analog og digital leg. Kompans digitale analyseres med udgangspunkt i computerspils perspektiv og der fokuseres på balancering af den digitale legeplads. Og der fokuseres på hvordan etablering af regler i særlig fra adskiller analog og digital leg. Der refereres til artiklen i kapitel 2 om læring, hvor et af underafsnittene omhandler forholdet mellem leg og læring.

Forfattere Majgaard G., Mærsk Mc-Kinney Møller Institut, Syddansk Universitet, [gum@mmmi.sdu.dk](mailto:gum@mmmi.sdu.dk). Jessen C., Center for Playware, Technical University of Denmark & The Danish School of Education, [cj@dpu.dk](mailto:cj@dpu.dk) / [cje@playware.dtu.dk](mailto:cje@playware.dtu.dk)

Artiklen blev præsenteret ved IADIS GET 2009-konferencen i Algarve, Portugal. Artiklen findes i følgende proceedings: *Proceedings International Conference in Game and Entertainment Technologies 2009*: International Association for Development, IADIS, 2009. s. 87-92 (peer reviewed conferenceartikel)

#### **Bilag 5: Motivation og refleksion i e-learning – en begrebslig ramme**

Artiklen beskriver hvordan personlige læringsstile konkret kan implementeres i e-læring. Derudover introducerer artiklen Qvortruptrups videnskategorier og disse diskuteres i relation til artiklens konkrete eksempel. Qvortrups videnskategorier har dannet grundlag for min interesse for Bateson. Og Qvortrups videnskategorier diskuteres i relation til Bateson i kapitel 2, som omhandler læring, refleksion og medskaben.

Forfattere: Majgaard, G., Mærsk Mc-Kinney Møller Institut, Syddansk Universitet, Thisted, A., Finanssektorens Uddannelsescenter, [at@finansudd.dk](mailto:at@finansudd.dk)

Artiklen findes i antologien *IKT og læring : reflekteret praksis*, red. Konnerup U.; Riis. M. AUC. Aalborg Universitetsforlag, 2009. s. 81-100 (peer reviewed tidsskriftsartikel)

#### **Bilag 6: Robotteknologi og leg som arena for tværfagligt samarbejde**

Artiklen beskriver et kursusforløb hvor studerende udviklede lærings- og rehabiliteringskoncepter, som baserede sig på robotik og leg. De studerende arbejdede på tværs af sundhedsfaglige, pædagogiske og teknologiske professionsuddannelser. Der refereres til artiklen i kapitel 10 om perspektiver på læreprocesser og robotsystemer

Forfatter: Majgaard, G., Mærsk Mc-Kinney Møller Institut, Syddansk Universitet. Artiklen er bragt i: *MONA: Matematik og Naturfagsdidaktik*, 2010; 01.01.2010 s. 42-58 (peer reviewed tidsskriftsartikel)

#### **Bilag 7: How Design-based Research and Action Research Contributes to the development of Design for Learning**

Artiklen beskriver, hvordan design-based research, aktionsforskning og interaktionsdesign komplementerer hinanden i udviklingen af robotlæremidlet Number Blocks. Design-based research har fokus på forskningsprocesser, som har med læring at gøre. Aktionsforskning har fokus på målgruppens deltagelse og medskaben. Interaktionsdesign kredser om målgruppens inddragelse, teknologiske

designprocesser og interaktion. Artiklen har tilknytning til kapitel 5, som omhandler forskningsmetode, og til kapitel 7, som omhandler udviklingen af læremidlet Number Blocks. Desuden bygger artiklen videre på artiklen *Design-based Action Research in the World of Robot Technology and Learning*.

Forfatter Majgaard, G., Mærsk Mc-Kinney Møller Institut, Syddansk Universitet, [gum@mmmi.sdu.dk](mailto:gum@mmmi.sdu.dk). Misfeldt, M., Danish School of Education, Aarhus University, [mmi@dpu.dk](mailto:mmi@dpu.dk). Nielsen, J., Center for Playware, Department of Electrical Engineering, Technical University of Denmark, [jn@playware.dtu.dk](mailto:jn@playware.dtu.dk)

Artiklen er submittet til *Designs for Learning* og ventes, hvis den bliver accepteret, at blive udgivet i løbet af forår eller sommer 2011, se mere på <http://www.designsforlearning.nu/> (peer reviewed tidsskriftsartikel – status: submittet)

### **Bilag 8: Learning Potentials in Number Blocks**

Artiklen er en udvidelse af artiklen *Robot Technology and Numbers in the Classroom*. Artiklen omhandler udviklingen Number Blocks og sætter fokus på særlige læringskvaliteter, som vi observerede. Observationerne bygger på videooptagelser og interview med målgruppen.

Forfattere: Majgaard, G., Mærsk Mc-Kinney Møller Institut, Syddansk Universitet, [gum@mmmi.sdu.dk](mailto:gum@mmmi.sdu.dk), Misfeldt, M., Danish School of Education, Aarhus University, [mmi@dpu.dk](mailto:mmi@dpu.dk). Nielsen, J., Center for Playware, Department of Electrical Engineering, Technical University of Denmark, [jn@playware.dtu.dk](mailto:jn@playware.dtu.dk)

Artiklen er accepteret og optaget i bogen *Towards Learning and Instruction in Web 3.0. Advances in Cognitive and Educational Psychology*, som redigeres af Pedro Isaías, Dirk Ifenthaler, Kinshuk, Demetrios G. Sampson og J. Michael Spector og udgives på forlaget Springer, New York. Artiklen er en videreudvikling af konferenceartiklen *Robot Technology and Numbers in the Classroom*. Vi blev inviteret til at udvide og udgive konferenceartiklen. Artiklen ventes udgivet i december 2011.

## 2 LÆRING, REFLEKSION OG MEDSKABEN

---

Dette kapitel har til formål at afklare analysens teoretiske udgangspunkt, herunder begreber der kan befordre en forståelse af, hvordan brug af robotteknologi kan muliggøre læringsforløb, som er præget af høj refleksivitet og medskabende deltagelse fra den lærendes side. Refleksivitet og medskaben er centrale parametre i analysen af læringsforløb. I dette kapitel gennemføres en teoretisk analyse og udvikling af læringsbegrebet med henblik på at udfolde disse to parametre.

Analysen bevæger sig i fire trin, der hver inddrager centrale teoretiske bidrag:

**Trin 1: Læring og refleksivitet:** Allerefter fastsættes en definition af læring som en proces, der indebærer gensidig tilpasning i interaktion, og som kan være præget af forskellige niveauer af refleksion. Her tager vi afsæt i Batesons begreb om læring, der kan finde sted på forskellige refleksionsniveauer afhængigt af, hvor vidt læringen omfatter konteksten for processen (Bateson, 2000). Denne del af analysen løber imidlertid ind i den begrænsning, at Batesons læringsbegreb er udformet temmelig formelt og abstrakt. Der skitseres et formelt skelet af refleksionsniveauer og kontekster. Men der tages ikke højde for konkrete, historisk og socialt givne kvaliteter af kontekster. Og der sættes ikke fokus på deltagerroller og aktørernes medskabende deltagelse som drivende for udvikling af kontekster og refleksivitet. Bateson giver os en nyttig definition, men den må udbygges for at få mere konkret substans.

**Trin 2: Refleksive læreprocesser i sociale fællesskaber:** I næste trin undersøger vi derfor læring som en proces, der udfolder sig i konkrete, historisk og socialt givne fællesskaber. Det sker med afsæt i Wengers begreb om læring som socialisering inden for et praksisfællesskab (Wenger, 2004). Desuden inddrages Schöns begreb om viden og læring som forankret i konkrete handlinger (Schön, 2001). Begge teorier gør op med et intellektualistisk syn på læring og refleksion. Refleksive læreprocesser er praksisbårne og behøver ikke være tematiserede i eksplicite overvejelser hos aktøren.

**Trin 3: Læringsbegrebet – beriget af konkret kontekstualitet:** Analyserne under trin 2 indebærer ikke en afvisning af Batesons grundlæggende læringsbegreb. Men de lægger op til, at begrebet udbygges. Et bud på, hvordan dette kan gøres, finder vi hos Gleerup (2003). Her gentænkes Batesons taksonomi af læringsniveauer beriget af blikket for social og historisk kontekstualitet. Gleerup søger desuden at gøre læringsbegrebet operationelt i forhold til studier af uddannelse. Tilbage står dog spørgsmålet om, hvordan dynamikken i læringens udfoldelse af refleksivitet og medskabende deltagelse bliver til. Dette spørgsmål er særligt interessant, når vi ønsker at skabe radikalt innoverende læreprocesser.

**Trin 4: Transcendens og innovation i læring:** Hvordan bliver læreprocesser i stand til at overskride en given kontekst, forholde sig reflekterende i forhold til alternative kontekster og skabe helt nye? Hvordan muliggør dette nye fællesskaber? Scharmer (Scharmer, 2009) fremsætter en teori og en arbejdsmodel, som sigter mod transcenderende og innovativ læring. Vi undersøger denne med henblik på at identificere træk ved læring, som kan danne grundlag for den videre undersøgelse af refleksiv og skabende læring.

**Trin 5: Leg, eksperimenteren og medskaben:** Det undersøges om leg kan understøtte eksperimenteren og medskaben. Bateson beskriver legen som et frimrum, hvor det er i orden at eksperimen-

mentere og udforske, uden at de har konsekvenser i den virkelige verden. Dette frirum kan potentielt fremme innovative og kreative læreprocesser.

Kapitlet ender ud i en teoretisk analysemodel for, hvordan vi kan observere reflekteret, social læring og innovativ læring forbindelse med undersøgelse af cases. Desuden vil modellen også kunne bruges i design af læremidler og læreprocesser, hvor der er fokus på refleksion, social læring, aktiv deltagelse og innovation.

---

### 2.1 TRIN 1: REFLEKSION I LÆRING OG LÆRINGSTAKSONOMI

---

Som grundlæggende målestok for kvaliteten i læreprocesser med robotteknologi som medie vil der blive fokuseret på, hvor vidt dette samspil skaber refleksion over egen viden og læring.

Her bruges Batesons (2000) model for refleksivitet i læring. Bateson sprænger den behavioristiske ramme, der prægede samtidens psykologiske forskning, ved at udfolde begreber som refleksion, kontekster, adaptivitet og interaktion. Keiding betegner Bateson som kognitiv konstruktivist. Selv om Bateson ikke på noget tidspunkt refererer til Piaget, beskæftiger de sig begge med adaptivitet. Det kan skyldes, at de begge var inspirerede af biologien og individets interaktion og tilpasningssamspil med omgivelserne (Keiding, 2005: 12). Derudover var Bateson inspireret af kybernetik og systemisk tænkning, og det er blandt andet derfra, han har sine beskrivelser af logiske type.

Grundideen er, at jo mere dynamisk man tilpasser sin viden og refleksion, des mere varig, kreativ og skabende vil ens viden blive. Med dette udgangspunkt skelnes der mellem forskellige refleksionsniveauer i viden og læring.

Et lavt niveau af refleksion vil være tilfældet, hvis samspillet mellem bruger og robotteknologi kun bestod i, at teknologien kun på forudsigelig vis bistod brugeren med sine forehavender og kun formidle simpel faktuel feedback. Et højt niveau af refleksion vil udfolde sig, hvis det robotteknologiske objekt udfordrer brugerens opfattelser af et emne og fremmer nye former for forståelse og praksis.

#### **Interaktion, signaler og kontekster**

I henhold til Bateson skal interaktion forstås som en udveksling af stimuli (signaler) mellem to parter. Hver stimulus har et primært og et sekundært indhold. Den primære del af signalet beskriver det indholdsmæssige. Og det sekundære er en indpakning, som beskriver, i hvilken sammenhæng signalets indhold skal forstås. Denne sekundære del kaldes en kontekstmarkør. Der responderes på baggrund af stimulus'ens indhold og kontekstmarkør.

Kontekstmarkøren er en metameddelelse, som afkoder konteksten og er i sig selv en slags signal. F.eks. er det skinnende objekt, som en hypnotisør bruger en kontekstmarkør eller hundens gå-tur-snor. Signal og kontekstmarkør er meget tæt forbundne, og det kan være svært at kende forskel på signal og kontekst. En tommefingerregel er, at signalet har karakter af at være dynamisk, og konteksten har karakter af at være mere statisk og uforanderlig. Når man udforsker et nyt felt, ved man ikke, hvad der



er kontekstmarkør, og hvad der er signal. Forståelse af konteksten skabes som en del af læreprocessen. Det at en aktivitet foregår i et klasseværelse, kan f.eks. identificeres som en kontekstmarkør, som fortæller, at der er tale om undervisning, og at aktørerne må følge bestemte spilleregler for at kunne deltage på legitim vis. En sådan markør bevirker, at individer bevidst eller ubevidst handler i forståelse af den kontekst, som individet befinder sig i (Bateson, 2000: 289). Den studerende forstår bevidst eller ubevidst den kontekst, hvori en opgave bliver stillet og følgelig også, hvad der forventes. Kontekstmarkørerne er beslægtet med et andet af Batesons begreber nemlig *framing*, som han bruger i forbindelse med leg. Framing beskriver den rammesætning, som et individ foretager, når en situation skal fortolkes. Individet kan f.eks. tolke rammen som værende en undervisningskontekst eller en legekontekst, individet framer/rammesætter hermed situation (Bateson 2000:200).

Læring skal i følge Bateson grundlæggende ses som ændring af respons over tid. Det vil sige, at interaktionsmønstret mellem to parter ændrer sig.

### Batesons lærings taksonomi

I Batesons optik er læring altså kendetegnet ved en forandring (Bateson, 2000:283). Bateson bruger en analogi for læring, nemlig *bevægelse*. Man kan gradbøje bevægelse: "ingen bevægelse", "bevægelse med konstant hastighed", "bevægelse med konstant acceleration" eller "bevægelse med ændring af acceleration" etc. Forandring eller ændring kendetegner generelt processer (Bateson, 2000:283). Processer kan ændre sig, og de kan accelerere eller lignende. En proces kan ændre sig så meget, at det bliver en ny proces. Dette gælder også for læring. Bateson beskriver kendetegn ved læring på samme måde, dvs. at læring i hans optik er en proces, der som ændrer sig over tid.

Ud fra dette grundsyn karakteriserer Bateson forskellige niveauer af læring – alt efter, hvor vidt læreprocessen indebærer ændringer af konteksten for læring. Princippet er: Læring har en højere grad af refleksivitet, jo mere den bringer sin egen kontekst i spil som genstand for læreprocessen. Herunder er en tabel, som giver et overblik over taksonomien (Tabel 1).

TABEL 1 OVERSIGT OVER BATESONS LÆRINGS-TAKSONOMI

Læring	Bateson	Observationspunkter
<b>0</b>	Ingen læring	Ingen ændring i adfærd
<b>1</b>	<p>Tema Ny viden</p> <p>Kendetegn Læring forstået som ændring af respons over tid Vaner og betingning Forstærkning og belønning Hurtig aflæring</p> <p>Kontekst Samme kontekst ("Sameness")</p> <p>Refleksion Ingen</p> <p>Eksempel Tilfældige og udforskende forsøg som f.eks. når man lærer et nyt digitalt system at kende. Eller belønning og straf i forbindelse med pointgivning i computerspil</p>	<p>Helt tilfældige og udforskende forsøg</p> <p>Belønning og straf</p>

## Læreprocesser og robotsystemer

2	<p>Tema            Adaptivitet og nye kontekster</p> <p>Kendetegn    Optimeret læring på baggrund af erfaring Adaptiv læring Bevidst eller ubevidst om egen måde at lære på.</p> <p>Kontekst        Anvende viden i nye kontekster</p> <p>Refleksion     Bevidst eller ubevidst refleksion om egen måde at lære på og på en ikke forandrende måde</p> <p>Eksempel      Lære at lære. Den erfarne elev der bliver hurtigere til at tilegne sig ny viden. Eller når man anvender en strategi for at lære et nyt computerprogram på baggrund af tidligere læreprocesser.</p>	<p>Brug af viden i nye sammenhænge Målrettet adfærd Synlig erfaring</p>
3	<p>Tema            Selvmotiverede ændring i læringsvaner</p> <p>Kendetegn    Sjældent uden terapeutisk indblanding</p> <p>Kontekst        Vælge kontekst, skabe nye</p> <p>Refleksion     Bevidst refleksion og forholde sig til egen måde at lære på</p> <p>Eksempel      Terapeutisk indgriben eller eksplicit refleksion over læringsvaner. f.eks. bevidst forholde sig til egen læringsstil og ændring af læringsadfærd</p>	<p>EksPLICIT refleksion over læringsvaner og ændring af disse.</p>
4	<p>Tema            Evolutionær læring</p> <p>Kendetegn    Darwinistisk udvikling</p> <p>Kontekst        En eller flere</p> <p>Refleksion     Kan foregå på alle niveauer</p> <p>Eksempel      Menneske med nye medfødte potentialer</p>	<p>Ikke observerbar i en generation</p>

Tabellen bliver trinvis forklaret på de efterfølgende sider et læringsniveau ad gangen. Gennemgangen indeholder en række af Batesons egne eksempler.

### Ingen læring ("Zero" læring eller nulte ordens læring)

"Ingen læring" eller "Nul læring" er det simpleste niveau, som Bateson beskriver det. Det vil sige, at individet viser minimal ændring i respons på gentagne sensoriske input. Fænomenet kan vise sig i forskellige kontekster, se Figur 4:

<p>Eksempler på zero-læring</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Læringen er fuldført, eleven giver 100 procent korrekte svar ved gentagne stimulus</li> <li>(2) Responsen i høj grad er stereotyp</li> <li>(3) Responsmønstret er minimalt bestemt af erfaring og maksimalt af genetiske faktorer</li> <li>(4) Man lærer ikke af sine fejl</li> </ol>
--

FIGUR 4 BATESONS EKSEMPLER PÅ ZERO LÆRING I FORSKELLIGE KONTEKSTER

Man har lært det, der er at lære om en given ting, eller man lærer i hvert ikke mere, og derfor reagerer man på samme måde, hver gang en given begivenhed indtræffer. Der bliver ikke udforsket kontekster

eller alternative svarmuligheder. Ens respons er blevet stereotyp, f.eks. som når vækkeuret ringer, så ved man, at det er morgen.

Al læring på nær zero læring er i nogen grad stokastisk og kan indeholde komponenter af tilfældige forsøg, som lykkes eller fejler, dvs. "trial and error". På hvert læringsniveau kommer denne type komponenter til udtryk på forskellig vis (Bateson, 2000:287).

*..all learning (other than Zero Learning) is in some degree stochastic (i.e. contains components of "trial and error"), it follows that an ordering of the processes of learning can be built upon an hierarchic classification of types of error which are to be corrected in various learning processes (Bateson, 2000:287)*

Citatet herover beskriver, at alle læreprocesser indeholder elementer af "trial and error", og at disse elementer danner grundlag for Bateson klassifikation af læring.

Der er en tendens til, at forsøgene bliver mindre stokastiske, jo længere man bevæger sig op i læringsniveauer. Forsøgene går fra at være tilfældige til at være adaptive. Og på læring 3 bliver forsøgene endda proaktive. Man kan med Gleerups (2003) og Qvortrups (2006) blik endda forstille sig, at proaktive forsøg bliver innovative og kreative, hvilket uddybes i afsnit 2.4 om innovativ og emergende viden.

På niveauet "ingen læring" kan man ikke lære af sine fejl. En lærende kan ikke her ved en tilfældighed falde over den rigtige løsning og så reagere på den.

### **Læring 1 (Første ordens læring)**

Læring 1 indebærer, at responsen ændrer sig over tid, og dette beskrives som *ændringer i ingen læring*. På den måde konstruerer Bateson de nye niveauer af læring som en ændring i forhold til læringen på foregående niveau. Læring indebærer, som sagt, i sig selv en ændring. Og et højere niveau af læring er en ændring af en ændring – og så fremdeles. Læring 1 er imidlertid en ændring af ingen ændring.

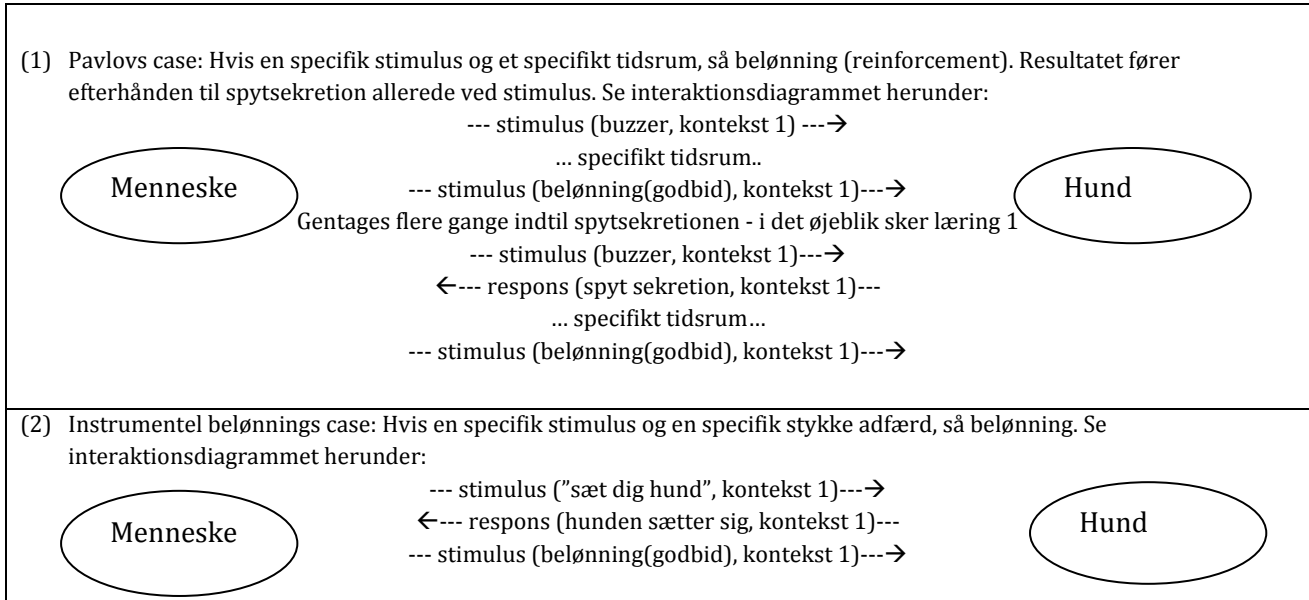
Læring 1 sker, når den lærende til tiden  $t_2$  giver et andet svar på en stimulus end til tiden  $t_1$ . Det vil sige, at der er sket en ændring. Læring 1 er en proces, som foregår i en konkret kontekst og over et tidsrum.

Et nutidigt eksempel på denne type læring er, når forældre giver op og siger til deres børn, "du får en 10'er hvis du kan være stille i en halv time" eller f.eks. når man på arbejdspladsen bliver tilbudt en bonus, hvis man lykkes med at udføre en aftalt opgave.

Det er læring af denne type, som udgjorde mønstereksemplerne for de behavioristiske læringsteorier. Her kan læring beskrives som en proces af stimulus, respons og belønning (reinforcement). Reinforcement betyder forstærkning, og det kan være positiv eller negativ belønning, f.eks. slik eller slag. Forstærkning bruges bevidst til at fremme en bestemt type adfærd. (Bateson 2000: 292). Belønning styrker specifikke sekvenser af interaktion i en given kontekst.

Vaner og betingning kan på læring 1 ændres på et meget fundamentalt plan. Man kan også blive vænnet fra igen, hvis der går en lang pause mellem en specifik stimulussekvens.

Det mest kendte eksempel på læring 1 er Pavlovs betingning, hvor en hund til tiden t2 begynder at savle, når en bestemt klokke ringer i forventningen om godbidder, hvilket han ikke gjorde til tiden t1. Herunder illustreres Batesons to eksempler på betingning: (1) Pavlovs forstærkningscase og (2) Instrumentel belønning, se Figur 5.



FIGUR 5 BATESONS EKSEMPLER PÅ BETINGNING VED FORSTÆRKNING OG BELØNNING

Interaktionsdiagrammerne viser mulighedsmønstre, som hunde kan gentage i lignende kontekster. Hunden har en forventning om et specifikt mulighedsmønster.

Denne type læring kan også anvendes i en skolesammenhæng, f.eks. når en elev lærer sig det periodiske system udenad for at få en god karakter. Eleven behøver dog ikke at have forstået noget indhold i relation til det periodiske system. Da elevens handlinger ikke er knyttet til forståelse af det faglige indhold, vil denne type læring ikke kunne stå alene i en undervisningsituation.

Aflæring er udbredt på niveau 1, idet det, der er indlært ved hjælp af forstærkning, fortoner sig, når forstærkningen ophører. Det udenadlærte, som f.eks. er indlært ved memoreringsteknikker, vil også typisk aflæres over tid, hvis der ikke kommer en konkret kontekst at sætte det sammen med.

Kontekster og kontekstmarkører er et af nøglebegreberne i både læring 1, 2 og 3. På *læring 1* er der en antagelse om, at konteksten er uændret. Det er f.eks. den samme klokke, som ringer hos Pavlovs hunde. Det er noget "sameness" over konteksten. Konteksten vil selvfølgelig oftest være forskellig, f.eks. "kan man ikke bade i den samme flod to gange" (Heraclitus). I denne tekst antages det, at kontekster kan gentages. En hund kan ikke spytafsondre, hvis den ikke ubevidst kan gøre sig antagelser om "sameness" i kontekster. "Sameness" kan beskrives som en gentagelig kontekst.

Derudover rummer læring 1 "Trial and error"-læring, som er en eksperimenterende type niveau 1 læring, hvor man ved helt tilfældige forsøg falder over den rigtige løsning. Denne type eksperimenteren er meget brugbar, når man skal lære ny software at kende, og hvor man ikke umiddelbart kan gætte, hvordan man skal få software til at gøre, som man ønsker. Denne slags eksperimenteren er

udforskende, og den lærende kan udvikle denne disciplin ved at bruge den ofte. "Trail and error" fungerer på alle læringsniveauer.

Læring 1 er altså ifølge Bateson ændring i specifik respons i en gentagelig kontekst. Læringen kan ske ved betingning, udenadslære eller "trial and error" i sin mest stokastiske form. Hvilket Bateson formulerer herunder.

- *Learning 1 is a change in specificity of response by corrections of errors of choice within a set of alternatives (Bateson, 2000:293)*

Citatet beskriver, at læring 1 er ændringer i respons over tid, og ændringen i respons sker ved tilfældigt at vælge mellem de konkrete alternativer, der er til rådighed.

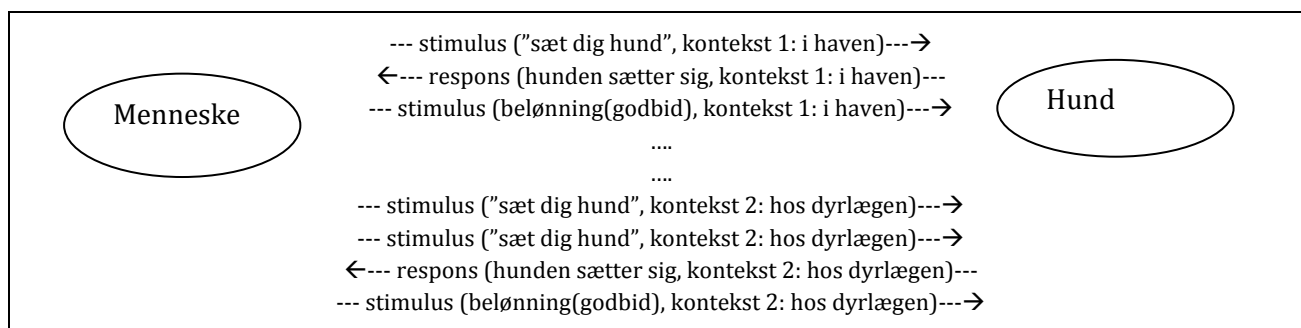
Læring som bygger på belønning og straf ses ofte i forbindelse med computerspil og læringsspil. Spilleren får point og ekstra "liv" som resultat af veludført dåd. Hvis spilleren derimod ikke responderer positivt i forhold til spillets regler, får han en straf i form af tab af liv eller lignende.

## Læring 2 (Anden ordens læring)

Læring 2 er karakteriseret ved ændring i processen ved læring 1. Det kan også beskrives som at lære at lære, "deutero-læring" (Bateson, 2000: 159) eller korrektive ændringer i læreprocessen. Det er en proces, hvor den lærendes læringsstrategi ubevidst bliver forbedret. Læring 2 er ifølge Bateson den mest udbredte form for læring. Og når der planlægges og gennemføres undervisning, vil det oftest være med udgangspunkt i denne type læring. Grundbegreber i læring 2 er: adaptivitet, optimering, nye kontekster, erfaring, kollaboration, ændringsprocesser, kvaliteter i interaktion.

Læring 2 er adaptiv, hvis den lærende bliver bekræftet i sit mulighedsmønster. Adaptiv vil her sige, at den lærende bruger sin viden i en ændret kontekst. Den lærende tilpasser sig den nye kontekst ved at tilpasse sin adfærd på optimerende vis.

Herunder er en instrumentel belønningscase, som viser et simpelt eksempel på adaptivitet, hvor en hund overfører sin adfærd til en ny kontekst. Se Batesons eksempel omformet til interaktionsdiagrammet herunder (Figur 6):



FIGUR 6 BATESONS EKSEMPEL PÅ LÆRING I NYE KONTEKSTER

Hunden sætter sig måske ikke første gang, beskeden gives i en ny kontekst, men den lærer det hurtigere end første gang. Dvs. hunden lærer at lære. Den lærende giver ønsket respons på forventet efterbehandling. Den lærende bruger således sin erfaring og oplevelser i nye sammenhænge.

Læring 2 er ifølge Bateson den mest udbredte måde at lære på. Den lærende tager udgangspunkt i en erfaring og bygger videre på f.eks. i en ny kontekst. Fra uddannelsesverdenen kunne et eksempel på læring 2 være børn, som lærer at beskrive brøker først i grafisk notation, og derefter bruger denne viden til at beskrive brøker i talnotation, som vi vil se eksempler på i afsnit 6, som omhandler en af de to eksperimentelle cases *Fraction Battle*. I dette eksempel er notationsformen den kontekst, som forandrer sig.

Læring 2 foregår i interaktion mellem parter, og interaktion kører ofte i nogle ubevidste faste mønstre. Måske er den lærende bevidst om sine læringsmønstre, men ude af stand til at ændre dem. Læring 2 foregår som regel i en kollaborativ sammenhæng, hvor dialogen mellem parterne modner den faglige refleksion. Bateson er dog ikke særlig præcis om denne type dialog.

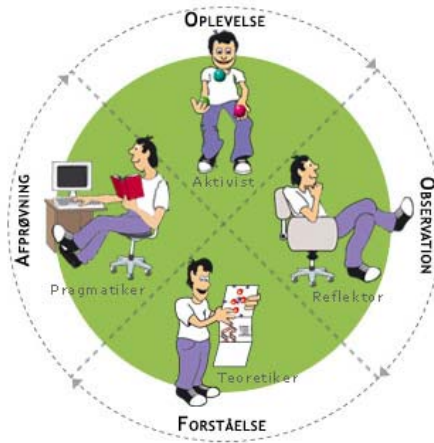
Bateson er i sin beskrivelse optaget af at anvende erfaringer i form af lagrede interaktionsmønstre i nye kontekster. Og at dette repertoire af erfaringer og for-forståelser af kontekster giver en et læringsmæssigt forspring.

### Læring 3 (Tredje ordens læring)

Læring 3 er karakteriseret ved ændring i processen ved læring 2 og indrammer selvmotiverede ændringer i læringsvaner. Dette betragtes som yderst sjældent i Batesons verden, men han mener dog, at det kan ske i psykoterapi og ved religiøs omvendelse og andre processer, som grundlæggende reorganiserer den lærendes karakter. Bateson advarer dog imod, at det er et mål for alle at skulle være på niveau 3. Ændring i læringsvaner kan i følge Bateson føre til skizofreni, hvis individet ikke er parat. Nøgleord på læring 3 er: bevidsthed, målrettethed, valgfrihed.

I følge Bateson må den lærende være bevidst om sin læring-2-strategier og bevidst vælge imellem læring-2-strategier. Det kræver en viden og bevidsthed om egne læringsstrategier, dvs. at den lærende skal gennemgå en pædagogisk læreproces for at blive bevidstgjort. Den lærende vil kunne opnå en frihed til at skabe nye kvaliteter i sine læringsmønstre. Dette giver en frihed til at omdefinere de interaktionsmønstre, man har haft siden barndommen. Interaktionsmønstre, som har påvirket den måde man lærer på.

I dag vil man kunne finde eksempler på læring 3 i uddannelsesverdenen i forbindelse med bevidsthed om egen læringsstil og aktiv forholden sig til dette. I et tidligere udviklingsprojekt arbejdede jeg med en case, hvor vi ved hjælp af læringsstile bl.a. forsøgte at fremme læring 3. Dette arbejde er bl.a. dokumenteret i artiklen "Motivation og refleksion i e-læring" i bilag 5 (Majgaard, 2009). Konkret blev der udviklet et e-læringssystem til brug for bankeløvere, som omhandlede pensionsrådgivning. Der blev taget udgangspunkt i Honey & Mumfords 4 læringsstile, som er baseret på Kolb (Malberg, 2003:44) (se nedenstående figur).



FIGUR 7 LÆRINGSSTILE (FINANSSEKTORENS UDDANNELSESCENTER)

De fire læringsstile er skitseret på figuren herover til venstre: Aktivisten der oplever; Reflektoren der observerer og reflekterer; Teoretikeren der søger abstrakt forståelse og endelig pragmatikeren der afprøver systematisk.

Brugen af læringsstile byggede på 'awareness' således, at den lærende bevidst og aktivt skulle foretage valg af læringsstrategi. De lærende kunne løbende vælge, med hvilken læringsstil de ville have det faglige stof præsenteret. Disse valg understøttede læring på niveau 3, som netop omhandler bevidst valg af læringsstrategi. Vi havde også en formodning om, at dette kunne øge den lærendes motivation, og at den lærende ved korrekt valg af læringsstrategi kunne forbedre sin læreproces.

Der var i brugertesten eksempler på at en bruger bevidst valgte teoretiske tilgange til stoffet, selvom han var en udpræget aktivist. Det forklarede han med, at han var bange for at hans viden tilegnet på aktivistisk vis ville blive for overfladisk. Det var også teoretikere som gennemgik case-scenarier, for de var bange for at gå glip af noget. Awareness-delen gav flere af brugerne læring tre overvejelser, hvor især det erfarne personale prøvede at komplementere, hvad de mente var mangler i deres måde at lære på.

#### Læring 4 (Fjerde ordens læring)

Læring 4 vil være ændringer i læring 3. Disse overskrider grænserne for individuel læring og omfatter evolutionære processer, som skaber nye livsformer og nye måder at organisere liv og interaktionen mellem levende organismer – og dermed også nye overlevelsesbetingelser og succeskriterier for læring på de underliggende niveauer (Bateson, 2000:193).

#### Observationspunkter i relation til teknologisk støttet læring

Når man i observationer skal finde eksempler på læring 1, 2 og 3 være nyttigt, at kunne fokusere på nogle konkrete observationspunkter (se evt. sidste kolonne i tabel 1). Herunder introduceres det, hvordan Bateson læringsniveauer potentielt kan komme i spil og observeres, når robotter og tekno-

logi anvendes i undervisningen. Eksemplerne her er korte og findes i udbygget og underbygget form i forbindelse med analyse af de eksperimentelle cases i kapitel 6 og 7.

Læring 1 vil forekomme, når den lærende lærer et nyt system at kende og må eksperimentere sig frem efter "trial and error"-princippet. Eller f.eks. som forbindelse med belønning og straf i forbindelse med interaktive aktiviteter, den lærende udfører.

Læring 2 kan forekomme, hvis samspillet er dynamisk, og den lærende kan optimere sin læring og tilpasse sig igennem læreprocessen. Man kan også forstille sig, at teknologien tilpasser sig den lærende således, at teknologien udfordrer den lærende der, hvor den lærende er fagligt og erfaringsmæssigt. På den måde kan der ske en gensidig og meningsfuld adaptiv læreproces. Desuden kan man forestille sig casescenarier hvor den lærende virtuelt simulerer konkrete situationer.

Læring 3 kan forekomme, hvis den lærende bevidst kan vælge en læringsstrategi, f.eks. at den lærende bliver testet med hensyn til sin læringsstil og bevidst vælger særligt tilrettelagte læringspor, som understøtter eller komplementerer denne læringsstil (Majgaard, 2009).

I de senere caseeksempler vil det bl.a. blive analyseret, hvordan robotteknologisk støttede læreprocesser integrerer "trial and error", adaptivitet, kontekster og refleksion.

I design af læreprocesser er det helt centralt at tænke i læringsniveauer. Det er vigtigt at designe, hvordan den lærende kan overføre erfaringer til fornyede kontekster og bygge videre på sin viden med kontekst-fornyelse som løftestang.

### **Ulemper og opsummering**

Allerførst blev læring defineret som en proces, hvor den lærende ændrer adfærd, og som kan være præget af forskellige niveauer af refleksion. Vi tog afsæt i Batesons beskrivelser af interaktionsmønstre i form af signaler og kontekstmarkører, som dannede en struktur der kan finde sted på forskellige refleksionsniveauer afhængigt af, hvordan konteksten justeres, og hvordan der reflekteres (Bateson, 2000). På læring 1 var der ingen ændring i kontekst, på læring 2 kunne der skelnes i kontekster og på læring 3 vælger man kontekst. For at kunne håndtere disse kontekstforandringer kræves refleksion. På læring 1 er det trial and error, dvs. man forsøger sig frem ud at vide, hvad udfaldet bliver. På niveau 2 er der en stigende grad af refleksion, idet den lærende allerede har en brugbar erfaring, som gør læringen nemmere. På læring 3 reflekteres der bevidst om læringsstrategi, og der vælges bevidst.

Styrken ved Batesons taksonomiske system er hans integration af begreberne: interaktion, adaptivitet, kontekst og refleksion. Det gør det muligt at beskrive, hvordan læring opstår i interaktion og udvikler sin refleksivitet. Den lærende er ikke et subjekt, der står "overfor" verden, og refleksion er ikke intrapsykiske processer, som blot foregår "inde i hovedet" på den lærende i en eller anden form for spejling af verden "udenfor". Den lærende er aktiv deltager i verden – og læring opstår som en del af den lærendes aktive omgang med andre aktører i omverdenen. Læring er praktisk, konkret og forankret i sociale samspil. Refleksion er ikke en evne hos en fritsvævende bevidsthed, men udvikler sig indefra interaktionen selv som en del af organismens dynamiske tilpasning.



Denne del af analysen løber imidlertid ind i den begrænsning, at Batesons læringsbegreb er udformet temmelig formelt og abstrakt. Der er skitseret et formelt skelet af refleksionsniveauer og kontekster. Men der tages ikke højde for konkrete, historisk og socialt givne kvaliteter af kontekster. Konteksterne udgør hos Bateson et hierarki af rammer, som danner en statisk baggrund for fortolkning af signaler. "Kontekst" udgør således en nærmest spatial metafor – en ramme eller et rum, som indgår i større sammenhæng af rammer og rum (ligesom kinesiske æsker). I princippet vil dette hierarki af kontekster kunne udbygges i uendelig regres. Bateson mener dog, at læringen allerede på niveau 3 bliver ramt af svimmelhed og kun kan finde sted i dyb terapi og religiøs omvendelse – og med risiko for at styrte ned i en afgrund af skizofreni. Bygningsværket af kontekster fortøner sig altså opadtil i en lidt mystisk dis.

Det, der mangler blik for, er, at kontekster er sociale situationer, samvær og interaktion, som løbende skabes og vedligeholdes af de medvirkende aktører, ligesom disse konstituerer sig selv gennem dette samvær. Kontekster opstår og forgår, defineres og redefineres. De kan kun eksistere som konkrete, og som konkrete forgår de og erstattes af nye. De er altså ikke abstrakte baggrunde, der ligger "bagved", som mulige stadier refleksionen kan bevæge sig igennem. I det næste afsnit skal vi se hvordan praksisfællesskaber medvirker til, at skabe ny kontekster for læring.

Der er deltagere i Batesons interaktionssekvenser, men de får ikke kød og blod. Deltagernes rolle og betydning uddybes ikke af Bateson. Det sociale ligger implicit hans eksempler, men dets betydning gøres ikke eksplicit.

Kommunikation kan her ikke blot ses som udveksling af stimuli mellem givne organismer, men som udveksling af stimuli i en skabende interaktioner, der former konteksten og aktørernes positioner.

Dette trin bidrog altså med give en grundlæggende forståelse, hvad læring er med et interaktionistisk syn. Der er flere niveauer af læring, og disse niveauer har styrker og svagheder. Man vil næppe kunne basere design af læremidler og didaktik ved ensidigt at udvælge blot et af niveauerne. Derudover blev der sat fokus på kontekstens samspil med læreprocessen og konteksten forskellige roller på de forskellige læringsniveauer. Refleksion når et højdepunkt på læring 3 som en selvbevidsthed om egen læringsstragi. I næst afsnit flyttes fokus for refleksion til det faglige indhold for læreprocessen.

I næste trin undersøger vi derfor læring som en proces, der udfolder sig i konkrete, historisk og socialt opståede fællesskaber. Dette trin vil indebære et skift fra Batesons informationsteoretiske tilgang til en social fænomenologisk tilgang.

---

## 2.2 TRIN 2: SOCIAL PRAKSISORIENTERET LÆRING, HANDLING OG REFLEKSION

I dette trin undersøger vi læring som en proces, der udfolder sig i konkrete, historisk og socialt givne fællesskaber. Det sker med afsæt i Wengers begreb om læring som socialisering inden for et praksisfællesskab (Wenger, 2004). Desuden inddrages Schöns begreb om viden og læring, som forankres i konkrete handlinger (Schön, 2001). Begge teorier gør op med et intellektualistisk syn på læring og refleksion. Refleksive læreprocesser er praksisbårne og behøver ikke være tematiseret i eksplicite overvejelser hos aktøren. I dette afsnit lægges grunden af handlingens fokus på aktiv deltagelse.

Kvaliteten af læringen begrænser sig ikke kun til formidling af formel viden og formelle færdigheder, men indbefatter også deling af underforstået viden og kultur. I dette trin er læring grundlæggende set en form for socialisering, hvor den lærende "opdrages" til at blive et kompetent medlem af et praksisfællesskab.

Kvalitet i læring består her ikke i et bestemt refleksionsniveau, men i en vellykket socialisering. Værdien af dette aspekt er især, at det fremhæver, at den lærende med et digitalt læringsmedie ikke er en isoleret aktør, men indgår i et net af sociale relationer. Den lærende er i en vis forstand en "lærling", som er på vej til at blive kompetent medlem af et praksisfællesskab. Et andet væsentligt bidrag, som dette aspekt yder, er, at det pointerer værdien af uformel læring og ikke-formaliserede læringsmidler.

Først introduceres Wengers bud på social læringsteori, hvor der er fokus på praksisfællesskabet, derefter introduceres Schön bud på hvordan man kan være igennem aktiv deltagelse i et fællesskab og diverse gøremål har en refleksion og løbende læreproces.

### **Praksisfællesskab og socialitet er brændstof for læreprocesser**

Wenger (Wenger, 2004) giver en helt hidtil uset fokus på praksisfællesskabets betydning for læreprocesser. Wenger mener, at læring grundlæggende er en social proces, som ikke kan adskilles fra den sociale kontekst den sker i.

Alle deltager i løbet af livet i en række praksisfællesskaber, f.eks. i klassen på skolen, på jobbet med kolleger, i familien og i løbeklubben. Alle disse steder deltager individet aktivt i de læreprocesser, der foregår og justerer vores identitet og personlige historie. Praksisfællesskaberne medvirker til, at vi oplever vores liv og verden som meningsfuld. Og de individuelle handlinger betegner den fælles historie, rammer og perspektiver, og dette kan støtte det fælles engagement (Wenger, 2004: 16).

Læring foregår uden, at vi tænker over det i de forskellige praksisfællesskaber, vi deltager i. I forskellige faser af livet er der meget fokus på læring f.eks. i forbindelse med skole og studie. Men fælles for al læring er i følge Wenger, at det sker ved aktiv deltagelse og i relation til et praksisfællesskab.

Skal man fremme læring handler det i følge Wenger om at fremme deltagelse på forskellig vis i praksisfællesskabet. F.eks. inddrage eleverne praksisser, der er meningsfulde for dem, samt give dem adgang til ressourcer, der kan styrke deres deltagelse. (Wenger, 2004:20). Skolen betegner Wenger som et designet praksisfællesskab, der måske ikke historisk set er designet med fokus på fremme aktiv deltagelse. I et sådant design kan være mange modstridende interesser, som ikke nødvendigvis fremmer elevens eller den studerendes aktive deltagelse.

Tidligere har Wenger og Lave defineret læring med inspiration fra den traditionelle mesterlære, hvori de betegnede legitim perifer deltagelse som læring (Wenger, 2004:22). At være perifer deltager vil sige, at det er acceptabelt i første omgang at stå på sidelinjen og iagttage og deltage i mindre omfang. Mesterlærlingen lærer gradvist ved at deltage i det daglige arbejde hos mester, hvad enten det er hos en autodidakt jordmoder i et tredjeverdensland, eller det er hos en slagter i et moderne supermarked. Lærlingen får gradvist overdraget opgaver indtil han er udlært og et fulgyldigt medlem af praksisfællesskabet. Læringen er situeret i praksis og altså i domænets naturlige omgivelser.

*"Læring som deltagelse befinder sig i orkanens øje. Den finder sted gennem vores engagement i handlinger og samspil" (Wenger, 2004: 24).*

Læring som deltagelse finder sted i et praksisfællesskab, der udgør læringens kontekst. Wenger læringsbegreb bygger altså på deltagelse et praksisfællesskab med udgangspunkt i at lære af mesterlærerens erfaringer fra praksis. På den måde kommer den lærende til at stræbe mod at nå et niveau, hvor han er på lige fod med mesteren og måske endda bedre. Men denne sociale læringsteori har fokus på oplæring til reproduktion, hvilket er uhyre vigtigt i professionsoplæring, i folkeskolen og i mange andre forhold i livet. Men hvad med kreative og innovative kompetencer? – Wenger sætter i forbindelse med uddannelsesdesign fokus på fantasi - fokus på, hvordan fantasi kan bringe en større helhedsforståelse og fremme refleksion. Fantasi kan producere billeder, som kan fremme kreativiteten, og på den måde kommer hans teori til at pege fremad mod innovation og kreativitet.

### **Design af læreprocesser og læremidler til brug i undervisningen fra Wengers perspektiv**

Design af uddannelse ser Wenger som systematisk, planlagt og gennemtænkt kolonisering af tid og rum (Wenger, 2004:258). Her udvides design af uddannelse til også at dække design læremidler og deres brug. Fra Wengers perspektiv er det centralt at indtænke det sociale perspektiv, når digitale læreprocesser skal planlægges. I den forbindelse har han sæligt fokus på engagement og fantasi.

At understøtte engagement er i følge Wenger ensbetydende med at understøtte dannelsen af praksisfællesskaber (Wenger 2004:268). Der skal dannes sociale fællesskaber og skabes mulighed for gensidigt samspil. Dette kan ske i fysiske eller virtuelle rum, og der skal være fælles opgaver, der kræver at man gør ting sammen og at der er adgang til hjælp. I forbindelse med design og brug af robotlæremidler til brug i undervisningen i indskolingen, vil det derfor være vigtigt at designe med henblik på, at børnene og deres lærer skal kunne arbejde i fællesskab med robotlæremidlet. F.eks. skal artefakten have en størrelse og udformning, som giver flere mulighed for at kunne deltage i læringsaktiviteter.

Fantasi giver mulighed for udforskning af scenarier, refleksion over mønstre og sammenhænge. Wenger fremhæver fantasi i forbindelse med kreativer processer:

*Min brug af ordet (fantasi) fremhæver den kreative proces i forbindelse med produktion af nye "billeder" og skabelse af nye relationer i tid og rum (Wenger, 2004:204).*

Fantasi og engagement er vigtige bestanddele af læring. Fantasi-elementet giver mulighed for bredere at orientere sig, end der lægges op til i et mesterlærerpraksisfællesskab, hvor man lærer af hvad og hvordan man plejer at forstå og gøre ting. Fantasi i design af de konkrete robotlæremidler vil f.eks. kunne foregå ved, at de lærende deltager i designprocessen, og at de bidrager med ideer til læringsaktiviteter.

Wenger mener ikke, at undervisning er årsag til læring, og at det, der i sidste ende undervises i, ikke nødvendigvis er det, der læres. Wenger ser snarere undervisning og læremidler som ressourcer, der kan anvendes i læreprocessen (Wenger, 2004: 302).

Undervisningssituationen er altså mere end et praksisfællesskab, hvor den lærende bringes fra at være et perifert legitimt medlem til at være et fuldgyldigt medlem af praksisfællesskabet.

Fantasifaciliteten bringer den lærende fremad, opad og udad og skal gøre det muligt for den lærende at skabe ny viden og for uddannelsen i lærings og oplevelsesteknologi nye interaktive og meningsfulde artefakter.

### **Aktiv handling fremmer refleksion og tilegnelse af ny viden**

Donald Schön (Schön, 2001) sætter fokus på at viden opstår og udvikler sig igennem aktiv deltagelse. Og han sætter fokus på, at det er den aktive handling, som er drivkraften i læreprocesser. Den aktive handling understøttes af refleksion, som ikke nødvendigvis kan ekspliciteres. Schön har udviklet en teori vedrørende reflekterende praktikers læring og deres refleksion-i-handling, som indebærer, at tavs viden udtrykkes i handling. Schön tog særligt udgangspunkt i praktikere såsom kreative ingeniører, byplanlæggere, læger, lærere mv. De kompetencer og handlemåder, de bragte i anvendelse, havde de som regel svært ved at redegøre for. Det var i øvrigt viden, som sjældent havde sin oprindelse i de kundskaber, de havde tilegnet sig i deres studie. Disse praktikere besidder to former for viden: dén, de kan udtrykke explicit, og dén viden, der kommer til udtryk gennem handling, når de arbejder i praksis med deres fag.

Viden-i-handling er den viden, der er iboende en praksis, og som ofte er svært at gøre explicit på en fyldestgørende måde. Schön refererer til Polanyi's begreb om tavs viden. Det er eksempelvis svært at gøre rede for, hvordan man bruger en hammer, og hvordan man bærer sig ad med at genkende et ansigt i en stor mængde. Der er handlinger, som vi spontant ved, hvordan vi skal udføre. Vi er sjældent opmærksomme på, hvordan vi har lært disse ting. I nogle tilfælde har vi en gang været klar over, hvorfor vi løser en opgave på en given måde, og sidenhen er det blevet internaliseret, og vi er ikke længere klar over, hvorfor vi gør som vi gør.

Schön deler den professionelle refleksion op i to dele:

- (1) Refleksion-i-handling, hvor multipel viden, erfaring og intuition glider sammen, imens der handles.
- (2) Refleksion-over-handling, som er den efterfølgende refleksion over den proces, der er hændt, og dens eventuelle konsekvenser.

Schön beskriver refleksion i og over handling som en modstilling til teknisk rationalitet. Teknisk rationalitet er f.eks., når der arbejdes problemløsende, og problemet løses deduktivt med den viden, der er til rådighed. I karikaturen af den rationalistiske tænkning løses problemerne fra situation til situation, og der ikke er plads til helhedstænkning og overvejelser om, hvilke spørgsmål eller problemstillinger, som kunne ændre de situationelle problemstillinger. I forestillingen om teknisk rationalitet antages en art "maskin-problemløsning", hvor alle relevante præmisser foreligger explicit, og løsningen kan udledes herfra. Der er ingen implicit viden, som kan drages frem i lyset af refleksionens vej og bidrage til at forstå problemet og løsningsmulighederne på nye måder.

Heroverfor står den professionelle praktikers faktiske problemløsning, som finder sted i en konstant (implicit eller explicit) refleksion, der inddrager tidligere erfaring, historier og gætterier i en slags dialog med egen praksis, når der skal findes løsninger på komplekse problemer. Det kan eksemplificeres ved hjælp af en ingeniørundervisers erfaringer med at indføre 'clickers' i sin undervisning. Han gjorde det for at forbedre dialogen og undervisningen ved store forelæsninger, hvor det er vanskeligt at have en dialog mellem underviser og studerende. 'Clickers' minder som minder om en fjernbetje-

ning, hvor de studerende kan svare på multiple choice spørgsmål ("Undervisning a la Hvem vil være Millionær", videnskab.dk ). Herunder er der et par citateter fra underviseren:

*»Det fungerer lidt ligesom 'Spørg publikum'-livlinjen i 'Hvem vil være millionær'. Jeg stiller auditoriet et spørgsmål. De studerende kan så, med deres 'clicker', vælge mellem 3-5 svarmuligheder. Nede ved min computer kan jeg se, hvor mange der svarer," siger underviseren.*

*"Når omkring 200 svar er løbet ind, viser jeg deres svar. Det er fuldstændigt anonymt, så den enkelte elev behøver ikke være bange for at få udstillet sin uvidenhed,« fortæller han (Undervisning a la 'Hvem vil være Millionær', videnskab.dk ).*

Tvilstilfældene var, ifølge underviseren, de mest interessante. Når en afstemning viste 50/50, fik de studerende et par minutter til at diskutere, og så tog de samme afstemning igen.

Underviseren får også en mulighed for at tilpasse sin undervisning på baggrund af de tilbagemeldinger, han får fra holdet. Underviseren tilpasser så undervisningen i den konkrete situation. Dette kan beskrives med Schöns begreb refleksion-i-handling. Det kan være, at underviseren kommer med eksempler, gentager og uddyber pointer på baggrund af de studerende 'clicker-svar'. Viden-i-handling, refleksion-i-handling går ofte hånd i hånd (Schön 2001: 52). Refleksion-i-handling kan genkendes ved udtryk, som "hovedet skal holdes koldt", "tankerne skal samles" eller "øvelse gør mester". Det er denne type af aktiv handlen og refleksion, som er vigtig i nye og usikre situationer, hvor al viden ikke kan formuleres i forvejen og så anvendes på praksis (Schön, 2001:52) .

Refleksion-over-handling opstår derimod, når den lærende efterfølgende evaluerer handlinger og overvejer, om han kunne have handlet mere optimalt. F.eks. når underviseren i ovenstående eksempel til at begynde med skulle udvikle en praksis med 'clickers', han skulle øve sig i at stille spørgsmål, som understøttede problemstillinger og pointer i teorien. Dette førte til en proces, hvor han optimerede sin undervisning fra gang til gang.

Argyris og Schön har efterfølgende også arbejdet med en taksonomi for læring, som har forbindelse til Batesons model, men dog ikke er identiske (Argyris, 1978). Her opereres med single loop læring og double loop læring. Disse begreber flugter med Batesons læring 2 og 3. I forbindelse med single loop læring er der fokus på adaptivitet, hvor den lærende løbende tilpasser sig den praksis han er den del af. Dette eksemplificeres med læring i en organisation, hvor en fejl i produktionen opdages i kvalitetskontrollen, denne viden gives den viden videre til produktionsingeniørerne, som så ændret specifikationerne for produktionen. Samtidig har marketingsfolkene observeret et fald i salget, og de undersøger grunden og leder efter nye at forbedre salget på. Organisation forsøger at optimere produktion og salg, men der ændres ikke på grundlæggende på produktet, værdier eller organisationsstrategier. Dette svarer til læring 2 og kan svare til læreprocesser som fremmer viden-i-handling.

Double loop læring er udtryk for en mere refleksiv proces i stil med refleksion-over-handling , hvor den lærende ændrer sine værdier og antagelser og den teori, der aktivt skal bruges i en konkret læreproces. I forbindelse med double loop læring ændrer organisationen værdier og strategier. Schön har på dette niveau i modsætning til Bateson sit fokus rettet mod det faglige indhold.

Aktiv handlen er vejen til at forstå og lære, hvordan man agerer i en profession. Schöns begreb viden-i-handling sætter fokus på, at viden der skal anvendes i praksis ikke kun kan tilegnes teoretisk. En del af den viden, som f.eks. en skoleelev besidder, kommer kun til syne i praksis og igennem aktiv handlen.

Det er derfor vigtigt, at undervisning og læringsforløb gøres praktiske. Det kan f.eks. ske ved at udarbejde små-projekter med andre børn og deres lærer. Eller det kan være robotlæremidler som medvirker til at give børnene praksisoplevelser, hvor de indgår i at aktivt samspil med teknologien, andre børn og deres lærer. Hvis undervisningen planlægges rigtig, vil den kunne bygge på både refleksion-i-handling og refleksion-over-handling

### **Praksisfællesskaber og handlingsorienteret refleksion i relation til teknologisk støttet læring**

Hvis vi ud fra ovenstående skulle opstille en målestok for kvalitet i robot-understøttet undervisning, må det for det første være, hvor vidt der udvikler sig et "partnerskab" mellem den lærende og robotten. Robotten er et redskab i praksisfællesskabet, og mestring af samspillet mellem den lærende og robotten gør de lærende til en del af fællesskabet. For det andet må partnerskabet med robotten være befordrende for refleksion. Der må foregå en implicit eller eksplicit dialog, hvor den lærende stiller spørgsmål og får svar, udkaster ideer og får dem afprøvet.

Et lavt niveau af praksislæring vil forekomme, hvis samspillet mellem robotten og den lærende er formelt og kun følger de opstillede læringsmål. Bliver samspillet derimod dynamisk, fortroligt og præget af komplekse betydningstilskrivninger, er der grundlag for et højere niveau af praksislæring.

I de senere caseeksempler vil det blive analyseret, hvordan robotteknologisk støttede læreprocesser integrerer praksisfællesskaber. Det vil desuden blive vurderet, hvordan refleksion-i-handling og refleksion-over-handling spiller sammen med teknologisk støttede læreprocesser.

I design af læreprocesser er det helt centralt at tænke i etablering af praksisfællesskaber og adgang til disse i læreprocessen. Det er desuden vigtigt at tænke i aktiv deltagelse i forbindelse med design af læreprocesser og teknologi.

### **Opsummering**

I dette trin undersøgte vi læring som en proces, der udfolder sig i konkrete, historisk og socialt givne fællesskaber.

Wengers begreb om læring som socialisering inden for et praksisfællesskab placerer socialitet som en forudsætning for læreprocesser. At lære indebærer at blive en del af et fællesskab. Praksisfællesskabet er en kontekst for læring, som giver læreprocessen mening for den lærende og et fællesskab, som den lærende kan spejle sig i og stile efter at nå fuldt medlemskab af.

I Schöns begreb om viden anvendt i praksis er det centralt, at ikke al viden kan formuleres eksplicit, og at man lærer ved at deltage aktivt i praksis. Viden kommer til udtryk igennem handling, og den skabes og vedligeholdes i en implicit refleksion, der følger med handlingen. Ved særlige knudepunkter (tvivlstilfælde, sammenbrud, afbrydelser) brydes denne strøm af handling og implicit refleksion og giver plads til en mere eksplicit refleksion og evaluering. Den evaluerende refleksion kan godt indeholde overvejelser om læreprocesser, men det vil typisk være overvejelser om, hvordan man kan optimere selve handlingen.

Begge teorier gør op med et intellektualistisk syn på læring og refleksion. Refleksive læreprocesser er praksisbårne og behøver ikke være tematiseret i eksplicite overvejelser hos aktøren.

Analyserne under trin 2 indebærer ikke en afvisning af Batesons grundlæggende læringsbegreb. Men de lægger op til, at begrebet udbygges. Hvor Bateson's kontekster var formelt definerede, får de her mere konkret karakter. Praksisfællesskabet sætter "kød og blod" på kvalitativt meningsfulde kontekster. En konsekvens af dette er, at læringens karakter af deltagelse og socialisering fremhæves.

I næste afsnit nytolkes Batesons abstrakte taksonomi med social praksisorienteret læring.

### 2.3 TRIN 3: SAMMENHÆNG MELLEM LÆRINGSTAKSONOMI OG PRAKSISORIENTERET LÆRING

---

Gleerup og Qvortrup har videreudviklet og nytænkt Batesons taksonomi af læringsniveauer beriget af blikket for social og historisk kontekstualitet (Gleerup, 2003)(Qvortrup, 2006). Som noget særligt har de begge arbejdet med, hvordan typer af undervisning matcher de forskellige niveauer af læring. F.eks. kan tavleundervisning om motorers opbygning og virkemåde matches med læring 1, og "hands on" projektarbejde i et mekanikværksted matcher niveau 2.

Derudover matcher de begge læringsniveauerne med videnskategorier. Dette gøres for at kunne adskille læring af abstrakt viden fra praksisorienteret viden. Både Gleerup og Qvortrup er optaget af, at viden skal kunne omsættes til konkrete handlinger og vise versa.

Gleerup har haft særligt fokus på at operationalisere Bateson læringsniveauer i forhold til studier af uddannelse. Han integrerer blandt andet Schön og Wenger i modellen. Det gør, at modellen tænkes ind i praksisnære fællesskaber med fokus på aktiv deltagelse og praksisrefleksion, jævnfør forrige afsnit. Qvortrup matcher læringsniveauerne med Piagets begreber om assimilation og akkommodation, og han bruger eksempler fra uddannelsesmiljøer og e-learning.

Der synes ikke at være en direkte modsigelse mellem Batesons taksonomi og praksisorienteret læring, hvor refleksive processer vil være forankret i en social praksis. Teorierne har imidlertid meget forskellige grundlag: en kognitiv og informationsteoretisk tilgang overfor en sociologisk og fænomenologisk tilgang. En kombination af aspekterne må tage hensyn til dette.

Nedenfor gennemgås niveauerne i læringstaksonomien i denne nye tolkning.

#### *Læring 0. Ingen læring*

Læring 0 er i Gleerups optik en automatiseret respons på et givet signal. At man uden at tænke over det altid giver samme respons på et givent input. F.eks. at man slukker vækkeuret når det ringer. Dette ligger helt på linje med Batesons læring 0.

### *Læring 1. Læring af abstrakt viden uden for relevant kontekst*

For at kunne sætte fokus abstrakte læreprocesser indføres følgende definition på viden. Gleerup beskriver viden som en eksplicit viden, som vi kender fra faglig videnskabelig viden. Eksplicit viden er en form for information eller fakta, som kan cirkulere frit i tid og rum, (Gleerup, 2003:228). Læring 1 er ifølge Gleerup en type læring, som foregår løsrevet fra en faglig relevant sammenhæng eller en kontekst, som ikke har noget med den konkrete viden at gøre. Hermed kommer læring 1 til at handle om tilegnelse af abstrakt viden.

Qvortrup definerer viden, som bekræftede observationer (Qvortrup, 2006). Viden kan ikke overføres direkte fra én person til en anden, f.eks. som man kopierer data fra computerens harddisk til en USB-nøgle. Viden bliver til kvalifikationer og kompetencer som følge af en læreproces. Og han beskriver læring 1 som akkumulation af viden, som typisk forgår ved direkte undervisning i klassen. I denne læreproces udvikler den lærende kvalifikationer i modsætning til kompetencer (Qvortrup, 2006:37). Begrænsningen ved denne type viden er, at den ikke nødvendigvis med det samme kan bruges i andre kontekster udenfor klassen.

At læring og viden er løsrevet for fagrelevante kontekster, gør læreprocessen abstrakt. Gleerups konkrete eksempel foregår i skolens rum. Det kan f.eks. være klasseværelset, hvor elever og lærere *taler om* ernæring. Og et kan være skolekøkkenet, hvor eleverne *laver* mad. I klasseværelset kan der undervises i alle mulige emner. Der er ikke noget i rummets tilrettelæggelse, som knytter sig specielt til ernæring. Skolekøkkenet er derimod en indrettet specifikt til madlavning. Gleerup deler kontekster op i to kategorier. (1) En kontekst, som ikke har med den konkrete viden at gøre, og (2) en kontekst, som har med den konkrete viden at gøre. Den kontekst, som ikke har med den konkrete faglige viden at gøre, kan som sagt være klasserummet og fører i følge Gleerup til læring 1. Hvorimod en kontekst som har en tæt sammenhæng med den viden, der skal læres, er læring 2. F.eks. at man afprøver sin viden i praksis eller man lærer gennem praksis.

Gleerup antager her en noget direkte sammenhæng mellem typen af rum og det niveau af refleksivitet, der kan opnås i læringen. Styrken ved Gleerups tilgang er, at han knytter en sammenhæng mellem læringsniveauer og konkrete arbejdsformer. Men det kan diskuteres om de antagede sammenhænge bliver for mekaniske. En dialog om et emne i et klasseværelse kan efter min mening godt bane vej for læring af en højere orden. Gleerup har dog en pointe i, at jo mere man kan deltage aktivt, og jo rigere ens tilgange til emnet er, desto bedre muligheder er der for at udvikle refleksionen.

### *Læring 2. Praksisnær læring i en relevant kontekst*

Gleerup sammenligner læring 2 med Schöns begreber viden-i-handling og refleksion-i-handling (Schön, 2001), se iøvrigt forrige afsnit om Schön. Det er begreber, som er knyttet til praksislæring. Refleksion-over-handling udskydes til læring 3. Viden-i-handling forbinder kontekst og viden med handling og refleksion. Den lærende overfører i praksis erfaring fra handling til handling, hvorfor man i hver ny situation kan aktivere et helt repertoire af handlemuligheder (Gleerup 2003:235).

Læring 2 beskrevet som viden-i-handling, hvor der er forbindelse mellem kontekst, handling og refleksion, kan eksemplificeres med rådgivning i pensionsprodukter. Eksemplet stammer fra et studie af,



hvordan medarbejdere fra banker lærer at rådgive om nye pensionsprodukter ved hjælp af en e-lærings-applikation (Majgaard og Thisted, 2009).

Scenariet finder sted i en virtuel rådgivningssituation, der strækker sig over nogle få minutter. Den lærende får tildelt rollen som rådgiver for en virtuel kunde, som kommer ind i filialen. Den virtuelle situation minder meget om virkeligheden, hvor kunden stiller uforudsigelige, men realistiske spørgsmål. Den virtuelle kunde kan f.eks. være en sygeplejerske, som har arbejdet i udlandet for Læger uden Grænser. Hun ønsker at tegne en livsforsikring i et andet pensionselskab. For hvert spørgsmål, kunden stiller, kan rådgiveren reagere på flere måder. Skal rådgiveren f.eks. kræve supplerende helbredsundersøgelse eller...? For hvert trin i scenariet er der flere svarmuligheder. Rådgiveren har allerede en viden inden for livsforsikringsområdet, men ved at gennemføre scenariet bliver han nødt til at justere sin viden om farlige erhverv. Eksemplet viser, at hans viden er på niveau 2, dvs. at den nye viden assimileres og tilpasses til den eksisterende viden. (Majgaard og Thisted, 2009).

Det faglige indhold formidles på denne måde igennem aktiv deltagelse fra den lærende. Den lærende identificerer sig med given faglig social rolle, og den lærende handler med udgangspunkt i denne. På den måde smelter den faglighed, handlen og praksisfællesskab sammen.

Qvortrup karakteriserer læring 2 med Piagets begreb *assimilation*, hvor ny viden tilpasses til den allerede kendte viden. Dette sker ved, at den ny viden anvendes til at løse problemer og opgaver i en konkret situation, som vi på forhånd har en vis viden om. Ved at viden anvendes i en konkret situation, opnår den lærende ikke blotkvalifikationer, men konkrete kompetencer (Qvortrup, 2006:37).

Dette kan f.eks. foregå i forbindelse med gruppearbejde og projektarbejde:

*In order to mediate 2<sup>nd</sup> order learning, i.e. construction of knowledge concerning how to use one's abilities in an adequate way for solving tasks and problems, stimulation of self-learning is adequate. This is practiced through group work, project work etc. (Qvortrup, 2006:35)*

Hvor læring 1 i følge Qvortrup var kendetegnet af akkumulation af viden, så er læring 2 altså kendetegnet ved assimilation. Akkomodation (i Piagets forstand), hvor ny viden bruges til at skabe en helt ny forståelse af situationen, reserveres til læring 3.

Læring 2 vil dog efter min opfattelse også kunne indeholde akkomodation, idet man godt kan forestille sig, at den lærende reorganiserer i sin forståelse af situationen og de hertil knyttede kognitive strukturer som følge af erfaringer i gruppearbejde eller lignende. F.eks. kan man forestille sig, at gruppearbejdet indeholder en konkret programmeringsopgave, som får den lærende til at forstå virkemåden og potentialer for konkrete sorteringsalgoritmer på en ny måde. Eller at en elev i 2. klasse pludselig kan konvertere brøker mellem grafisk og notation og talnotation, hvilket uddybes i kapitel 6 om Fraction Battle.

### *Læring 3: Refleksion, ny viden og kreativitet*

Refleksion-over-handling i et Schönsk perspektiv er Gleerups særlige nytolkning af læring 3. Refleksion-over-handling har karakter af, at være en type retrospektiv refleksion over, hvordan man

f.eks. kunne man have løst et problem mere simpelt. Refleksionen er af optimerende natur, jævnfør afsnit 2.2. Refleksion-over-handling rummer ikke nødvendigvis selvrefleksion. Man kan derfor overveje om refleksion-over-handling i realiteten ligger et sted mellem niveau 2 og 3. Læring 3 indeholder elementer af proaktivitet i valget af nye stragier eller udvikling af nye strategier for løsning af problemstillinger. Refleksion-over-handling kan føre til valg af nye stratgier, men gør det ikke nødvendigvis.

Derudover omhandler læring 3 bevidst refleksion over valg af alternative læringsstrategier. Dette kan eksemplificeres med tværfaglige professionsbachelorere, som vælger mellem humanistiske, samfundsvidenskabelige og naturvidenskabelige tilgange i løsningen af et problem(Gleerup, 2003:246). Et aktivt valg af læringsstrategi er desuden et udtryk for selvrefleksion, idet den lærende f.eks. reflekterer over egen læringsstil.

Innovation og emergerende viden hører også til på læring 3 (Gleerup, 2003). Når der f.eks. på de videregående uddannelser skal arbejdes sammen på tværs af faglige traditioner, skabes der en ny faglighed og viden, som ingen af parterne hver for sig kunne have skabt. Denne type samarbejde kan være krævende og grænseoverskridende, idet man må ændre sine for-forståelser af hvad der er god faglig praksis.

Qvortrup bygger videre på denne forståelse af læring 3 som værende innovativ, han forbinder læring 3 med udvikling af kreativitet. Den lærende finder med læring 3 sin egen særlige udtryksform:

*When somebody accommodates, he or she changes structure of knowledge, i.e. basic assumptions. this is typically practiced in creative teaching environments, for instance at the higher classes of art schools, where the student is supposed – and stimulated to – create his or her own “style” . But this is also practiced in the processes of writing master thesis (Qvortrup, 2006:36)*

Herover eksemplificerer Qvortrup sin læring 3 med skrivning af en kandidatafhandling, som skrives i den lærendes egen stil. Man kan med Qvortrups optik forestille sig læring 3 på alle niveauer i uddannelsessystemet, hvor den lærende gør noget på sin egen måde. Og hvor den lærende dermed udtrykker sin egen kreativitet.

Qvortrup beskiver desuden læring 3 som akkommoderende i Piagetsk forstand. At akkommodation skulle være forbeholdt læring 3, virker dog tvivlsomt, idet man, som nævnt, i forbindelse med både læring 1 og 2 kan forestille sig den lærende i akkommoderende læreprocesser. Piaget vil heller ikke alene forbinde akkommodation med kreative læreprocesser, jævnfør afsnit 3.2. Piaget vil forbinde akkommodation med processer, hvor den lærende udviser en proaktiv form tilpasning.

Jeg finder dog, at nyudviklingen af læring 3 til at omhandle kreative og innovative læreprocesser er meget produktiv, idet den understøtte et fokus på, hvordan vi befordrer kreative og innovative kompetencer, som er relevante i et videns- og innovationssamfund. I næste afsnit sættes der yderligere fokus på kreativitet og innovation med udgangspunkt i Scharmer (2001). I relation til denne afhandling er kreativitet og innovation desuden centrale elementer i digitale designprocesser.

### *Læring 4. Nye helheder og kontekster.*

Gleerup mener, at læring 4 i en uddannelses- og undervisningsoptik handler om at designe læringsmiljøer, som er flerfaglige og innovative (Gleerup 2003:250). Disse læringsmiljøer skal baseres på forskellige faglige kontekster. Og kombinationen af disse faglige kontekster skaber nye helhedsorienterede kontekster for læring. Qvortrups læring 4 er beslægtet med Gleerup og omhandler typologier for læring, i form af design af læringsmiljøer, både de fysiske rammer og læreprocesserne.

### **Opsummering**

Batesons taksonomi af læringsniveauer blev i dette trin beriget af blikket for social og historisk kontekstualitet. Og læringsbegrebet blev operationelt i forhold til studier af uddannelse.

På læring 1 blev vidensbegrebet indført for at kunne sætte fokus på klasseundervisning, hvor indhold og praksis ofte kan være uden sammenhæng. På læring 2 forbindes praksis og situation med læreprocessen. Den lærende er blevet aktivt handlende med en optimerende situationel refleksion. På læring tre reflekterer de lærende over deres læringsstrategier men henblik på at udvikle kreative og innovative tilgange til situationen. Og på niveau fire sættes der fokus på design af uddannelses- og læringsmiljøer.

Bateson teoritilgang er grundlæggende informationistisk og instrumentel, læreprocesser beskrives, som signaler der bliver udvekslet og fortolket, og selve fortolkningen er hos Bateson en kognitiv proces.

Schön og Wengers teoritilgang er et opgør og videreudvikling af den teknisk instrumentelle tilgang, hvor al viden er eksplicit og kan udtrykkes i mål og beskrivelser. Hos Wenger ligger den tavse ikke-eksplicite viden i praksisfællesskabets ageren, og hos Schön ligger den i praktikerens aktive handling.

Schön begreb refleksion i handling kan tolkes som om, at læreprocessen synliggøres i interaktion mellem den lærende og omgivelserne, på dette område bliver Batesons og Schöns forståelse af læring sammenfaldende.

Gleerup og Qvortrup beskriver, hvilke undervisnings- og arbejdsformer der understøtter hvilke niveauer af læring. Men det sker meget skematisk. Det er diskutabelt, om der vitterligt skulle være en strikt sammenhæng mellem det fysiske læringsrum og refleksionsniveauet (som Gleerup antyder). Ligeledes er det meget tvivlsomt, om vi kan knytte Piagets begreber om assimilation og akkomodation til henholdsvis læring 2 og 3 (som Qvortrup hævder). Begge baner vej for en mere operationel og konkret brug af Batesons taksonomi. Men skematikken bliver for rigid.

Hertil kommer, at der er brug for at komme mere i dybden med spørgsmålet om dynamikken i læringens udfoldelse af refleksivitet og medskabende deltagelse. Dette spørgsmål er særligt interessant, når vi ønsker at skabe radikalt innoverende læreprocesser. I næste afsnit uddybes det, hvordan man i læreprocesser kan sætte fokus på innovation og kreativitet ved at fokusere på dynamisk vekslen mellem forskellige videns- og læringsformer.

## 2.4 TRIN 4: INNOVATIV OG EMERGERENDE VIDEN PÅ BAGGRUND AF DYNAMIK

---

Innovativ og skabende læring er vigtig i forbindelse med designprocesser, fordi man ofte skal udvikle nye løsninger på ikke-afklarede problemer. Netop disse kreative og skabende processer knytter sig til læring 3, jævnfør forrige afsnit (Qvortrup, 2006). Design af læremidler, spil og teknologi er skabende processer med de lærende som deltagere. Og det er netop kernen i denne afhandlings cases, se kapitel 6 og 7.

I dette afsnit fokuseres der altså på den type læring, der sker i forbindelse med skabende og innovative processer. Scharmer (2000) og Nonaka (1995) fokuserer på den innovative vinkel i kombination med tavs og kropslig viden. Scharmer har netop en model for vidensniveauer, men i modsætning til Bateson, Qvortrup og Glerup fokuserer Scharmer på dynamikken i overgangen mellem niveauerne. Og det er dynamikken, som bliver brændstof for innovative processer. Glerup (2003) har sammenstillet Scharmer og Bateson, med fokus på at matche Batesons læringsniveauer med Scharmers vidensniveauer. Mit fokus er på selve dynamikken mellem trinene, idet der er i dynamikken i overgangen mellem niveauerne, at det transcenderende og innovative opstår.

Derudover bidrager Scharmer og Nonaka med at sætte fokus på tavs og kropslig viden, som netop er i spil i forbindelse med design og brug robotlæremidler. Robotlæremidler lægger netop op til kropslig interaktion, hvor den lærende erfarer med kroppen.

Scharmer, som er organisations- og læringsteoretiker, introducerer følgende tre faser af viden og læring: eksplicit viden, tavs-kropslig viden og transcenderende viden. Herunder introduceres Scharmers teori om viden og læring kort. Dette sker i sammenhæng med Nonakas vidensteori, som Scharmer baserer en del af sin teori på:

1. **Eksplicit viden.** På det bevidst artikulerede plan, som Scharmer sammenligner med toppen af et isbjerg, er den eksplicite viden forstået som information, der kan indsamles, lagres og processeres som f.eks. i IT systemer (Scharmer, 2001:6). Det er en faglig videnskabelig viden, eller en viden, der erfares på baggrund af teori og observationer alene (Scharmer, 2001:12).
2. **Tavs viden.** På det mere ubevidste og uartikulerede plan, som Scharmer sammenligner med den del af isbjerget, som er under vandet, er der to typer af tavs viden: den tavse-kropslige viden, som den beskrives af Nonaka (1995), og den selv-transcenderende viden, som overskrider tidligere forståelser. Den tavse-kropslige viden udfoldes i aktiv tilstand (Scharmer, 2000, 8), det vil sige som viden i proces og situeret i praksis som hos Wenger (Wenger, 2004)(Scharmer, 2000:20). Glerup sammenligner denne proces med læring 2.
3. **Selvtranscenderende viden.** Innovativ og transcenderende viden opstår i dynamisk vekslen mellem eksplicit viden og tavs kropslig viden. Dynamikken skabes igennem en handlingsorienteret praksis, hvor den lærende er deltagende på en medskabende måde. Hvilket kan sammenstilles med læring 3, hvor der her er fokus på dynamisk vekslen mellem læring 1 og 2.

Scharmer sammenligner med disse vidensformer med brødbagning. Her er f.eks. oplysninger om vægt, pris og ingredienser relevante former for eksplicit viden. Dele af aktiviteterne omkring bagning af

brødet er tavs viden, f.eks. fornemmelsen for en god dej. Og den viden, som fik en bager til i første omgang at opfinde brødbagning, er selv-trascenderende viden.

Nonaka (1995) eksemplificerer også tavs viden med brødbagning. I hans eksempel er der fokus på, at det er svært at forklare, hvordan man skal ælte brød, således at det bliver lækkert. Eksemplet handler om en virksomhed, som skal udvikle en brødbagemaskine, men de har problemer med at få maskinbrødene til at blive lækre og luftige. Det får udviklerne til at gå i praktik hos byens dygtigste bager. At tale med bageren giver ikke brugbare svar. Men at arbejde med sammen med bageren, observere, afprøve og kopiere hans ælte- og bagepraksis ender med at løse problemet. En af udviklerne få en dag øje på, at bageren vrider dejen, imens han ælter, og dette særlige vrid løser problemet med bagemaskinen.

Der er hele tiden samspil i mellem den implicitte aktive tavse viden og den eksplicitte viden, som det også beskrives hos Nonaka (1995). I denne spiralerende vekslen, hvor tavs viden bliver eksplicit og vise versa, opstår ny viden.

*..tacit knowledge and explicit knowledge are not totally separate but mutually complementary entities. They interact with and interchange into each other in the creative activities of human beings (Nonaka, 1995:61).*

Nonaka sammenligner og sidestiller desuden tavs og eksplicit viden med Batesons analoge og digitale kvaliteter i kommunikation (Nonaka, 1995:60) (Bateson, 1972:373) . Hvor kropssprog og mimik henviser analoge kvaliteter, og digitale kvaliteter er knyttet til sproget. Nonaka understreger hermed, at der er en tavs analog kommunikation, som foregår parallelt med den digitale eksplicitte kommunikation. Nonaka peger desuden på, at tavs viden kan overføres og gøres eksplicit igennem sociale processer, hvor man deltager, observerer og lærer af hinandens praksisser.

I ovenstående eksempel med bagemaskinen, opnåede designerne ny viden ved at deltage aktivt i bagerens praksis. Scharmer beskriver denne type viden som en radikal ny viden, der intuitivt kan fornemmes i samspillet mellem at gøre og at vide (Scharmer, 2000). Denne viden betegnes som transcenderende viden.

*Self-transcending knowledge (ascribe) the ability to sense and presence the emerging opportunities, to see the coming-into-being of the new..(Scharmer, 2000:3)*

Den transcenderende viden er emergerende ny viden, som sker i kølvandet på det dynamiske samspil mellem eksplicit og implicit viden. Scharmer sammenligner den med den med Schön (Schön, 2001) begreb refleksion-i-handling og den refleksion, som foregår i flowtilstanden (Csikszentmihalyi, 2005, Scharmer, 2000:12). Det er altså en viden, der opstår, imens den lærende er opslugt af processen. Gleerup sammenligner denne ny innovative viden med læring 3 i hans videreudvikling af Batesons lærings taksonomi (Gleerup, 2003:248). Transcenderende viden bliver med tiden selv forankret som tavs-kropslig viden og danner dermed grundlag for nye kredsløb, hvor nye former for transcenderende viden opstår.

I relation til denne afhandling, kan man forestille sig at denne type viden opstår, imens den lærende er aktiv deltagende. Og man kan forestille sig, at den lærende deltager i en designproces med praksis-eksperter som i bagemaskineeksemplet. Det vil så handle om at kunne opfange og eksplicitere ny viden, som opstår i sådanne designprocesser. Deltagelsesformen for denne proces, hvor der bliver

skabt ny transcenderende viden, får karakter af at være medskabende. Medskaben er dermed den form for deltagelse, som kan føre til transcenderende viden og nye produkter. Den lærende er medskabende, når han forbinder aktiv handlen og viden, og når deltageformen sætter dynamik i forholdet mellem tavs og eksplicit viden. Der er desuden elementer af kreativitet, eksperimenteren, ekspertise og innovation forbundet til begrebet.

Sigtet i denne afhandling er netop at undersøge muligheden at designe robotteknologiske læremidler, som danner grundlag for, at den lærende bliver medskabende, og som i en praksisorienteret sammenhæng vil kunne sætte gang i transcenderende læreprocesser. I eksperimentelle designcases i kapitel 6 og 7 vil det blive undersøgt om den brugerinddragende designproces danner grundlag for medskaben - eller mere præcist: om der bliver observeret medskabende læreprocesser.

I artiklen i bilag 6 "Robotteknologi som arena for tværfagligt samarbejde", bliver de lærende en del af en kreativ designproces, hvor de skal skabe ny artefakter til læring og rehabilitering. Denne artikel, eksemplificerer medskabende læreprocesser. Og i den omhandlede designproces blev leg inddraget for fremme de medskabende læreprocesser. I artiklen får vi i særlig grad et indblik i medskaben i forbindelse med designprocesser i professionsuddannelserne.

Konkret handler artiklen om et kursusforløb, hvor studerende på tredje år arbejder sammen på tværs af professioner. Det var ingeniør-, lærer-, pædagog-, fysio- og ergoterapeutstuderende, som i løbet af et semester skulle udvikle koncepter til læring og rehabilitering.

De studerende blev placeret i tværfaglige grupper. Ideen var, at de studerendes fagligheder indenfor teknologisk udvikling, læreprocesser og genoptræning skulle fremme kvaliteten af eventuelle læremidler og artefakter til rehabilitering.

De studerende fik konceptualiseret en intelligent bold, som skulle understøtte motorisk usikre børn. En anden gruppe konceptualiserede et balancebræt, som skulle forebygge faldskader hos ældre. Begge koncepter var digitale og byggede på at kombinere træningsaktiviteten med interaktive spil.

Forløbet begyndte med et idegenereringsforløb, hvor de studerende uden at forholde sig til hinandens kompetencer skulle finde på ideer og udvikle disse ideer ved hjælp af brugerscenarier. Ingeniørerne udarbejdede tekniske løsninger, f.eks. den fysiske prototype af balancebrættet. Terapeuterne bidrog med viden om, hvordan et system blev ergonomisk korrekt, og hvordan systemet kunne bruges fra en siddende position. Senere i forløbet blev de studerende bedt om at modificere og videreudvikle udvikle deres koncepter på baggrund af en mere eksplicit inddragelse af hinandens fagligheder.

De studerende besad eksplicit viden fra deres respektive områder, som de kunne byde ind i projekterne med. Denne viden blev dog brugt i samspil med professionsfeltets tavse viden. Disse to former for viden blev bragt i spil igennem den fælles designproces. Og designprocessen medvirkede til at skabe dynamik mellem den tavse viden og den eksplicite viden. Det tværfaglige samspil mellem de forskellige professioner befordrede denne dynamik, idet de studerende fik ny viden fra hinanden, som de skulle indarbejde i de fælles koncepter. F.eks. bragte de fysioterapeuterne frem, at det ikke kun var nødvendigt at træne balanceøvelser, men at det også var vigtigt at opbygge muskelmasse i forbindelse med forebyggelse af faldskader. Det stillede særlige krav til balancebrætkonceptet og de digitale aktiviteter, der skulle udvikles. Af få en sådan viden omsat medvirkede åbenlyst til at fremme kvaliteten i konceptet.

Tilbage står nu at undersøge, om leg kan fremme medskabende, kreative, eksperimenterende og innovative læreprocesser.

### 2.5 TRIN 5: LEG, MEDSKABEN OG EKSPERIMENTERENDE LÆREPROCESSE

---

I dette afsnit vil jeg sætte fokus på, hvordan leg og eksperimenteren kan være motor for medskaben. Medskaben er en aktiv form for deltagelse, hvor den lærende er kreativ, fantasifuld og innovativ. Det sige sige, at vi er på Scharmers dynamiske niveau for transcenderende viden. Dér, hvor der er et rigt samspil mellem at gøre og at vide, og hvor den tavse og eksplicite viden spiller sammen.

For at den lærende kan komme i en tilstand, hvor transcenderende processer er mulige, skal den lærende i følge Scharmer være aktiv. Han vil være i en proces af refleksion-i-handling og i flow, jævnfør forrige afsnit. Flow er en proces, hvor den lærende er opslugt og har overgivet sig til en optimal oplevelse (Csikszentmihalyi, 2005). Flow er kendetegnet af, at der er en tilpas balance mellem deltagerens udfordringer og kompetencer. Deltageren udfordres præcist så meget, at aktiviteten er oplugende og spændende, men ikke så meget, at han bliver grebet af angst og afmagt. En måde at komme i flow på kan være igennem leg og spil. Og i forbindelse med udvikling af computerspil vil der ofte være et stærkt fokus på at tilpasse udfordringer i spillet med spillerens færdigheder (Fullerton, 2004). Det gøres netop for at danne grundlag for flow og for, at spilleren ikke skal kede sig eller blive for frustreret over spillets sværhedsgrad.

Der er dog en række faldgrupper, hvis man vil kombinere spil, leg og teknologi. Spil er i følge Jessen (2008) ikke kommet til verden med det formål at skabe læring. Men Jessen konstaterer, at spil fører til læring. Jessen fremhæver, at der har været en række problemer med, at gøre læringspil interessante og legende for den lærende. Han beskriver problemet herunder:

*Problemet er i særdeleshed til stede, hvis (man) antager, at legen i spillet i sig selv kan fremme læring. Der vil ofte være tale om det modsatte, enten i form af kedsomhed, fordi læringsspillet alligevel ikke skaber den legende stemning, spillerne forventer, eller fordi den frivole leg bryder igennem og tager over i situationen (Jessen, 2008:8).*

Han mener altså, at det er problematisk og meget vanskeligt at udforme læringspil, som bygger på, at den lærende skal komme i legende stemning. Derudover mener han, at læring godt kan være engagerende, spændende og sjovt uden, at målet skal være en legende stemning. Udgangspunkt for design læringspil skal ifølge Jessen baseres på simulationer af mikrouniverser, som betegner abstrakte modeller, der kan være vanskelige at formidle i ord, og som kan gøres tilgængelig i en teknologisk sammenhæng.

Der er derfor god grund til at overveje, om det overhovedet er muligt at bruge lege- og spilelementer i forbindelse med design robotlæremidler. For det første må vi gøre os klart, at sigtet i denne afhandling er bruge robotteknologi til at fremme og kvalificere læreprocesser, og dette sigte er overordnet spil, leg og alt andet. For det andet stiller brug af lege- eller spilelementer særligt udfordrende krav til designet, jævnfør ovenstående. Det centrale er at udvikle robotlæremidler, som appellerer til mangeartede deltagelsesformer og dermed andre og nye måder for den lærende at være aktiv handlende på,

jævnfør afsnit 2.2 og 2.4 om aktiv handlen og medskaben. Den lærende skulle gerne være i en tilstand af refleksion-i-handling, imens han arbejder med læremidlet. Det skal i den sammenhæng undersøges, om leg og spil kan tilbyde deltagelsesformer, som understøtter læreprocessen med hensyn til udforsken og eksperimenteren.

I forbindelse med designet af de eksperimentelle cases er der en vision om, at læremidler skal have en legende appeal, som det ses i forbindelse med persuasiv design (Fogg, 2003). Den lærende må gerne syntes, at læremidlet ligner noget, som han har lyst til at lege og arbejde med. F.eks. kan man forestille sig robotlæremidler, som ligner kæmpe spilleterninger eller en robot fra sciencefictionverdenen. Der er nogle karakteristika ved leg og spil, der er særlig nyttige, og som vi gerne vil forsøge at indarbejde i designet. I den retrospektive analyse vil det så blive vurderet, om det var muligt at indføre disse elementer og eventuel, hvordan disse elementer påvirkede læreprocessen. Her tænkes særligt på tre forhold:

- 1) Leg som eksperimentel ramme, som fremmer eksperimenterende og udforskende deltagelse. Her inddrages Bateson teori om leg og fantasi. Og det eksemplificeres her kort, hvilke niveauer af læring, der kan forekomme i forbindelse med spil og leg
- 2) Leg som får børn til at gøre noget de ellers ikke ville have kunne ved egen drift. Her inddrages Vygotskys teori om at leg skaber rum for nærmeste udviklingszone
- 3) Vekslen mellem analog og digital aktivitet, som sætter fokus på hvordan brugen af digitale læremidler kan tilrettelægges. Eksempler tager udgangspunkt i en analyse af brugen af en digital legeplads.

### **Legekontekster – at lade som – ”det er bare leg”**

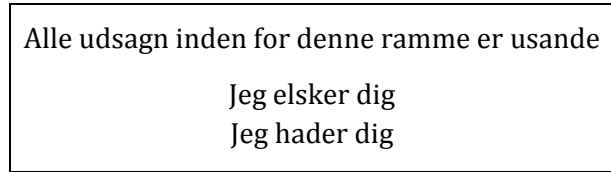
Bateson forbinder i særlig grad leg og fantasi. Og måske kan fantasifuld leg anvendes i medskabende læreprocesser? Bateson redegør i sit essay *A Theory of Play and Fantasy* om legs kontekster og interaktionsmønstre (Bateson, 2000: 177).

Leg kan kun forekomme, når de deltagende parter formår metakommunikation, og hvor kontekstmarkøren bærer budskabet ”dette er leg”. ”Dette er leg” kan beskrives som:

*De handlinger, vi nu giver os af med, betegner ikke det, som de handlinger, som de står for, ville betegne. (Bateson, 2000:195)*

Leg handler om at lade som om, f.eks. lader en hundehvalp som om, at den bider i fuld alvor, men i virkeligheden er det kåd leg. Signalet er her ”det kåde bid”, og kontekstmarkøren er, at hunden ved f.eks. at logre med halen viser, at ”dette er leg”. Leg har ifølge Bateson to kendetegn: (1) at de budskaber eller signaler, der udveksles i leg, i en vis forstand er usande og ikke menes; og (2) at det, der betegnes af disse signaler, ikke eksisterer (Bateson, 2000:198). Leg kendetegnes altså ved at lade som om, og intet af det, man gør eller siger, er nødvendigvis det, det giver sig ud for. Leg handler altså om at udforske simulationer og sociale situationer i legerammen - ”dette er leg”. Legerammen etablerer, hvad Bateson betegner som en paradoksramme, se nedenstående Figur 8:





FIGUR 8 LEGE- OG PARADOKSRAMME

Figuren viser Batesons eksempel på en lege- og paradoksramme. Det første udsagn i rummer i sig selv selvmodsigende, idet udsagnet selv står i rammen. Og er det første udsagn sandt, kan kun ét af de efterfølgende være usande. Lege- og paradoksrammen eksemplificerer ifølge Bateson det modsætningsfyldte i legens univers, hvor intet er det det giver sig ud for.

Lege- og paradoksrammen beskriver leg som det område, hvor man lader som om, simulerer og foregiver. At lade som om, opstår også i andre situationer som f.eks. ved trusler, hvor en sur mand svinger med næven, og lader som om, han vil slå, men ikke gør alvor af det. Deltagere i interaktionen skal besidde en vis mængde fantasi for at kunne forstille og indleve sig al denne laden som om.

I legen simuleres og eksperimenteres der med interaktionsmønstre, og den legende kan efterligne eller afprøve positioner uden at mærke konsekvenserne for alvor på grund af legerammen. På den måde bliver leg et frirum for eksperimenter og fantasi.

Men for at vende tilbage til, hvordan leg kan være motor for medskabende kreative og innovative læreprocesser, så vil man skulle etablere en legekontekst omkring en del af undervisningen. I forbindelse med de eksperimentelle cases i denne afhandling vil vi forsøge at inddrage børnene på en legende måde. Dette vil ud fra Bateson teori om lege sætte dem i stand til at eksperimentere uden at bekymre sig om konsekvenserne, fordi det foregår i en legeramme. Leg vil gøre, at de tør bruge deres fantasi og være medskabende på nye måder. I kapitel 6 og 7, som omhandler de eksperimentelle cases, inddrages børnene f.eks. igennem brainstorming til at komme med kreative ideer til, hvad læremidler skal kunne.

Derudover indgår leg i Batesonsk forstand i eksemplet fra artiklen i bilag 6 "Robotteknologi som arena for tværfagligt samarbejde", som omhandler innovative designprocesser i det tværprofessionelle felt. Her bliver studerende sat til at lege for at for at overvinde tværfaglige barrierer. Og ideen er her, at legen skal kickstarte den innovative proces de skal igennem.

Den organiserede leg tager udgangspunkt i brainstormteknikken Den Kreative Platform (Byrge & Hansen, 2007). Denne brainstorm teknik inddrager leg og bevægelse, som en del teknikken. De studerende tilbragte en dag med at brainstorme, udvælge ideer og udvikle bruger-scenarier for disse ideer. Det legende bestod i, at der var opvarmningsøvelser, hvor de f.eks. skulle imitere en elefant med en snabel. Derudover blev der indført en regel om, at de ikke måtte præsentere for hinanden med udgangspunkt i professioner, men ved at fremhæve andre af deres egenskaber. En del af teknikken bestod desuden i at anvende sin viden i uvante omgivelser i et tværfagligt forum og i en form for legende frirum.

Dette frirum kan beskrives med afsæt i Batesons legebegreb "det er bare leg", hvor alt er muligt, og hvor det er ok at komme med urealistiske og fantasifulde ideer og forslag. I en brainstormproces er der netop brug for at bremse vanetænkning for at kunne åbne for at tænke i nye baner og fornemme konturerne af ny ideer. Denne tilstand beskriver Scharmer som "Presencing" (Scharmer, 2007), og

denne tilstand skulle være ideel, når man skal til at skabe nye og meningsfulde konkrete koncepter og prototyper.

### **Hvordan kan vi så indplacere leg, herunder spil, i forhold til Batesons læringsniveauer?**

Herunder indplaceres digital leg i forhold til Batesons læringsniveauer. Dette gøres for at kunne designe forløb som kombinerer leg og læring i de eksperimentelle i kapitel 6 og 7. Og for at kunne vurdere, hvilken type læring der forekommer som følge af digital leg.

På niveau 1 forstås læring som ændring af respons over tid med kendetegn som vaner, betingning og "trial and error". Computerspil vil ofte være baseret på regler og belønningssystemer, f.eks. når en bane er udført korrekt givet en belønning.

På niveau 1 vil der desuden være et element af "trial and error" udforskning, f.eks. om hvad der overhovedet giver point i et computerspil. Udforskning i forbindelse med brug af ny teknologi, kræver høj grad af eksperimenteren.

Niveau 2 vil være baseret på, at den legende har erfaring fra andre spil, som bruges til at optimere præstationen i et nyt spil. På dette niveau optimerer man sine spilkompetencer inden for det givne regelsæt.

Niveau 3 vil være kendetegnet af en situation, hvor den legende designer en spilbane med afsæt i en bevidst læringsstrategi, som der f.eks. er mulighed for på Lapsetts digitale legeplads. Her har børn mulig for at med at programmere nye spil vha. af et simpelt programmeringsinterface, se nærmere beskrivelse i afsnit 4.3 *Singulære robotsystemlæremidler: Digitale legepladser til leg, læring og bevægelse*. De får på denne måde mulighed for at udvikle egne strategier for leg og læring.

Etablering af nye regler i forbindelse med leg og spil vil svare til at designe nye strategier for leg og den læring, der foregår i forbindelse med legen.

Overstående eksemplificerer typer af læreprocesser, der foregår i selv simple digitale spil med levels. Ud fra dette perspektiv indeholder selv simple spil overraskende variation i læringsniveauer. Man kan måske endda forestille sig, at denne variation er med til at gøre gameplayet interessant og underholdende.

**Leg skaber rum for nærmeste udviklingszone** – Hos Vygotsky betegner udviklingsniveauet, hvor langt man aktuelt er kognitivt, og den nærmeste zone for udvikling betegner det udviklingsniveau, hvor ens potentiale ligger. Læring er den proces, hvor man lærer nyt, ændrer adfærd og udvikler sig fra et udviklingsniveau til et nyt. Læring og udvikling er derfor to forskellige begreber, hvor læring baner vej til nye udviklingsniveauer.

Leg kan bruges som værktøj for læring, hvis leg bliver underordnet læring med respekt for legen. Vygotsky's mener, at når barnet leger, foregår det ofte i dets zone for nærmeste udvikling. F.eks. vil barnet i legen kunne noget, som det ikke kan uden for legen, og det vil opføre sig, som om det er ældre.

Zonen for nærmeste udvikling er afstanden mellem det barnet kan lærer af sig selv, og hvad det lærer i samarbejde med ligesindede eller med en lærer (Vygotsky, 1978:86). Indholdet af læringen skal

matche den lærendes niveau eller ligge lidt over, og zonen indeholder den lærendes umiddelbare udviklings- og læringspotentiale. For Vygotsky ligger god læring lidt foran det konkrete udviklingsniveau.

*Leg skaber en zone for nærmeste udvikling (Vygotsky, 1978:102).*

Leg giver muligheden for at udleve og udforske imaginære situationer i praksis og i fællesskab med andre. I gennem legen får den lærende en dybere forståelse et givent felt, leg bliver på den måde en meningsdannende handling (Vygotsky, 1978:102). Legen medvirker til at udvikle abstrakte tanker om det givne felt og give den lærende nye former for ønsker og interesser (Vygotsky, 1978:100).

Leg og spil er fulde af regler, som ofte udvikles undervejs. Den lærende kan i spillet underordne sig regler, som det har svært ved i dagliglivet.

For små børn opererer Vygotsky med begrebet "serious game/play", som er den tilstand, hvor legende børn ikke skelner mellem den imaginære og virkelige situation. F.eks. er en træhest i legesituationen for det lille barn det samme som en virkelig hest. Jeg har medtaget dette, fordi der i dag er et forskningsfelt, som netop benævnes serious games, og hvor digitale spil og simulationer bruges i en formel læringsammenhæng.

I de eksperimentelle cases vil vi undersøge om leg og eksperimenteren med læremidlerne fik børnene til at kunne noget de ellers ikke have kunnet af sig selv.

**Vekslen mellem analog og digital aktivitet** - I bilag 4 i artiklen "Playtesting the Digital Playground" introduceres begreberne analog og digital leg med udgangspunkt i observationer på en digital legeplads (Jessen og Majgaard, 2009). Analog leg er den traditionelle leg, hvor børn forhandler reglerne for legen. Som f.eks. leg med svingtov, hvor flere børn udfordrer hinanden i at springe igennem en svingende bue. Børnene tilpasser løbende sværhedsgraden, således at den afspejler deltagerens kunnen. Digital leg er leg, som er understøttet af programmerede digitale redskaber, og hvor der i programmerne er lagt op til helt bestemte legesekvenser.

Herunder beskrives eksempler på analog og digital leg med udgangspunkt i screen dumps fra Kompan's prøveinstallation med digitale legeredskaber i Ringe. Legepladsen blev kameraovervåget i nogle uger for at undersøge aktiviteten.



FIGUR 9 ANALOG OG DIGITAL LEG

Figuren til venstre viser en flok unge teenagere invaderer supernovaen i et frikvarter. Teenagerne skiftes til at skubbe supernovaen rundt, og på et tidspunkt går det så stærk, at en falder af. Legen og det uformelle samvær pulserer. På intet tidspunkt anvender disse teenagere det digitale interface.

Figuren i midten viser fire lidt yngre børn, som anvender det digitale interface, et barn står netop i midten og betjener interfacet. Et digitalt spil igangsættes, og det får børnene til at løbe rundt på supernovaen. I forbindelse med den digitale leg på legepladsen, fulgte børnene de regler, der var bygget ind i systemets soft- og hardware.

Figuren til højre viser, hvordan en digital leg igangsættes ved betjening af spilkonsollen foran klatrestativet. Når spillet er igangsat, lyser tryksensorer rundt om på klatrestativet. Og i forbindelse med legen skal der trykkes på disse sensorer. På billedet kan man se, at nogle børn står klar til at trykke forskellige steder i klatre stativet. Samtidig er et barn akrobatisk ved at springe ned fra klatrestativet, og denne aktivitet er et eksempel på en parallel analog aktivitet .

Den største forskel på analog og digital leg er håndteringen af regler. I den digitale leg, er reglerne kodet i forvejen, og børnene kan vælge hvilke digitale spil de vil aktivere og i hvilken sværhedsgrad. De kan ikke selv justere på reglerne og dermed tilpasse legen. Dette stiller store krav til spildesignere om at designe interessante spil, hvor der er passende forhold mellem færdigheder og udfordringer. Den problemstilling er der man vandt til at håndtere på i computerspil, men på den digitale legeplads er denne problemstilling ny.

Den mest interessante observation på legepladsen var, hvor hurtigt og naturligt børnene skiftede mellem analog og digital leg. Derudover kunne de digitale spil inspirere til nye analoge lege og vise versa. Børnene kunne endvidere bruge deres erfaringer fra computerspil på legepladsen. At forbinde analog og digital leg virker som en naturlig måde at lege på den moderne legeplads (Jessen og Majgaard, 2009). Og det virker som om, der kan være en spiralerende synergi i mellem analog og digital leg.

I denne afhandling vil det at swoppe mellem analog og digital aktivitet blive udnyttet i de eksperimentelle cases, se kapitel 6 og 7. Det vil blive udnyttet i forbindelse med tilrettelæggelse af didaktikken, hvor digital og analog aktivitet vil komplementere hinanden. Da målgruppen for de eksperimentelle cases er børn i indskolen, får undervisningsaktiviteter nemt karakter at være en slags lege. Og da de eksperimentelle cases omhandler robotter, som børn kender fra legens verden, bliver rammen for aktiviteterne nemt til en legeramme. Men det beskrives nærmere i kapitel 6 og 7.

### **Opsamling**

Leg er en aktivitet, hvor den legende kan bruge sin fantasi og eksperimentere. Den legende kan simulere fantasifulde rollelege eller spille spil, hvor forskellige positioner afprøves.

Leg kan skabe et frirum, hvor det er i orden at komme med skæve ideer, og hvor fantasi og eksperimenter har deres egen ramme. Leg kan i Batesonsk forstand være et sådant frirum.

Medskaben bliver her koblet til nyskabende og fantsifulde aktiviteter. Og leg giver potentielt en særlig måde at deltage på i en undervisningssammenhæng, som netop åbner op medskabende og fantasifulde

aktiviteter. I de eksperimentelle cases i kapitel 6 og 7 vil det blive analyseret, hvordan leg og medskaben indgik i læreprocesserne .

I det foregående er der fokuseret på en række aspekter ved læreprocesser: refleksion, socialitet, deltagelse og innovation. Disse aspekter samles i det efterfølgende i en observationsmodel til analyse og design af læreprocesser med teknologi som omdrejningspunkt.

### 2.6 ANALYSEMODEL FOR MEDSKABENDE, REFLEKTERENDE OG INNOVATIVE LÆREPROCESSER

---

På baggrund af de foregående afsnit vil jeg her opstille en teoretisk analysemodel for, hvordan vi kan observere reflekteret, social læring og innovativ læring forbindelse med evaluering af cases. Modellen vil også kunne anvendes til at understøtte design af læremidler og læreprocesser. Modellen anvender essensen af læringsteorien, som blev gennemgået i afsnit 2.1- 2.5. Herunder er der et kort resumé af essensen af de fem trin.

I afsnit 2.1 *Trin 1: Refleksion i læring og læringstaksonomi* blev Batesons læringstaksonomi indført som et lærings skelet, hvor forskellige typer af læring blev indpasset. Læring 1, som er den grundlæggende læringsform, hvor den lærende bliver kastet ud på dybt vand og uden relevant erfaring må kæmpe sig i land. Læring 2 bygger på, at den lærende har konkrete erfaringer og viden, som i læreprocessen skal tilpasses nye kontekster. Læring 3 bygger på bevidst refleksion over egen måde at lære på og valg læringsstrategi. Der udover i talesætter Bateson konteksters betydning og den lærendes interaktion med omgivelserne. Der er dog langt for Bateson eksempler om Pavlos hunde til det moderne klasseværelse. Men han danner en grundstruktur for forståelse læreprocesser, som siden er aktualiseret og nytolket af f.eks. Gleerup (2005), Qvortrup (2006) og Schön (Agyris, 1978).

I afsnit 2.2 *Trin 2: Social praksisorienteret læring, handling og refleksion* sættes der kød og blod på læreprocesserne. Sociale praksisfællesskaber bygger på, at den lærende er en del af et fagligt fællesskab, hvor alle arbejder med mestring af et fagligt område. I de eksperimentelle cases er det særligt det faglige fællesskab, der opstår omkring matematik, hvor børnene i klassen, deres lærer og i mange tilfælde børnenes forældre vil være en del af dette fællesskab. At deltage i praksisfællesskabet kræver konkret deltagelse og aktiv handlen. Og Wenger beskriver læring som synonymt med deltagelse (Wenger, 1998). Dette understøttes af Schön, som også sætter fokus på aktiv handlen, men han knytter også praksis refleksion til sit læringsbegreb (Schön, 2001). Denne refleksion er mere jordnær end Batesons refleksion, idet Schön refleksion kredser om den faglige praksis. Det drejer sig særligt om to refleksion former refleksion-i-handling og refleksion-over-handling.

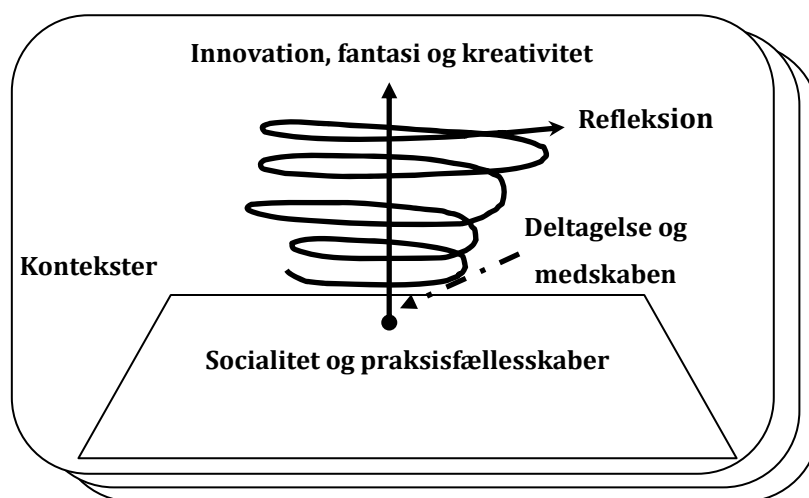
I afsnit 2.3 *Trin 3: Sammenhæng mellem læringstaksonomi og praksisorienteret læring* sammenkædes praksislæring, aktiv handlen og praksisrefleksion med Bateson taksonomi. Læringstaksonomiens niveauer knyttes til konkrete arbejdsformer og læringsrum, og disse bliver konkretiseret med aktuelle eksempler fra nutiden klasserum. Qvortrups og Gleerups aktualisering af Batesons model sætter fokus på, om undervisning og læring foregår i relevante kontekster, og om disse kontekster giver den lærende mulighed for at deltage aktivt i læreprocessen. Gleerup indpasser f.eks. Schöns refleksion-i-handling med læring 2 og refleksion over handling med læring 3. Qvortrups og Gleerups fortolkninger

medvirker til at gøre læringstaksonomien anvendelig i forhold til design og analyse af denne afhandlings eksperimentelle cases.

I afsnit 2.4 *Trin 4: Innovativ og emergerende viden på baggrund af dynamik* sættes der fokus transcenderende og innovativ videns- og læringsprocesser. Dette gøres ved at rette blikket mod dynamikken imellem de forskellige måder at deltage og reflektere på. I Batesons verden vil det svare til at sætte fokus på dynamikken i overgangen mellem de forskellige læringsniveauer. Og i følge Scharmer danner denne dynamik mellem aktiv handlen, viden og refleksion grundlag for transcenderende viden (Scharmer, 2007). Transcenderende viden er ofte nødvendig, når der skal designes nyskabende produkter eller processer, og man kan betegne denne aktive handlen som foregår i den forbindelse som medskabende.

I afsnit 2.5 *Trin 5: Leg, medskaben og eksperimenterende læreprocesser* introduceredes leg, som virkemiddel i forbindelse med læreprocesser. Leg fremmer medskabende og eksperimenterende læreprocesser. Dette understøttes af Batesons teori om leg som værende en kontekst, hvor alt er muligt og intet nødvendigvis er det, det giver sig ud for (Bateson, 2000).

De fem trin er kondenseret ned til min analysemodel. Modellen kan illustreres, se Figur 10 herunder. Det vil blive disse fem aspekter, som der vil blive fokuseret på i forhold til design og analyse af læreprocesser med teknologi som omdrejningspunkt i dette projekt.



FIGUR 10 ANALYSEMODEL FOR MEDSKABENDE, REFLEKTERENDE OG INNOVATIVE LÆREPROCESSER

Det sociale aspekt er et grundlæggende livsvilkår. Socialiteten udledes i praksisfællesskaber, og læring finder sted som en naturlig del af praksisfællesskabet, jævnfør afsnit 2.2 *Trin 2: Social praksisorienteret læring, handling og refleksion*. Der skal derfor tænkes i udvikling af sociale kontekster som fundament, når der skal designes læreprocesser med teknologi som omdrejningspunkt.

Aktiv deltagelse og medskaben er symboliseret ved den vertikale opadstræbende pil. Ideen er, at den lærende skal være aktivt deltagende, ligegyldig hvor simpel eller sofistikeret læreprocessen er. Læs i øvrigt om aktive deltagelse og handlen i afsnit 2.2 *Trin 2: Social praksisorienteret læring, handling og refleksion*. Medskaben forbindes med en særlig innovativ deltagelsesform, som finder sted, når der

er dynamik i mellem viden, handling og refleksion, jævnfør afsnit 2.4 *Trin 4: Innovativ og emergerende viden på baggrund af dynamik*. Medskaben finder særligt sted i kreative læreprocesser, hvor der skabes noget nyt, f.eks. en type læremiddel. I modellen vil der være særligt fokus på, at viden opstår og udvikler sig igennem aktiv deltagelse. Og det er særligt den aktive deltagelse, som driver læringen frem. Sammen med aktiv handlen vil der desuden opstå en form for refleksion. Refleksion er knyttet til handlingen og kan pege i to forskellige retninger. Den kan enten gå på at optimere handlingen eller pege fremad mod innovation og kreativitet.

Leg er en særlig deltagelsesform, hvor den legende ofte vil kunne noget, som han ellers ikke vil kunne af egen drift ifølge Vygotsky (1978). Dette kan i følge Bateson (2000) skyldes, at leg er en kontekst, hvor alt er muligt, og hvor intet er det, det giver sig ud for. Dette kan potentielt fremme medskaben og kreativ eksperimenteren. Dette vil blive analyseret i forbindelse med de eksperimentelle cases i kapitel 6 og 7. Leg uddybes i afsnit 2.5 *Trin 5: Leg, medskaben og eksperimenterende læreprocesser*

Innovation, kreativitet og fantasi ligger øverst i modellen. Det innovative perspektiv bygger forståelse af innovation og emergens, jævnfør 2.4 *Trin 4: Innovativ og emergerende viden på baggrund af dynamik*. Når den lærende formår at være medskabende i sin læreproces og måske endda være innovativ, har den lærende behandlet og forarbejdet viden og konkret konstrueret noget nyt i form af et konkret produkt eller ny viden. Der er foregået en permanent og forandrende serie af handlinger og dermed vellykket lærerproces. Det undersøges hvordan leg kan indgå i den innovative og kreative del af læreprocessen.

Refleksion er symboliseret ved spiralen, og den skal forstås som, at refleksion bliver højere og højere, des tættere man kommer på at være innovativ. Refleksion kan groft inddeles i tre typer:

- (1) Refleksion i forbindelse med den aktive handling, som er udforskende eller optimerende, jævnfør afsnit 2.2 om refleksion-i-handling og refleksion-over-handling.
- (2) Refleksion, som indbefatter bevidsthed om læringsstrategier, hvor den lærende kan tillægge sig ny læringsvaner, jævnfør afsnit 2.1 *Trin 1: Refleksion i læring og læringstaksonomi*.
- (3) Alternativt kan refleksion handle om innovative påfund og dannelse af ny viden, jævnfør afsnit 2.4 *Trin 4: Innovativ og emergerende viden på baggrund af dynamik*.

Aktiv handlen fremmer refleksion, og handling og refleksion er en dynamisk duo, som fremmer læring og gør innovation og kreativ medskaben mulig. I afsnit 2.4 *Trin 4: Innovativ og emergerende viden på baggrund af dynamik* blev det beskrevet, hvordan radikal ny viden og innovation kan opstå i samspillet mellem at gøre og at vide. Samspillet kan også beskrives som en vekslen mellem implicit og eksplicit viden.

Læring og refleksionen foregår desuden i en kontekst, og på et grundlæggende niveau navigerer den lærende i en enkelt kontekst, jævnfør afsnit 2.1 *Trin 1: Refleksion i læring og læringstaksonomi*. Men jo mere reflekteret den lærende bliver, des nemmere bliver det for den lærende at overskride kontekster og forholde sig reflekterende til disse. Højest i spiralen vil den lærende endda kunne designe og skabe kontekster, naturligtvis inden for højere ordens kontekster. Konteksten forstås i denne forbindelse som de omgivelser, der kvalitativt er en del af lære- og designprocessen.

I analysen af de eksperimentelle cases vil jeg forfølge disse kvaliteter ved læreprocesserne med henblik på at afdække, hvordan brugen af robotteknologiske læremidler fremmer netop disse kvaliteter.

### 3 SITUEREDE OG KROPSLIGE ROBOTTER SOM GRUNDLAG FOR ROBOTLÆREMIDLER

---

Dette afsnit handler om, hvad robotsystemer er, hvilke krav man bør stille til robotter for, at de kan anvendes til undervisningsbrug - og i det hele taget, hvilken type af robotter der egner sig til brug i undervisning.

Der vil ikke blive fokuseret på robotagenten alene, men derimod på den situerede robotagent som en del af et system, som desuden består af omgivelserne og robotagentens adfærd. Med denne vinkel er det muligt at fokusere på de processer, der foregår i samspillet mellem robotagent og menneske. Teoretisk underbygges denne systemtankegang af Hallams og Brooks perspektiv på samspillet mellem robot, omgivelser og adfærd (Hallam, 2006; Brooks, 1992).

De konkrete spørgsmål, som besvares er: Hvad er et robotsystem? – hvilke slags robotsystemer egner sig til brug i undervisning?

Kapitlet er inddelt i følgende dele:

- 1. Model for robotter.** De først afsnit omhandler robotsystemet og dets bestanddele med udgangspunkt i Hallams struktur for robotsystemer (Hallam, 2006). Hallam forsker i situerede mobile robotter og kunstig intelligens.
- 2. Historisk gennemgang.** Derefter vil der være en gennemgang af de vigtigste stadier i robotens historie. Herunder er der en kronologisk oversigt over stadier eller paradigmer inden for robotteknologi, som gennemgås i kapitlet:
  - **Fase 1. Robotter fra mytologi og science fiction.**  
Robotter fra mytologien (Asimov, 1950) og science fiction har en særlig fascinationskraft, som kan gøre brug af robotter i forbindelse med undervisning motiverende i sig selv (Fogg, 2007).
  - **Fase 2. Industrirobotten**  
Industrirobotten indtog scenen i 1961 med Unimaten (Engelberger, 1989). Industrirobotterne afspiller traditionelt et forud fastlagt program. Denne type robotter forholder sig ikke til sine omgivelser, hverken hvordan de ser ud, eller hvad der konkret foregår. Denne type robotter fungerer i såkaldt strukturerede og statiske omgivelser.
  - **Fase 3. Den situerede og kropslige robot**  
Den situerede og kropsligt intelligente robot gjorde sit indtog i slutningen af 1980'erne, hvor Brooks introducerede dette nye paradigme (Brooks, , 1986, 1990, 1991, 1994). Brooks forsker i situerede robotter og var den første, som righoldigt beskrev dette nye paradigme. Denne type robot forholder sig dynamiske til de aktuelle omgivelser, og fungerer i ustrukturerede omgivelser, hvor f.eks. tings placering ændrer sig over tid. Denne type robot opfatter ved hjælp af sensorer en del af det, der foregår i omgivelser. Denne situerede robot forholder sig på den måde dynamisk til tid og rum. At robotten bliver situeret, gør, at den kan programmeres til at fungere i samme omgivelser som mennesker med sik-



kerhed for, at robotten f.eks. ikke skader mennesker eller omgivelser i øvrigt. Pfeifer og andre har siden udfoldet begrebet om kropslig intelligens (Pfeifer, 1999 og 2006).

3. **Human Robotic Interaction.** Derefter introduceres Human Robotic Interaction (HRI), som har fokus på interaktion mellem menneske og robot. Som konsekvens af, at robotter bliver situerede og kropsligt intelligente, bliver der grobund for forskning i kropslig interaktion. Der er f.eks. forskning i humanuider, sociale og terapeutiske robotter (Ishiguro, 2001) (Dillmann, 1998) (Shibata, 1999)(Breazeal, 2003). Forskning i robotter til brug i undervisning bygger ligeledes på HRI.
4. **Modulære robotter.** Dernæst introduceres modulært sammenkoblede robotter (Nielsen, 2008)(Lund, 2009)(Støy, 2002). Morfologi og distribution er nogle af de særlige mål i modulær robotteknologi (Pfeifer, 2007:229). Modulær robotteknologi bygger ligeledes på situerethed og kropsliggørelse (embodiment). Denne type robotter danner grundlag for de to eksperimentelle case i denne afhandling.
5. **Krav til robotter i undervisning og sammenhæng mellem kompleksitet i robotagent , omgivelser og adfærd.** Til slut samles der op på, hvilke krav man kan stille til robotter til brug i undervisningen og hvilken kompleksitet de bør besidde.

Men allerførst redegøres der for, hvad et robotsystem er.

---

### 3.1 HVAD ER EN ROBOT?

---

I dette afsnit introduceres to modeller, som repræsenterer robotsystemer. Formålet med modellerne er ikke at beskrive teknologiske enheder og algoritmer i detaljer, men derimod at introducere perspektiver på robotter, som passer til denne afhandlings formål. Det vil sige modeller, som beskriver, hvad en robotagent er for en størrelse, hvordan den fungerer i samspil med dens omgivelser. For at kunne arbejde med robotter i en undervisningssammenhæng er det nødvendigt at fokusere på robotens omgivelser, idet den lærende og klasserummet vil være en del af robotens omgivelser.

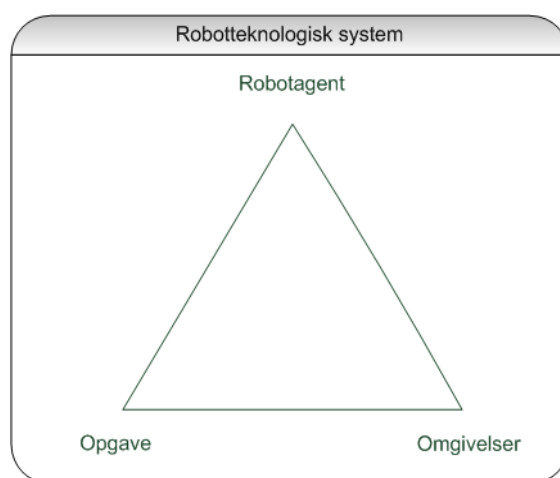
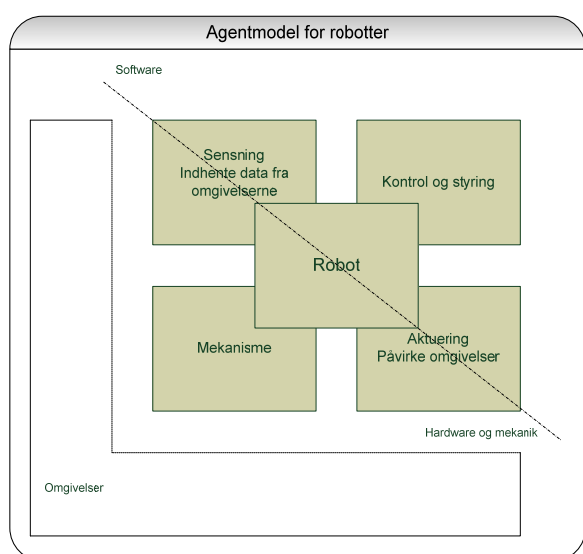
De to modeller er:

- Den robot-centrerede model (Hallam, 2006)
- Den applikationscentrerede systemmodel (Hallam, 2006)

På FIGUR 11 introduceres den robot-centrerede model, der forestiller en robot-agent, som er en integration af mekanisk hardware, hardware-sensorer og hardware-aktuatorer (Hallam, 2006). En sensor kan f.eks. opfange bevægelse, temperatur, tryk eller lys. En aktuator er robotens måde at respondere på i form af f.eks. bevægelse, lyd eller lys. Bevægelse kan f.eks. skabes ved hjælp af en elektrisk motor, en aksel og et hjul. Hardwarekomponenterne styres af softwaredrivere, og information fra driverne processeres og danner grundlag for styringen af robotens handlinger. Robotagentens handlinger igangsættes ved at aktivere aktuatorerne. Robotten opsamler stimuli og ændringer i omgivelserne ved hjælp af input fra sensorerne. Kontrolsoftware styrer, hvordan robotten konkret skal reagere på

stimuli. Den robot-centredede model fokuserer primært på robotagenten, men i forbindelse med brugssituationer er det vigtigt at have fokus på opgaven, som skal udføres, og fokus på det miljø robotten skal arbejde i samspil med (Hallam, 2006).

Figur 12 introducerer det applikations-centrerede eller system-centrerede syn på robotteknologi, som supplerer den foregående figur. Med dette perspektiv bliver det klart, at succesen af en robotagent ikke er en egenskab ved agenten selv, men er bestemt af, (i) hvordan robotten opfører sig, og altså hvordan den udfører sin opgave, og (ii) det miljø eller omgivelser, som denne opgave skal udføres i (Hallam, 2006). Et vellykket robotsystemdomæne omfatter en delmængde af den afbildede trekant. I nogle tilfælde er det selve robotagenten, der bidrager mest til systemets succes. I andre systemer er det miljøet, der er vigtigst. Og i en tredje type systemer er opgaven den afgørende faktor (Hallam, 2006).



FIGUR 12 ROBOTTEKNOLOGISK SYSTEM

FIGUR 11 AGENT MODEL FOR ROBOTTER, ET ROBOT-CENTRERET FOKUS

Opgaven beskriver den adfærd, robotagen udviser, og som omfatter omfang, præcision og udstrækning i tid og rum. Hvis der f.eks. er tale om en robot til brug ved tele-operationer, er præcision og konsekvenser af handlinger vigtige. I en sådan type robotagenter er præcision i adfærd et centralt element.

Miljøet omfatter robotens kontekstrum. Det er afgørende, om omgivelserne er statiske eller dynamiske. Hvis robotten skal kunne agere i foranderlige omgivelser, stiller det særlige krav til designet af robotagenten. Og i designet af en sådan type robot vil der være et særligt fokus fortolkning på omgivelserne.

For at en robot skal kunne egne sig til brug i undervisning, skal den kunne fungere i dynamiske omgivelser. I en undervisningssituation vil der ofte være to niveauer af omgivelser: de statiske omgivelser, f.eks. klasserummet, og de dynamiske omgivelser i form af lærere og elever. Lærer og elever skal kunne indgå i en intelligent og dynamisk interaktion med robotten. Klasserummet sætter derimod de ydre rammer og giver en statisk form for feedback til robotten. Man kan desuden forestille sig, at der er andre intelligente artefakter i klasserummet, som kan interagere med robotagenten, f.eks. smartboards,

RFID-tags og mobiltelefoner. På den måde vil de statiske omgivelser forvandle sig til at være dynamiske eller semidynamiske medspillere. I et læringsperspektiv er omgivelserne identiske med kontekster i Batesonsk forstand. Dog er der i denne model fokus på robotagentens kontekst og ikke den lærendes kontekst.

### 3.2 STADIER I ROBOTTENS HISTORIE FRA MYTE TIL INTERAKTIV SITUERET KROPSLIG INTELLIGENT ROBOT

---

Når vi som lægmænd tænker på robotter, vil vi ofte forestille os robotter, som de ser ud i en science fiction- verden. Og denne science fiction-robot vil ofte overgå mennesker - f.eks. i fysisk styrke. Grunden til, at science fiction-robotten medtages i denne afhandling er, at for nogle lærende vil teknologi og science fiction have en særlig motivationskraft. Fogg beskriver, hvordan man med overtalelse og persuasion kan få en målgruppe til at ændre adfærd (Fogg, 2003). Alene det, at en robot er part i en undervisningssituation, vil kunne overbevise nogle grupper af lærende om, at netop dette emne er interessant.

#### **Fase 1: Science fiction – robotten som overgår mennesket**

I den græske mytologi berettes der om Talos, som var den første autonome robot. Han var en slags krigsrobot, som kunne kaste sten efter fjendtlige skibe omkring Kreta. Talos var en gave fra Zeus til hans elskerinde eller kone Europa, som var dronning af Kreta (Wikipedia, Talos). Selve ordet robot stammer fra tjekkisk og betyder slave og blev anvendt første gang i 1920 (Pfeifer, 2007:10) Historisk har robotter og science fiction-film været tæt forbundne, i begyndelsen med filmen Metropolis og siden med f.eks. Star Wars, Star Trek, Blade Runner, Terminator etc.

Isaac Asimov var science fiction-forfatter og den første, som brugte ordet robotics (Asimov, 1950), som i dag anvendes i tekniske og videnskabelige sammenhænge og dækker teknisk forskning om robotter og design af disse. Derudover introducerede han i 1943 tre grundlæggende love for robotter (Asimov, 1950):

1. En robot må ikke gøre et menneske fortræd, eller, ved ikke at gøre noget, lade et menneske komme til skade
2. En robot skal adlyde ordrer givet af mennesker, så længe disse ikke er i konflikt med første lov
3. En robot skal beskytte sin egen eksistens, så længe dette ikke er i konflikt med første eller anden lov. (Asimov, 1950: 37),

De tre love fungerer hierarkisk, f.eks. kan en robot ikke beordres til at dræbe en person, fordi den første lov er vigtigere end den anden. Men den kan beordres til at selvdestruere, idet den tredje lov er lavere end den anden. Dette ses f.eks. i Terminator 2, hvor robotten Terminator, i skikkelse af Arnold Schwarzenegger, til sidst beder om at blive sænket ned i smeltet stål for at redde menneskeheden, se Figur 13a. De tre love er grundstene i nyere robot science fiction, de har dog intet med med virkelighedens verden at gøre.

I science fiction om robotter og kunstig intelligens handler det som regel om at designe et kunstigt menneske, som er mennesket overlegent på forskellige vis, det vil sige hurtigere, større, stærkere eller

super intelligent på en computeragtig måde. Denne robot bliver så i et plot konfronteret med mennesker, hvorpå menneskers og robotters egenskaber bliver sat på prøve.

I praksis er der et stykke vej endnu inden robotter, når menneskers evne til at tilpasse sig og fungere i komplekse og dynamiske sammenhænge. Men til at udføre simple opgaver kan robotter være mennesker overlegne, f.eks. robotter som bruges i industrien.



FIGUR 13. A) ROBOTTEN TERMINATOR (FLICKR, TERMINATOR). B) OG C) UNIMATE DEN FØRSTE TYPE INDUSTRIROBOT (FLICKR, UNIMATE)

## Fase 2: Den først industrirobot, som foretog simple opgaver i beskyttede omgivelser.

Industrirobotten er medtaget for at eksemplificere robotagenter i statiske og strukturerede omgivelserne. Disse omgivelser er netop modpol til de dynamiske og ustrukturerede omgivelser, som robotter til brug i undervisning forventes at kunne navigere i.

I 1950'erne tog robotterne en rejse fra fantasiens verden til virkelighedens verden. Joseph Engelberger og George Devol byggede de første robotter, som skulle arbejde i industriens tjeneste (Engelberger, 1989). Deres første robot hed Unimate og blev anvendt industrielt i støbeprocesser og til punkt-svejsning. Disse robotter overtog arbejdsopgaver, som var farlige for mennesker. Herover er et billede at Unimate, hvor den hældte kaffe op, se Figur 13b og c.

I relation til robotsystemmodellen, se Figur 12, udførte disse robotter simple opgaver i strukturerede og statiske omgivelser. Et fællestræk for industrirobotter er netop, at de arbejder i strukturerede og statiske omgivelser, det vil sige, at omgivelserne er tilpasset robotens virkemåde, og at omgivelserne ikke ændrer sig på en for robotten uventet måde. Efterhånden udvikledes industrirobotter, som kunne klare mere og mere komplekse opgaver, men stadig i strukturerede og statiske omgivelser.

**Fordeling mellem opgave, omgivelser og robotagent:** Simple-medium opgave, simpel-medium robotagent, Simple og strukturerede omgivelser.

Industrirobotens opgave kan være specialiseret og for det meste tilpasset bearbejdning af et specifikt objekt. Opgaven kan typisk beskrives som simpel eller medium i kompleksitetsgrad, idet robotten typisk skal følge et forud programmeret opgaveforløb indeholdende redskabsbrug i forhold til objektet.

Unimat-robotagenten var simpel i kompleksitetsgrad i den forstand, at den består af en arm uden flere led og er monteret med et specifikt redskab. Moderne robotagenter er mere komplekse både i fysisk og intelligensmæssigt.

Omgivelser er struktureret således, at unimatrobotagenter kun forholder sig til målobjektet. Nogle moderne industrirobotter kan endvidere forholde sig til, at det specifikke målobjekt bevæger sig, f.eks. en bil på et langsomt førende samlebånd. Det vil ofte være farligt at nærme sig sådan en robot, når den er ved at udføre en opgave, idet den ikke sanser ændringer i omgivelserne ud over de i forvejen planlagte.

Robotter af denne type egner sig ikke umiddelbart som læremidler, idet de kun kan fungere i omgivelser, som er struktureret på robotens præmisser. Robotten vil være insensitiv over for ændringer i læreprocessen og vil kun kunne give simpel og forudsigelig feedback til den lærende. Derfor er det i forhold til dette projekt mere interessant at undersøge robotter, som kan fungere i dynamiske ustrukturerede omgivelser og i en mere dynamisk interaktion med mennesker. I det efterfølgende introduceres et moderne syn på robotter, som beskriver egenskaber ved robotter, som kan fungere i ustrukturerede og dynamiske omgivelser.

### **Fase 3: Det nye paradigme, som bygger på situerethed, embodiment og adaptivitet**

Dette afsnit beskriver kernebegreberne i moderne robotforskning. Disse begreber bygger på, at robotten forholder sig dynamisk til tid og rum, og robotten bliver hermed situeret. Derudover beskrives robotten som værende kropslig intelligent (*embodied intelligence*), hvilket vil sige, at robotten består af en slags krop, som forholder sig erkendende og adaptivt til sine omgivelser. Situerethed og embodiment er hjørnестene i det moderne robotparadigme. Og situerethed er en nødvendighed i forhold til brug af robotter i undervisningen. Og det særlige fokus på kropslighed og embodiment netop er det, der adskiller robotter fra almindelige computere.

I 80'erne flyttede nogle robotter så fra beskyttede og tilpassede omgivelser til ustrukturerede omgivelser, hvilket var en stor udfordring, idet ustrukturerede omgivelser er meget mere komplekse. At få robotter til at bevæge sig rundt i f.eks. kontoromgivelser bringer de faglige felter *computer vision*, *kunstig intelligens (AI)* og *robotics* i spil. Computer vision giver et to- eller tredimensionelt billede af omgivelserne. AI kan anvende disse billeder til at fortolke omgivelserne i forhold til de konkrete opgaver, robotten arbejder med. Robotics tager sig af den fysiske interaktion med verden, og robotens gesti udføres på baggrund af information fra AI-delen. F.eks. kan en sådan robot bevæge sig rundt uden utilsigtet at støde ind i omgivelserne (Brooks, 1991).

Der defineredes en helt ny tilgang til robotter, hvor de blev beskrevet som værende situerede i verden, som den ser ud her og nu og ikke baseret på abstrakte beskrivelser (Brooks, 1991b). AI og robotforskeren Brooks er, som nævnt, den første, som definerer situerethed:

*Situatedness: The robots are situated in the world—they do not deal with abstract descriptions, but with the "here" and "now" of the environment that directly influences the behavior of the system (Brooks, 1991b).*

Et eksempel på et intelligent system, som ikke er situeret i robotteknologisk forstand, er et flybilletbookingsystem. Bookingsystemet kan tilgås distribueret, det vil sige, at systemet kan tilgås fra forskellige netværksforbundne klienter samtidigt og tager ikke beslutninger på baggrund af konkrete fysiske omgivelser, men på baggrund af information, som ikke har noget med de konkrete omgivelser at gøre –

altså ikke situeret interaktion mellem system og omgivelser. Et andet eksempel er en nutidig sprøjtemalerobot. Den har en robotkrop, den kører sine forprogrammerede sprøjtemalingsrutiner, men den forholder sig ikke til det objekt, den maler, og den har ikke nogen fornemmelse af, hvilken facon det har. Denne robot gør sig ingen kropslige erfaringer og er ikke i dialog med sine omgivelser (Brooks, 1991b).

Heroverfor er udviklet nye robotter, som ud over at være situeret også agerer kropsligt (embodied), det vil sige gør sig kropslige erfaringer. Robotten er i direkte interaktion med omgivelserne. Robotten fortolker dele af omgivelserne og reagerer på dem. Brooks og Pfeifer definerer embodiment herunder:

*Embodiment: The robots have bodies and experience the world directly - their actions are part of a dynamic with the world, and the actions have immediate feedback on the robots' own sensations(Brooks, 1991b).*

*By embodiment, we mean that intelligence always requires a body. Or more precisely, we ascribe intelligence only to agents that are embodied, i.e., real physical systems whose behavior can be observed as they interact with the environment. (Pfeifer, 2007:18)*

Brooks har fokus på dynamikken mellem robot og omverden, og hvordan robotens handlinger har betydning for dens egne sansninger. Pfeifer forbinder embodiment med intelligens. Han understreger, at intelligens kun kan forekomme, når der er en krop. Og at intelligensen kommer til udtryk i interaktion med omgivelserne. Intelligens kræver altså en krop, og det forhold kaldes embodiment eller oversat til dansk kropslighed eller legemliggørelse. Robotter er dermed potentielt intelligente, fordi de har en krop, hvormed de interagerer med omgivelserne. Et computerprogram er i følge Pfeifer ikke kropsligt intelligent med mindre, at man inddrager hver tast på keyboardet som sensorenheder og skærmen som effektor.

Embodiment er kernen i moderne robotics. Robotagenter opfatter deres omgivelser igennem sensorer, som sidder rundt omkring på robot-kroppen, og intelligensen kan registreres på baggrund af robotens handlinger, som udtrykkes via effektorer. Robotens krop bliver dermed essentiel for den perception og erkendelse, der kan forekomme i en robot. Dette er i modsætning til det mere konventionelle synspunkt nemlig, at kroppen kun er til for at bære hjernen rundt (Pfeifer, 2007:19).

Kropslig intelligens er altså forbundet med en type perception, hvorigennem omgivelserne erkendes via robotens sensoriske sanseapparat. Pfeifer sammenligner robotens perception med den berømte psykolog Jean Piagets begreber for assimilation og akkommodation (Pfeifer, 2007:71). Assimilation og akkommodation er begreber, som på forskellig vis redegør for adaptivitet, som er det tredje nøglebegreb i moderne robotforskning.

Piaget forbinder også intelligens, sensomotorik og situerethed (Piaget, 1947). Han uddyber og definerer intelligensbegrebet funktionalistisk fra et psykologisk og filosofisk synspunkt. Piaget beskriver interaktionen mellem mennesker og omgivelser som en intelligent proces, hvor mennesket dynamisk tilpasser sig omgivelser (Piaget, 1947). På netop samme vis kan man beskrive en robotagent. Menneskets interaktion med omgivelser er dog mere mangesidig og varieret.

Piaget definerer intelligens som værende en strukturel mekanisme, der foregår i en funktionel situation i et bestemt tidsrum og et bestemt sted. Han beskriver intelligens som logik i aktion og som tilpasning. Tilpasning handler om dynamisk ligevægt mellem organisme og omgivelser:

*Intelligens konstituerer en tilstand af ligevægt mod hvilken alle tilpasninger af sensomotorisk og kognitiv natur mellem organisme og omgivelser justerer sig, i såvel som assimilerende og akkommoderende interaktion med omgivelserne (Piaget 1947:12)(frit oversat af red.).*

Ifølge Piaget er intelligens en kombination af kognitive processer og sensomotoriske processer. Og den kognitive proces indeholder både assimilation og akkommodation som resultat af kommunikation med omgivelserne. Piaget beskriver adaptivitet som en dynamisk ligevægt mellem assimilation og akkommodation. Assimilation skal her forstås som passiv tilpasning, mens akkommodation implicerer nyskabende ændringer i adfærd (Piaget 1947:9). I det forudgående kapitel så vi, hvordan Qvortrup netop forbandt Piagets begreber om assimilation og akkommodation med Batesons begreber om læring på niveau 2 og 3.

Selv om Piaget ikke har tænkt på robotter, da han beskrev koblingen mellem intelligens og sensomotorik, så har hans forståelse af intelligens inspireret robotforskningen. Både Pfeifer og Piaget har i deres intelligensbegreber fokus på: (1) sensomotorisk interaktion med omgivelserne, og (2) dynamisk tilpasning til opgivelserne.

Pfeifer har fokus på, at intelligens har en kropslig dimension eller er "embodied" (Pfeifer, 2007), ligeså sætter Piaget fokus på, at intelligens har en sensomotorisk dimension. Og det er igennem fysisk interaktion med omgivelserne, at intelligensen kommer til udtryk. Både den situerede robotagent og mennesket tilpasser sig dynamisk omgivelserne. Pfeifer beskriver tilpasningen som adaptiv og dynamisk, idet agenten tager bestik af aktuelle ændringer i omgivelserne.

Det adaptive i forhold til omgivelserne udtrykker en form for læring, hvor robotagent eller menneske tilpasser sig omgivelserne på baggrund af tidligere erfaringer. Piaget udfolder denne adaptivitet ved at dele den op i en assimilerende del og en akkommoderende del, som beskrevet tidligere. Hvor den assimilative adaptivitet er af passiv og reaktiv natur, og den akkommoderende er nyskabende og proaktiv. Disse to former for adaptivitet kunne i forsimplet form bruges i forbindelse med design af robotagenter, når de grundlæggende interaktionsmønstre skal tænkes ind.

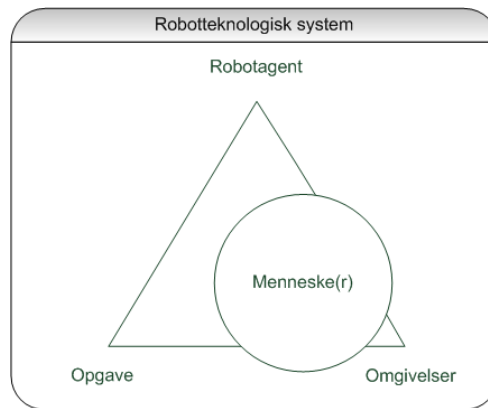
Situerethed, embodiment og adaptivitet er således tre nøglebegreber i moderne robotforskning. Og i forhold til design af robotlæremidler er det som tidligere beskrevet et krav, at robotten er situeret i tid og rum. Derudover har robotten en særlig kropslig perception af omgivelserne, som gør den vil have potentiale til at fungere i undervisningssituationer. Embodiment består i robotens fysiske sensoriske sanseapparat, som sikrer direkte feedback på baggrund af robotens egne sansninger. For at en robot kan fungere i en undervisningssituation, må den kunne besidde en form for dynamiske adaptiv adfærd.

### 3.3 HUMAN ROBOTIC INTERACTION

---

Med fremkomsten af den situerede, kropslige og adaptive robot bliver der grobund for at fokusere på menneske-robotinteraktion. Og det gælder i særlig grad robotsystemer til brug i undervisning.

Forskningsfeltet, som omhandler interaktion med robotagenter, benævnes Human Robotic Interaction HRI (Breazeal, 2003). HRI kan integreres i Hallams applikationsorienterede model for robotsystemer, se figuren herunder. Mennesker, som interagerer med robotten, bliver i modellen en del af robotens omgivelser. HRI har sit udspring i Human Computer Interaction (HCI), som beskæftiger sig især med menneskelige erkendelsesprocesser i relation til interaktion med computere, og designprocesser for grafiske brugergrænseflader, som bygger på inddragelse af brugere (Sharp, 2007).



FIGUR 14 MENNESKET DEN LÆRENDE ER EN DEL AF ROBOTAGENTS OMGIVELSER

Den type interaktion, den lærende har med robotagenter, adskiller sig fra den type interaktion, man har med standardiserede computere, idet den er mere fysisk og mindre virtuel.

I relation til læringsteori er interaktionsvinklen interessant, idet de læringsteorier, som blev analyseret i forrige kapitel, tog afsæt i netop interaktion. Læring er en adfærdsændring, som kan iagttages gennem et ændret interaktionsmønster. Derudover har Bateson særlig fokus på omgivelserne, som danner kontekster, f.eks. når han definerer niveau 2 læring som det succesfuldt at anvende sine erfaringer i nye kontekster.

I det efterfølgende introduceres tre typer af moderne interaktive robotter, som ikke i udgangspunktet er tænkt til undervisningsbrug, men som er situerede, kropslige og intelligente i forskellige grader. Det drejer sig om humanuider, sociale og terapeutiske robotter.

### Vurdering af humanuiders egnethed til undervisning

At bygge humanuider har været et tilbagevendende tema i science fiction fra genrens begyndelse med Frankenstein. Opbygningen af positroniske hjerner har rejst moralske dilemmaer, og Asimovs tre love kan ses som forsøg på at håndtere disse. I virkelighedens verden har der været en eksplicit antagelse om, at det ultimative mål for AI og robotics var at bygge en humanuid (Brooks, 1994). Visionerne har været og er stadigvæk båret frem af drømmen om at skabe en naturlig konversationspartner. Og allerede i 1950 beskrev Turing i artiklen "Computing Machinery and Intelligence" komplikationerne ved drømmen om den tænkende maskine (Turing, 1950).

I praksis har der været en række eksempler på eksperimentelt byggede humanuider, som kunne fungere som selskab eller hjælpere for mennesker. Et særligt mål i forskningen om HRI og humanuider er



at få en bedre forståelse af menneskelig kognition. Der er særligt to retninger inden for udviklingen af humanuider, de telestyrende og de autonome.

Til de telestyrende humanuider hører Ishiguros kopi af sig selv, den såkaldte geminoid, som understøtter 43 ansigtsmuskler<sup>1</sup>. Han bruger robotten til forskning i Human Robotic Interaction (HRI), hvor han blandt andet undersøger, om den fysiske gemanoids tilstedeværelse bliver opfattet som personlig (Ogawa, 2009). Han har f.eks. placeret kopien af sig selv i en café og videooptaget gæsternes interaktion med og accept af robotten. Ishiguro har i øvrigt iagttaget, at teleoperatøren oplever androiden som en forlængelse af sig selv, som når man f.eks. bruger en hammer. Aalborg universitet er ved at etablere et center for geminoidforskning, hvor de har indkøbt en kopi fra Japan af forskningslederen Henrik Scharfe (Aalborg universitet, Geminoid laboratorium). Formålet med forskningen er at undersøge den følelsesmæssige forankring i interaktionen mellem menneske og robot, 'blandet tilstedeværelse' (blended presence) i forbindelse med en fjernstyret geminoid og kulturelle forskelle i synet på mennesker og robotter mellem Asien og Europa. Ishiguros geminoid har i øvrigt dannet grundlag for sciencefictionfilmen *Surrogates*, se Figur 15a. Filmen handler om, hvordan alle mennesker, som er noget, har en kopi af sig selv, og det er kopien, som anvendes i dagliglivet på arbejdspladsen og i det offentlige rum. Samfundet bliver på den måde sikkert, idet at hvis "man" er involveret i et trafikuheld, så er det kun kopien, der kommer til skade.



FIGUR 15 A) SURROGATES MED BRUCE WILLIS I HOVEDROLLEN (WIKIPEDIA, SURROGATES),  
B) TELEPRESENCE TELENOID (ROBOTPODCAST, TELENOID)

Pt. arbejder Ishiguro på Telenoider<sup>2</sup>, som er upersonlige humanuider og kan bruges til at give langdistancetelefonopkald krop og udtryk, se Figur 15b.

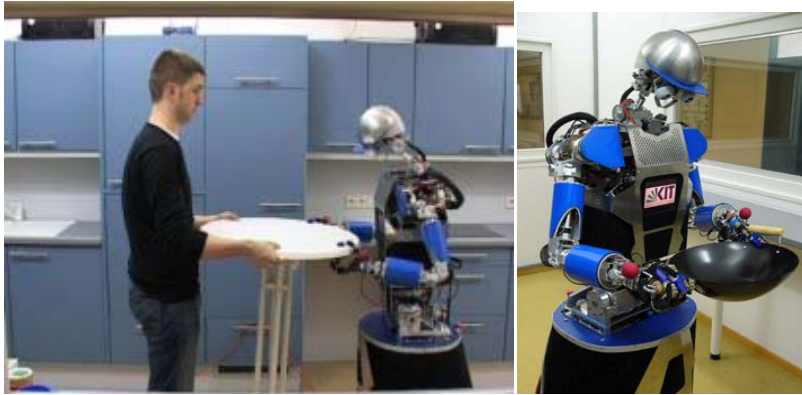
Ishiguros robotter kan bruges til f.eks. fjernundervisning, hvor man kan have geminoiden siddende og snakke på en stol uden brug af arme eller ben. Hvis det drejer sig om telenoiden, kan den lave gestik med armstumperne. Dette vil give en anden type interaktion end en skærbaseret løsning. Her er der fokus på mimik og fysiske gesti.

For mange af de autonome robotsystemer er målet, at de skal lære af deres kropslige erfaringer for at kunne klare stadig mere abstrakte opgaver (Brooks, 1994). Der foregår en række eksperimenter af den type f.eks. design af humanuider ARMAR (Dillmann, 1998), som skal hjælpe mennesker i deres dagligliv med at tømme opvaskemaskine, gøre rent og dække bord, se Figur 16. Denne type robotter er komplekse, og der arbejdes med at udvikle gribe- og bevægelsesteknik blandt andet ved hjælp af komplekse vision- og følealgoritmer (Dillmann, 1998 og Morales, 2005). Eksperimenterne foregår i et

<sup>1</sup> Presentation on "International Conference on Playware and Robotics" September 9<sup>th</sup> 2010  
<http://www.playware.dk/conference/index.html> senest lokaliseret 100910

<sup>2</sup> Ibid forrige

køkken, hvor robotten kører runder og flytter på service, åbner og lukker køleskabe og opvaskemaskiner. Omgivelserne er normale, og der er ikke ekstra intelligens i rummet, som gør det nemmere for robotten at bevæge sig rundt og finde sit mål.



FIGUR 16 MENNESKE ROBOTINTERAKTION OG MANIPULATION (UNIVERSITÄT KARLSRUHE, HUMANOIDSGROUP)

Denne type robot forholder sig i langt højere grad til rummets kompleksitet end f.eks. en støvsugerrobot eller Ishiguros humanuider. Der er en korrelation mellem komplekse fysisk betonedede opgaver og avanceret fortolkning af omgivelserne. For en robot er det en kompleks fysisk betonet opgave at flytte en kop fra en tilfældig lokation til en anden. Den kræver en veludviklet hånd-øje-koordination. I menneskelig målestok er en sådan opgave simpel: få øje på et objekt, gribe og flytte det. Et menneske er måske ikke engang bevidst om, at hun f.eks. løfter tekruget fra bordet til munden. Derudover er der med ARMAR et særligt fokus på menneske-robotinteraktion og fælles manipulation med hverdagsting, se Figur 16, hvor et menneske og en robot sammen flytter et bord.

Robotter, som fungerer i ustrukturerede omgivelser, er interessante som redskaber i forbindelse med undervisning. Denne type robotter kan forholde sig til deres omgivelser i tid og rum og er uskadelige for mennesker. Robotten reagerer her og nu på omgivelserne eller ændringer i disse. Til en undervisningssammenhæng vil robotens opgave skulle tilpasses de konkrete læringsmål. Og der vil sandsynligvis være opgaver, som robotten ikke egner sig til. ARMARs intelligens er en kropslig intelligens, som går på at kunne bruge brugene arme og hænder på samme måde som mennesker. Denne type intelligens vil kunne indgå i en undervisningssammenhæng, men vil næppe kunne stå alene.

### **Sociale og terapeutiske robotters egnethed til undervisning**

I fremtiden vil man kunne forestille sig, at robotter til brug i undervisningen vil kunne afkode menneskelig gestik. På baggrund af disse gesti vil robotten kunne tilpasse sin opgave. Breazeal (Adams 2000) arbejder med socialitet hos robotter, f.eks. at robotter skal kunne opfatte gesti som at nikke, have øjenkontakt, se Figur 17. Robotten skal kunne fortolke og reagere på disse gesti. Dette vil forbedre interaktionen mellem menneske og robot. Robotten ved navn Leonardo på Figur 17a bliver brugt til forskning og er en humanoid, som er særlig designet til social interaktion. Den kan ikke tale, men bruger tydelige ansigtsudtryk og kan f.eks. nikke og række ud efter ting. Leonardo kan genkende og forstå ord og lære ny adfærd. Leonardo er altså en kognitiv og interaktiv humanoid. I denne type

forskning er der fokus på regulering af sociale dynamikker, fælles opmærksomhed, vokale tonefald og robotens læring igennem imitation. Fælles opmærksomhed er, når robot og menneske begge retter deres opmærksomhed mod et objekt som følge af, at mennesket ser eller peger i en bestemt retning. Der udvikles i dette felt robotter, som lærer igennem imitation, og hvor man f.eks. kan lære sin robot at lege (Brooks 2004).<sup>3</sup>



FIGUR 17 A) LEONARDO ER DESIGNET TIL SOCIAL INTERAKTION HERUNDER FOROLKNING AF PEGEGESTI. B) TOFU MINI ROBOT (MIT, TOFU)

Omgivelserne er strukturerede i den forstand, at mennesker i omgivelserne skal gøre noget bestemt for, at Leonardo skal lære noget nyt. Omgivelserne er hermed underlagt nogle regler, som udgør en struktur for den mulige interaktion.

Robotten er kompleks, idet den skal kunne fortolke omgivelserne med visions-algoritmer, og den skal have en kognitiv algoritme, som muliggør, at robotten lærer nyt. Derudover skal den kunne bevæge arme, hoved og udtrykke ansigtsmimik.

I en undervisningssammenhæng vil en socialt forstående robot være unik, idet robotten vil kunne tilpasse læreprocessen efter det konkrete menneske. Ikke blot give feedback på baggrund af faglig formåen, men også kunne tilpasse sig den lærendes læringsfacon. Desuden vil der kunne udvikles læremidler, som reagerer på gesti, som f.eks. at pege, eller fortolkning af den lærendes ansigtsudtryk.

Breazeal arbejder i dag også med billige robotter til undervisningsbrug, og i den forbindelse arbejder hun med historiefortælling og historiegenerering i indskolingen<sup>4</sup>, se Figur 17b. Hendes læringsgrundlag bygger på, at børnene skal være aktive, deltagende, kollaborative, medskabende og kreative.

PARO er en terapeutisk robot som er udviklet af Shibata (Shibata, 1999). Den skal illudere en grønlandsk babysæl, og er designet til at være sød, have en beroligende virkning på og fremkalde følelsesmæssige reaktioner hos demente på sygehuse og plejehjem, se Figur 18.

<sup>3</sup> Leonardo på video <http://www.youtube.com/watch?v=GHIIFrL7dKM>, [http://www.youtube.com/watch?v=ilmDN2e\\_Flc](http://www.youtube.com/watch?v=ilmDN2e_Flc)

<sup>4</sup> Ibid 1



FIGUR 18 PARO (WIKIPEDIA, PARO)

Robotten har taktile sensorer og reagerer på berøring. Som resultat vil PARO bevæge sin hale, nakke, åbne og lukke øjnene. PARO vejer 2,7 kg og har dermed samme størrelse som en nyfødt baby. PARO har en mikrofon i panden, som gør, at den reagerer på lyd, f.eks. at man taler sødt til den. Den har desuden en lyssensor i næsen, som sikrer, at PARO er aktiv i løbet af dagen og går på vågeblus om natten. Derudover kan PARO kan sige lyde som en rigtig babysæl. PAROs designer Shibata udtrykker, at PARO fungerer på tværs af kulturer, fordi den appellerer til vores omsorgsinstinkt<sup>5</sup>. Shibata har tidligere udviklet en lodden robotkat. En kat har et stort repertoire af gesti og måder at være til på. Omgivelserne havde for store forventninger til robotten, robottens var for simple og ikke overbevisende nok. Derfor valgte Shibata at udvikle en babysæl-robot, som kun få har konkret kendskab til.

Interaktion stimulerer mennesker og motiverer ændringer af adfærd (Shibata, 1999). PARO skal ved hjælp af sin autonome interaktive adfærd skabe en følelsesmæssig tilknytning til brugeren. Shibata mener endvidere, at en maskine med en fysisk krop har større indflydelse på menneskers følelser end en virtuel skabning, og at menneske og robot får en følelsesmæssig kobling som følge af interaktionen (Shibata, 1999). Shibata har f.eks. gjort forsøg, hvor PARO anvendes til afledning af demente med angstanfald. I disse forsøg har PARO en beroligende effekt på den demente og støtter den demente i at indgå i interaktion med personalet på plejehjemmet. PARO fungerer i den forbindelse som et lille socialt væsen, som får den ældre demente til at være til stede i situationen og snakke med PARO. Der kører for tiden forsøg i Danmark, hvor Danmarks Teknologiske Institut og en række plejehjem anvender PARO i praksis på plejehjem, og hvor personalet anvender robotten som en del af behandlingen af de ældre demente (DTI, PARO).

Robottens opgave er fra et teknologisk perspektiv temmelig simpel. Den skal på baggrund af bestemte stimuli (berøring og lyd) sige nogle lyde og bevæge hovedet lidt mm. Robotten opgave fra et brugerperspektiv er dog temmelig kompleks, idet PARO igennem interaktion med mennesket skal fremkalde en følelsesmæssig kobling med mennesket, som f.eks. skal gøre mennesket mere tryk.

Omgivelserne for robotten består af mennesker, som enten aer og snakker. Robotten sanser dermed omgivelser igennem to typer af sanser. Dette stiller krav til omgivelser om at stimulere robotten igennem disse sensorer.

Robotten i sig selv er simpel, den består af nogle tryk- og lydfølsomme sensorer. Øjne, der kan blinke, lyd og bevægelse af halen og halsen alt afhængigt af hvordan der bliver stimuleret.

---

<sup>5</sup> Ibid forrige

Det er svært at forstille sig PARO i sin nuværende form som en del af undervisningen f.eks. i folkeskolen. Den er ikke designet til læring, det vil sige, den udfordrer eller "forstyrrer" ikke brugerens måde at tænke på - snarere omvendt, den beroliger. Men konceptet, som PARO er bygget op efter, kan anvendes i forbindelse med design af læremidler.

1. Robotagenten er simpel: få sensorer, aktuatorer og ikke så komplekse algoritmer.
2. Opgaven er kompleks fra et brugerperspektiv: terapeutisk behandling, eller hvis det var et læremiddel: konkrete læringsmål.
3. Mennesker i omgivelserne skal stimulere robotagenten på en særlig måde for at få robotten til at reagere på den ønskede måde.

Denne diskussion af forholdet mellem kompleksitet af robotagent, omgivelser og robotens adfærd vil blive uddybet i afsnit 3.5. Det er vigtig at forholde sig til, om der er særlige krav til robotagenten for, at den kan udvise en passende kompleks adfærd i interaktionen med mennesker, særligt i lærings-situationer.

### Opsamling

HRI er et bredt forskningsfelt, hvor interaktionen mellem menneske og robot er i fokus. Fra et teknologisk perspektiv er mennesker en del af robotens omgivelser, og fra et humanistisk perspektiv er robotten en del af menneskenes omgivelser. Det drejer sig om et tværfagligt forskningsfelt, som er under etablering.

Der blev gennemgået eksempler med humanuider, sociale og terapeutiske robotter, som er meget forskellige både i kompleksitet og anvendelse. Humanuider kan måske i fremtiden bruges i undervisning til en afart af fjernundervisning. Sociale robotter ville kunne være nyttige, til f.eks. tolkning af den lærendes gesti. Den terapeutiske robot sætter fokus på, at simple robotter kan udføre komplekse opgaver, hvilket vil kunne udnyttes i design af robotter til læring.

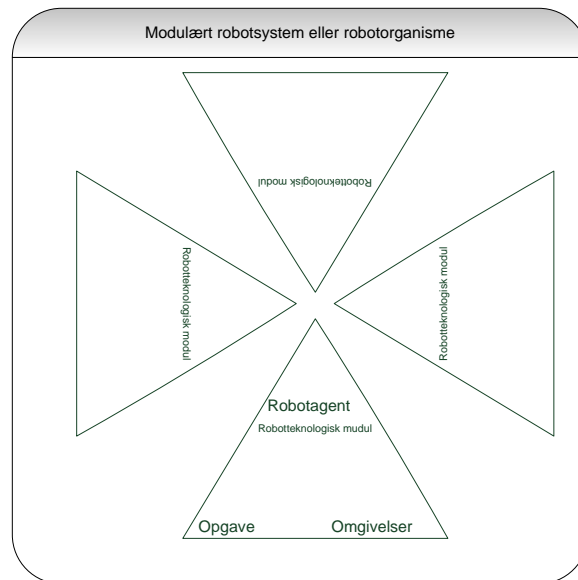
Robotter til brug i undervisning ligger i dette HRI felt, idet læreprocesserne foregår i et interaktivt samspil mellem den lærende og robotten. I det næste afsnit sættes der fokus på den konkrete HRI robotplatform, som danner grundlag for de eksperimentelle cases i denne afhandling.

## 3.4 MODULÆRE ROBOTTER

---

Modulære robotter er en særlig type robotsystem, som bygger på grundlaget af situerethed og embodiment. At en robot er modulær betyder, at robotsystemet består af flere selvstændige robotter som kommunikerer med hinanden og omgivelserne. Det giver anledning til en særlig grad af kompleks adfærd. På nedenstående figur ses en model af et sådant modulært robotsystem. På figuren ses fire robotteknologiske systemer, jævnfør afsnit 3.1 som forklarer hvad et robotteknologisk system er. Hver system består af en robotagent, som udfører en given opgave i nogle konkrete omgivelser. De fire robotsystemer er hver især selvstændige robotter, men til sammen udgør et modulært robotsystem. Bringes de fire systemer sammen, vil deres adfærd påvirke hinanden og de ydre omgivelser.

Omgivelser vil opleve de fire systemer som en samlet robotorganisme med en mere kompleks adfærd, end de enkelte systemer har hver for sig.



FIGUR 19 MODEL AF MODULÆRT ROBOTSYSTEM

De eksperimentelle cases i denne afhandling er baseret på modulær robotteknologi. I kapitel 6 og 7 gennemgås disse eksperimentelle cases. I næste kapitel gennemgås flere konkrete eksempler på læremidler, som er modulære af natur. Herunder introduceres de særlige egenskaber, som modulære robotter besidder.

Udover at robotterne blev situerede og kropslige (embodied) i slutningen af 80'erne, blev nogle af robotterne også distribuerede i den forstand, at intelligensen blev fordelt i moduler, f.eks. opdelt efter virkemåde og funktioner. De enkelte enheder arbejdede sammen og skabte udadtil en stadig mere kompleks adfærd (Brooks, 1990).

I sådanne systemer skal der tages stilling til, om styringen skal forgå centralt eller decentralt (Brooks, 1991a). Derfor er der et særligt fokus på morfologisk informationsbearbejdning, som indgår i relationen mellem krop, hjerne og omgivelser (Pfeifer, 2005).

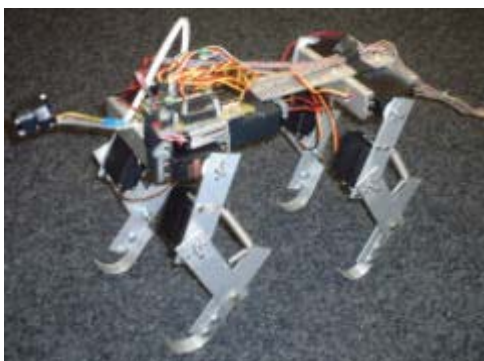
*By "morphological computation" we mean that certain processes are performed by the body that otherwise would be performed by the brain (Pfeifer, 2007:97)*

*...morphological computation which can be characterized as performing a kind of "task distribution" between the brain (neural system), or the controller in a robot, the morphology of the agent (shape, sensors, actuators, materials), and the environment (Pfeifer, 2005).*

Morfologisk informationsbearbejdning omhandler arbejdsfordelingen mellem, hvad der skal foregå centralt, og hvad der skal forgå distribueret i de modulære robotter. Det kan være hensigtsmæssigt i forbindelse med design af mobile robotter at kunne distribuere opgaver ud til de enkelte robotdele. Hvis man f.eks. designer en robohund, som skal kunne gå op og ned af trapper, så skal hvert ben kunne fortolke og tilpasse sig underlaget. Dette giver en mere sikker bevægelse. Hvis al bevægelse



styres centralt, bliver robotagenten sværere at styre. Nedenstående figur viser et eksempel på et distribueret bevægelsesapparat, som lever op til ideen om morfologisk informationsbearbejdning.



FIGUR 20 PATTEDYRS HVALP (PFEIFER, 2005)

Kollektiv intelligens optræder, når flere autonome robotagenter kommunikerer med hinanden og omgivelserne. Agenterne udgør tilsammen en syntetisk organisme, som kan mere og andet end, når de enkelte agenter handler hver for sig.

Kollektiv intelligens eller syntetiske organismer er inspireret af naturen. Et andet eksempel på kollektiv intelligens er myretuer, hvor hver myre kan forstås som en agent. Tilsammen fungerer de som et system, der finder mad, formerer sig og overlever om vinteren. Biologiske celler har også været inspirationskilde for kollektiv intelligens. Celler kan isoleret set være simple, men som kollektive systemer kan de konstituere komplekse organismer. Fascinationen af kollektiv intelligens udspringer fra de kollektive bevægelsesmønstre, som finder sted i interaktionen mellem agenterne og i deres interaktion med omgivelserne. Og de kollektive bevægelsesmønstre er forskellige fra de bevægelsesmønstre, som den enkelte agent frembyder (Pfeifer, 2006:216). I sådanne syntetiske organismer er der høj grad af selvorganisering.

Modulært sammenkoblede robotter kan til forskel fra singulære ofte forvandle sig. De enkelte moduler kan grupperes på forskellige måder i relation til hinanden. Ikke nok med at gruppestørrelsen kan variere, så kan gruppens formation også ændres. Formation skal forstås som måden, hvorpå den definerer og danner sig som enhed. Et konkret eksempel er Kasper Støys modulære slange, som efter man har delt den over på midten, fortsætter med at sno sig. I stedet for en slange er der nu to slanger. Princippet kan sammenlignes med en regnorm, der skæres over på midten (Støy, 2002 og Pfeifer, 2006:213). Dette implicerer, at adaptivetsniveauet for modulært sammenkoblede robotter er udstrakt og komplekst.

Modulært sammenkoblede robotter er anvendelige i undervisning, idet systemets effektorer opfører sig forskelligt afhængigt af, hvordan modulerne er koblede. Derudover betyder deres distribuerede organisering, at de har en rigere form for adaptivitet, idet de kan forbindes på forskellig vis. Som eksempel på modulære robotsystemer, som er anvendelige i en undervisningssammenhæng, kan nævnes modulære interaktive fliser eller I-BLOCKS, se nærmere i afsnit 4.4, hvor disse platforme vil blive introduceret. Herunder se I-BLOCKS Figur 21.



FIGUR 21. MODULÆRE I-BLOCKS

Den lærende konstruerer ved at sætte de enkelte robotdele sammen og former dermed adfærden i det samlede robotsystem. De lærende får en forståelse af virkemåden i de enkelte moduler og det samlede system.

Et grundtræk er, at agenterne hver især har en enkel og gennemskuelig adfærd, men at de kan udvise en kompleks og uventet adfærd, når de sættes sammen. Dette kan forhold kan udnyttes i en undervisningssammenhæng, hvilket uddybes i kapitel 6 *Case 1: Design af Fraction Battle et robotteknologisk læremiddel* og 7 *Case 2: Design af robotteknologisk læremiddel Number Blocks*.

### 3.5 LÆRING, INTERAKTION OG KOMPLEKSITET

---

Undervisningssammenhænge er komplekse og dynamiske. Spørgsmålet er, om robotagenter også behøver at være komplekse for at kunne indgå understøttende i undervisning? Skal robotlæremidler bestå af hyperkomplekse agenter for at kunne give lærende et passende modspil i læreprocessen?

Herunder besvares spørgsmålet, dels teoretisk med udgangspunkt i Brooks og dels ved at vurdere de interaktive robotter, som er blevet gennemgået i dette kapitel.

Som grundlag for diskussionen antages det, at en kompleks og meningsfuld interaktion mellem robot og menneske fremmer læreprocessen. Robottens adfærd og adfærd forventes derfor at skulle være kompleks for at egne sig til brug i en undervisningssammenhæng.

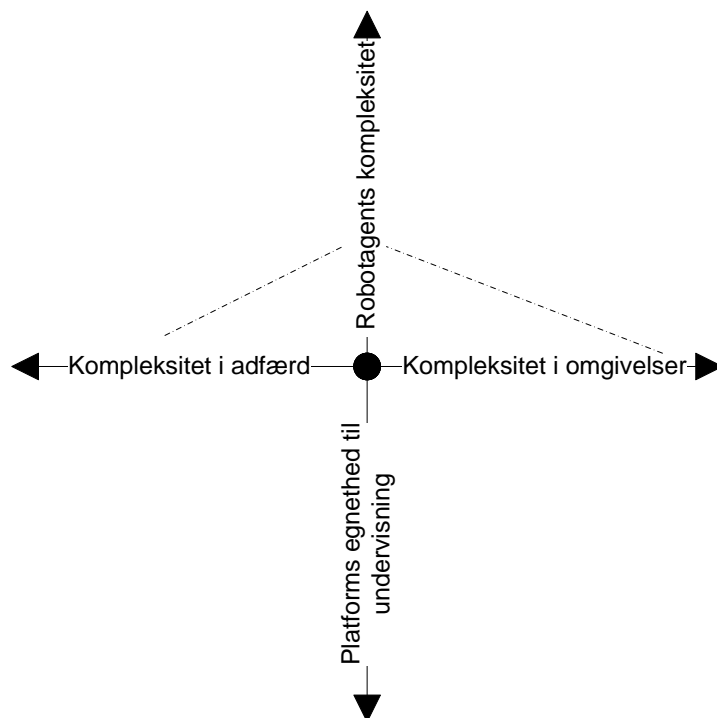
Fra Brooks' synspunkt er der imidlertid ikke en sammenhæng mellem, at en robot skal være ekstremt kompleks for at udvise en kompleks adfærd og dermed egne sig til sig til undervisning. En robot kan derimod være simpel, men forekomme kompleks, idet omgivelserne opfører sig komplekst. Brooks beskriver forholdet mellem nyttig robotadfærd, et komplekst robotsystem og komplekse omgivelser således:

*Complex (and useful) behavior need not necessarily be a product of an extremely complex control system. Rather, complex behavior may simply be the reflection of a complex environment. It may be an observer who ascribes complexity to an organism-not necessarily its designer (Brooks, 1986:15)*

Når det gælder robotlæremidler, vil disse befinde sig i komplekse omgivelser, idet f.eks. børn og deres lærer opfører sig komplekst, når de interagerer med deres omgivelser, som kunne være et robotsystem. Et simpelt robotsystem vil dermed i samspil med kompleks børneinteraktion kunne udvise en

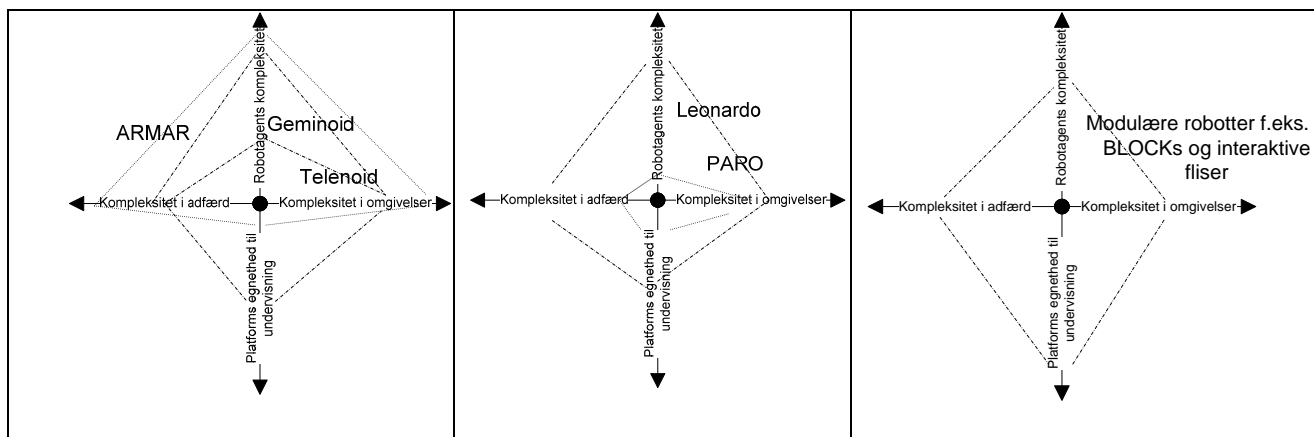


kompleks adfærd. For at kunne illustrere denne kompleksitetssammenhæng, indfører jeg nedenstående figur: Den viser et diagram over en simpel robotagent (pilen opad), som fungerer i komplekse omgivelser (pil mod højre). Hvilket får robotten til at udvise en kompleks adfærd (Pil mod venstre). Pilen til venstre udtrykker dermed robotens adfærd og ikke mindst, hvordan læringsopgaven kommer til udtryk. Pilen, der peger ned ad, skal illustrere et givent robotsystem egnethed som læremiddel, dette udfoldes konkret i det efterfølgende.



FIGUR 22 MODEL TIL VURDERING AF SAMMENHÆNG MELLEML ADFÆRD, ROBOTAGENT, OMGIVELSER OG EGNETHED TIL UNDERVISNING

For at komme nærmere på hvilken type robotsystemer der egner sig til undervisningsbrug, blev en række systemer introduceret: humanuider, sociale robotter, terapeutiske robotter og modulære robotter. Herunder (Figur 23) vises de konkrete robotters relation mellem kompleksitet af robotagent, omgivelser og adfærd. Desuden vises en oversigt over robotterne egnethed som læremidler.



FIGUR 23. OVERSICHT OVER INTERALTIVE, SITUEREDE ROBOTTER OG DERES ANVENDLIGHED I UNDERVISNING

De telestyrede humanuider kunne anvendes som læremidler, idet de kunne fungere som sparringspartner eller mere præcist som medie mellem to individer. F.eks. er geminoiden en temmelig simpel robotagent med en kompleks adfærd, som fungerer i komplekse omgivelser. De telestyrede humanuider er at sammenligne med en fysisk version af Skype, hvor robotten med sit fysiske nærvær udtrykker ord og gestik, fra den fjernstyrende interaktionspartner. Dermed kan man forestille sig en undervisningssituation, hvor Geminoiden eller Telenoiden, f.eks. er placeret ved klassens kateter, og hvorfra den udfører undervisning. Det kunne være en slags moderne version af fjernundervisning, derfor slår denne type robotsystem særligt ud på akserne for egnethed til undervisning, se ovenstående figur til venstre.

Den sociale robot var også egnet til undervisningsbrug, idet den reagerede på menneskelige gesti, som f.eks. pege. Og der bliver i øjeblikket arbejdet på at udvikle simple sociale robotter, som kan bruges i en undervisningssammenhæng (MIT, Tofu). Det bliver spændende at følge, hvordan den sociale robots gestik kan indgå i en undervisningssammenhæng.

PARO er et eksempel på en simpel robotagent, som fungerer i komplekse omgivelser og udviser en kompleks dyreunge adfærd. Men den er uegnet til brug i en undervisningssammenhæng, se ovenstående figur i midten.

Modulære robotter består af en række robotagenter, hvor hver enkelt robotagent er kendetegnet ved at være temmelig simpel, men når disse robotagenter kommunikerer med hinanden og komplekse omgivelser, så udviser de en kompleks adfærd. Modulariteten gør desuden modulære robotagenter egnede som robotlæremidler, idet den lærende vil kunne forbinde modulerne og opleve en respons fra robotsystemer som konsekvens af nye forbindelser. Ovenstående figur til højre viser de modulære robotters potentialer i undervisningssammenhæng som værende med gode. I kapitel 6 og 7, designes og vurderes to typer af moduleres robotter i en konkret undervisningssammenhæng.

Ud fra Figur 23 er det svært at se en entydig sammenhæng mellem kompleksitet af robotagent, omgivelser og adfærd. Både simple og komplekse robotagenter kan ifølge figuren udvise kompleks adfærd i komplekse omgivelser. Det er heller ikke entydigt forståelse af, hvad kompleks eller simpel adfærd er. F.eks. kan det, at tømme opvaskemaskine og sætte på plads fra et menneskelig perspektiv synes som en simpel opgave, men for en robot er det uhyre komplekst. Men en konklusion er, at robotagenter uanset kompleksitet vil kunne udvise kompleks adfærd i komplekse omgivelser. Derfor er det ikke et krav, at robotagenter skal være komplekse for at egne sig til undervisningsbrug.

Jævnfør de kvalitetsparametre for læring, som blev opstillet i sidste kapitel, skal robotlæremidler understøtte, at den lærende er aktiv handlende i et fællesskab, og også at den lærende skal kunne anvende robotlæremidlet i medskabende og reflekterende læreprocesser. Det skal undersøges i de næste kapitler om der er robotlæremidler på markedet, som understøtter dette.

### 3.6 OPSAMLING

---

Intentionen med kapitlet var at besvare følgende spørgsmål: Hvad er et robotsystem er? – hvilke slags robotsystemer egner sig til brug i undervisning?

Robotsystemet og dets bestanddele blev beskrevet med udgangspunkt i Hallams model for robotsystemer (Hallam, 2006). Strukturen bestod af robotagent, omgivelser og teknologisk opgave. Modellen betyder, at vi ikke ensidigt fokuserer på selve den fysiske robotagent og dennes egenskaber, men på interaktionen mellem agent og omgivelser i løsningen af bestemte opgaver. Netop dette perspektiv er egnet til en undersøgelse af robotsystemers brug i undervisning, hvor interaktionen netop er grundlaget for læring (jævnfør sidste kapitel).

Derefter var der en kort historisk gennemgang af, hvordan robotter i begyndelsen var myter, og først i 1961 blev til rigtige industrirobotter (Engelberger, 1989)(Asimov, 1950). Robotterens fascinationskraft som myte og science fiction-figur kan virke som en særlig motivationsfaktor for de lærende, dette underbygges teoretisk med persuasion design-teori (Fogg, 2007).

Robotten blev i slutningen af 1980'erne situeret, det vil sige, at den kunne forholde sig til ændringer i tid og rum (Brooks, 1990, 1991, 1994). Der kom fokus på situerethed, embodiment og adaptivitet. Dette blev et nyt og særligt paradigme, som dannede grobund for human robotic interaction. I forbindelse med HRI blev der sat fokus på mennesket som en del af robotterens omgivelser og vice versa. Der blev i den forbindelse introduceret eksempler på interaktive robotter, som f.eks. telestyrede humanuider, sociale og terapeutiske robotter.

Desuden blev modulære robotter introduceret som koncept, og i praksis er der en del robotlæremidler, som er modulære. Modulære robotter er meget anvendelige som læremidler, idet de enkelte robotmodulers virkemåde er enkel og overskuelig. Når de forbindes opstår en mere kompleks sammenhæng, som kan udnyttes i undervisning. De særlige egenskaber ved modulære robotter i en undervisningssammenhæng vil blive udfoldet og eksemplificeret i næste kapitel og i forbindelse med de eksperimentelle cases.

Til slut i kapitlet var der en diskussion om sammenhængen mellem kompleksitet i robotagent, omgivelser, adfærd og egnethed som robotlæremiddel. Konklusion var her, at robotagenter uanset hvor simpel eller kompleks de er teknologisk, så kan de udvise kompleks adfærd i komplekse omgivelser. Det er derfor ikke noget designkrav om, at robotagenter skal være komplekse for at egne sig til undervisningsbrug. I denne forbindelse antages det, at lærerprocesser i samspil med robotter er mere succesfuld, hvis robotten udviser en kompleks adfærd.

## 4 EKSEMPLER PÅ ROBOTSYSYSTEMER TIL BRUG I UNDERVISNING

---

I det efterfølgende introduceres konkrete læremidler, som baserer sig på singulære eller modulære robotsystemer. Jeg bruger gennemgangen af robotsystemerne til at arbejde mig frem mod en forståelse af robotteknologi til læring. Desuden giver disse eksempler en for-forståelse for robotlæremidler, som kan anvendes som grundlag for de to eksperimentelle cases i kapitel 6 og 7.

Robotsystemerne vil alle kunne fungere i ustrukturerede omgivelser og være interaktive, situerede og kropsligt intelligente, hvilket er de generelle krav vi må stille til robotlæremidler, jævnfør forrige kapitel. Eksemplerne er valgt med udgangspunkt i, at den lærende skal være socialt deltagende, medskabende og reflekterende i læreprocessen, se evt. min læringsanalysemodel i afsnit 2.6.

Først beskrives eksempler med singulære robotter til undervisningsbrug, derefter modulære:

### *Singulære robotlæremidler*

- (1) Paperts skildpadder (Papert 1980), fordi dette system grundlagde et nyt syn på, hvordan digitale læremidler i den fysiske verden kunne støtte læreprocesser.
- (2) PicoCrickets, som er medtaget på grund af deres alternative tilgang til robotteknologi, og LEGO Mindstorm er medtaget på grund af deres udbredelse. Både LEGO Mindstorm og PicoCrickets er medtaget, fordi de lærende ofte vil være kreativt skabende og aktivt deltagende i læreprocessen (Resnick og Rusk 2008).
- (3) Digitale legepladser til leg, læring og bevægelse. Disse legepladser er baseret på robotteknologi, og er medtaget, fordi den eksperimentelle case i kapitel 6 baseret på en teknologisk platform fra en digital legeplads.

### *Modulære robotlæremidler*

- (1) Nielsens I-BLOCKS (Nielsen 2008), som er en platform, som danner grundlag for designet af Number Blocks i Kapitel 7. Se i øvrigt artiklen om I-BLOCKS forvandling til Number Blocks i bilag 8 (Majgaard, Misfeldt og Nielsen 2010).
- (2) Design af læringsspil ved hjælp af robotteknologiske fliser (Majgaard, 2009). Eksemplet er baseret på en konkret case, hvor mine ingeniørstuderende udviklede et nyt spil til platformen. Platformen er udviklet af Henrik Hautop Lund (Lund, 2007).
- (3) Systemer, der understøtter læring inden for matematik og fysik, idet det er det domæne, hvor mine egne udviklingscases ligger. Det drejer sig om systemer, der er udviklet af Zuckerman (2007) og Piper og Ishii (2002). Men der er udviklet lignende eksperimentelle og kommercielle produkter til andre domæner, f.eks. musikforståelse (Nielsen, 2008), historiefortælling og narrativitet (Stanton, 2001), fysisk programmering (Fernaues, 2005; Nielsen, 2008) og molekylær biologi (Gillet, 2005).

De enkelte robotlæremidler vil blive introduceret, herefter vil de hver især blive vurderet med udgangspunkt i akserne på *Figur 22 Model til vurdering af sammenhæng mellem adfærd, robotagent, omgivelser og egnethed til undervisning*. I forhold til adfærd vil robotagentens læringsopgave blive beskrevet, herunder en kort summering af undervisningsmål, og hvordan robotagenten opfører sig med henblik på at nå disse mål. Med hensyn til robotagenten vil dens forholdsvise kompleksitet blive beskrevet, og med hensyn til omgivelserne vil der blive redegjort for, hvordan den lærende og robot-

læremidlet interagerer. For at kunne redegøre for læremidlets egnethed til undervisning vurderes det med udgangspunkt i analysemodellen fra afsnit 2.6 *Analysemodel for medskabende, reflekterende og innovative læreprocesser*.

Om eksemplerne kan det generelt siges, at robotagenterne er relativt simple eller semikomplekse, at læremidlet skal anvende i komplekse omgivelser, og at deres adfærd er relativt kompleks. Komplexitet i robotadfærd og omgivelser vil som regel følges ad. I afsnit 3.5 *Læring, interaktion og kompleksitet* underbygges dette teoretisk med udgangspunkt i Brooks (1986), som sandsynliggør, at en robots komplekse adfærd oftest er en afspejling af robotens interaktion med komplekse omgivelser. Dette kan illustreres som på *Figur 22 Model til vurdering af sammenhæng mellem adfærd, robotagent, omgivelser og egnethed til undervisning*.

### 4.1 SINGULÆRE ROBOTSYSTEMLÆREMIDLER: PAPERTS ROBOTSKILDPADDE

Det første eksempel er Seymour Papert's skildpadder, se Figur 24. Paperts ærinde er at bruge teknologi til at hjælpe børn og voksne med at lære ved at gøre ting, som er meningsfulde og motiverende (Papert, 1980). Papert mener, at teknologi skal bruges til at løse "real life" problemer snarere end til opøvelse af udenadslære og basale færdigheder. For ham er teknologi interessant, fordi den gør det muligt at tænke på læring på en ny måde.

Paperts robotskildpadde havde hjul og kunne køre i forskellige retninger alt efter, hvordan den vendte. Når den kørte trak den et spor efter sig. Skildpadden findes også i en virtuel udgave, som lignede den fysiske, men blot trak et lysende spor efter sig på skærmen. Skildpadden kunne programmeres i skildpaddesprog, som er baseret på LOGO. Eleverne kunne ved hjælp af dette sprog kommandere skildpadden til gå frem, tilbage eller dreje sig (Papert, 1980:11).

Skildpadden brugtes til at introducere geometri, og eleverne konstruerede geometriske figurer ved at kommandere med skildpadden. En geometrisk figur kan f.eks. være et kvadrat, som er konstrueret ved, at eleven har kommanderet: FREM 100, DREJ HØJRE 90, FREM 100, DREJ HØJRE 90, FREM 100, DREJ HØJRE 90, FREM 100. Skildpadden går efter denne kommando 100 "skridt" frem, drejer sig 90 grader til højre etc.



FIGUR 24 VISER ORIGINAL SKILDPADDEROBOT FRA "THE CHILDREN'S MACHINE," SEYMOUR PAPERT, HARPERCOLLINS, 1993.

Jeg har selv i slutningen af 1990'erne brugt Paperts skildpadder-ide i forbindelse med grundlæggende programmeringsundervisning af datamatikerstuderende på Lyngby Uddannelsescenter. Mine studerende kendte udmærket til geometri, men de var til gengæld novicer i programmering. Disse studerende brugte skildpadder til at komme i gang med at anvende kontrolstrukturer, som f.eks. at programmet gentager afviklingen af dele af koden uden, at programmøren selv behøver at skrive det gentagne gange. Dette gør koden mere kompakt og optimal. Firkanten kan f.eks. tegnes med ved hjælp af en kontrolstruktur, som populært kaldes "for-løkken", som i dette tilfælde skal gentage koden `FREM 100, DREJ HØJRE 90` fire gange: `for (int i=0; i<4; i++) { frem(100); drej(højre, 90)}`, som resulterer i, at der tegnes et kvadrat på skærmen uden, at man selv behøver at gentage frem og drej til højre fire gange. Ideen til min undervisning kom dengang fra Caspersen (Caspersen, 2000), som argumenterede for, at skildpadder gav en intuitiv forståelse for programmeringskonceptet.

Paperts læringssyn er inspireret af Piagets begreber *assimilation* og *akkommodation*. Papert kalder *assimilation* for debugging, altså fejlretning (Papert, 1993:xiii). Det skal forstås som, at den lærende sjældent forstår (eller gør noget helt korrekt) ved første forsøg. Den lærende forsøger sig frem og justerer sin løsning, indtil den fungerer. F.eks. bruger programmører på alle niveauer meget af deres tid på at debugge deres programkode, dels så programmet kan køres og dels for at få det til at gøre som man gerne vil. I denne debugning ligger en korrektiv tilpasning, hvor programmet bringes til at fungere inden for en given kontekst. Udvides denne tilpasning til også at omfatte en omfortolkning og nyorientering af programmet og dets kontekst, er der tale om *akkommodation*. Ved at arbejde med skildpadder-geometri blev børnene altså en slags geometri-programmører med mulighed for både en *assimilerende* og *akkomoderende* læring (i følge Qvortrup svarende til læring 2 og 3 i Batesons læringstaksonomi).

### **Sammenhæng mellem robotlæremidlets adfærd, robotagent, omgivelser og læringspotentialer**

*Robottens adfærd* skal fremme, at børnene får en intuitiv forståelse af geometriske figurer. Skildpaddens rolle er i den forbindelse et "objekt-to-think-with", forstået på den måde, at den lærende tænker og arbejder i geometriske baner sammen med skildpadden. Papert beskriver skildpaddergeometrien som værende computeragtig, idet den lærende får en programmeringsvinkel på geometri (Papert, 1980:55). Den lærende skaber sine geometriske konstruktioner ved at kommandere rundt med skildpadden. Geometrien gøres konkret idet skildpadden vender på en bestemt måde og trækker sit spor afhængigt af, hvordan den vender. Den lærende får dermed en fysisk forståelse af gradtal i forhold til position og længde.

*Robotagenten* er simpel, idet den løbende forudprogrammeres af børnene og ikke forholder sig til tid og rum på en situeret måde. Den kan på baggrund af det kørende program bevæge sig rundt og samtidig trække en streg. Robotagenten brugtes både i en virtuel og fysisk version.

*Omgivelserne*: De lærende er en del af omgivelserne, og de interagerer med skildpadden ved hjælp af et programmeringsinterface. Oversættelsen mellem den lærendes ideer og planer, som er nedfældet i kode, er netop det, som teknologien bidrager med. Når den lærende ser resultaterne af sin programmering i de fysiske omgivelser, kan han tilpasse og videreudvikle sine ideer. På den måde bliver skildpaddens fysiske omgivelser og programmeringsinterfacet spillebanen for læreprocessen. Den lærende skal være aktiv og skabende for, at skildpadden kan blive det.

### **Læringspotentialer i forhold til min analysemodel**

Hvad er læringspotentialer i skildpadder set i lyset af min analysemodel?

*Socialitet og praksisfællesskaber* – man kan for så vidt arbejde med skildpadder alene eller sammen med andre. Det kommer helt an på den didaktiske ramme, der bliver lagt for læreprocesser med skildpadder.

*Deltagelse og medskaben* – Medskaben og konstruktion er den virkelige styrke i skildpadder. Resultatet af den lærendes forståelse af skildpadden kommer umiddelbart til udtryk i de figurer, som dannes. Den lærende kan eksperimentere med former og konstruktioner og samtidig få en fornemmelse af geometri og programmering.

*Refleksion* – Arbejdet med skildpadderne indebærer som nævnt mulighed for både assimilerende og akkomoderende læring. Debugprocessen er assimilerende og kan sammenlignes med, det der sker på Batesons niveau 2, hvor den lærende optimerer sine handlinger på baggrund af sine erfaringer indtil han får det ønskede resultat. Det kan også sammenlignes med Schöns refleksion-i-handling, hvor den studerende i situationen optimerer og forbedrer sine konstruktioner. Når eleven opnår en mere begrebslig forståelse af geometrien, får han mulighed for at anvende og programmere skildpadden mere frit og til nye typer af opgaver. Her bliver læringen akkomoderende og kan modsvare læring 3 i Batesons taksonomi, hvis eleven gør dette ud fra en bevidst valgt læringsstrategi.

*Innovation, fantasi og kreativitet* – skildpadder er et værktøj, som kan bruges med stor variation og kreativitet af underviserne. Der er ikke nogen didaktisk spændetrøje, som gør, at man kun kan programmere skildpadder i nogle få konstruktioner.

For den lærende er der også frit slag til at kunne bruge skildpadder ligesom en blyant, der kan lave uendelig mange slags figurer, landskaber mv.

*Kontekster* – man kan betragte programmeringssproget og det virtuelle miljø som en programmeringskontekst. Derudover kan man betragte den skildpadden's bevægelser og spor som den fysiske kontekst. Når den lærende eksekverer sit program, forbindes disse kontekster, og de forestillede handlinger i programmeringskonteksten udføres i den fysiske kontekst. Oversættelsen mellem den lærendes ideer og planer, som er nedfældet i kode og fysiske verden, er netop det, som teknologien bidrager med. Når den lærende ser de fysiske resultater af sin programmering, kan han tilpasse og videreudvikle sine ideer.

Eksemplet viser desuden at koncepter kan anvendes både til børn og voksne, omend at det er noget forskelligt de lærer.

## 4.2 SINGULÆRE ROBOTSYSYSTEMLÆREMIDLER: KONSTRUKTION AF UNIKKE ROBOTTER

---

Papert ideer har i høj grad dannet skolet for robotlæremidler, og det kan f.eks. tydeligt ses i LEGO MINDSTORM og PicoCricket. Disse produkter kombinerer også fysisk interaktion, programmering, konstruktion, kreativitet og udforskning. Konstruktion består dog her ikke kun i, at robotten trækkeret

spor. Her skal de lærende selv bygge robotter efter for godtbefindende eller på baggrund af opskrifter. Programmeringsdelen er den samme, men mere varieret, fordi der er en række sensorer og aktuatorer, der skal bringes til at fungere på den måde, man ønsker det. Læringsopgaven er her mere kompleks end hos Papert, idet der ud over programmeringsarbejdet også skal bygges en passende robot. Disse produkter stiller særlige krav til underviseren om at have udtænkt og afgrænset en særlig opgave.

PicoCricket's præsenteres herunder.

### **PicoCricket med temaer som kombinerer kunst og robotteknologi**

Med PicoCricket's kan man konstruere robotter i feltet mellem teknologi og kunsthåndværk, som kan give den lærende en dybere forståelse af robotteknologi, interaktivitet og programmering. Resnick og Rusk (Resnick et al, 2008) har introduceret denne strategi til undervisning af elever i robotteknologi, se Figur 25.



FIGUR 25: PICOCRICKETSÆT

*Beskrivelse af teknologien.* PicoCricket består af flere robotteknologiske dele, som kan placeres i fysiske artefakter f.eks. bamser eller noget, der skabes undervejs. Effektorerne i et sæt PicoCricket's er en motor, lysdioder, display og højttaler. Sensorer i PicoCricket er lys-, berørings- og lydsensorer. Derudover er der en programmerbar controller. Programmering udføres med et programmeringssprog, der er udformet som puslespilsbrikker. Således forstået, at man visuelt kan se og bestemme, hvilke funktioner man kan kombinere. Når de digitale "brikker" passer sammen, kan programmet fungere.

PicoCricket's er beslægtet med LEGO Mindstorm, og begge er skabt i samarbejde med blandt andet Massachusetts Institute of Technology. LEGO Mindstorm har dannet grundlag for mange konkurrencer rundt om i verden og bliver desuden brugt i mange folkeskoler og på videregående uddannelser i Danmark, herunder blandt andet på folkeskoler i Odense, Middelfart og Fredericia og i forbindelse med AI kurser på Syddansk universitet.

*Didaktisk sammenhæng.* Resnick og Rusk (Resnick et al, 2008) argumenterer for nødvendigheden i at præsentere flere mulige indfaldsvinkler, når man introducerer robotteknologi. Igennem årene er der tilrettelagt og afholdt mange konkurrencer med LEGO, hvor børn og unge har kunnet konkurrere om, hvem der kunne bygge den hurtigste robotbil. Konkurrence er en effektiv læringsstrategi, men den appellerer ikke til alle unge. Flere er mere interesserede i kunsthåndværk eller musik, og for denne



målgruppe passer PicoCrickets måske bedre. Temaer for udvikling af PicoCrickets kan f.eks. være interaktive haver, fødselsdagstemaer og historiefortælling.

### **Sammenhæng mellem robotlæremidlets adfærd, robotagent, omgivelser og læringspotentialer**

*Robotlæremidlets adfærd* er kompleks, idet børnene undervejs i læreprocessen skal få forståelse for udvikling af robotagenter, herunder virkemåde af sensorer, effektorer, controller og programmering. Det er en fornyelse at forbinde kunsthåndværk og teknologi, og det giver børn og unge en bedre forståelse for vores teknologiske hverdag.

*Robotagenten* er simpel, idet der er få og simple sensorer og effektorer.

*Omgivelserne:* De lærende er en del af omgivelserne, og de konstruerer robotten undervejs i læreprocessen, derudover interagerer de med robotten vha. et programmeringsinterface og ved at stimulere sensorerne.

### **Læringspotentialer i PicoCrickets og Lego**

*Socialitet og praksisfællesskaber* – det er op til underviseren at forme en didaktisk sammenhæng, hvor eleverne arbejder i et praksisfællesskab. Men at udføre en hold-konkurrence eller en udstilling med et fælles tema lægger om til samarbejde.

*Deltagelse og medskaben* – Drivkraften for børnene er den umiddelbare interaktive feedback, de får igennem udviklingsprocessen af robotten. Denne interaktive feedback fra robotten vil ændre sig efterhånden, som børnene udvikler robotens adfærd. Børnene er i høj grad skabende i processen, og det er denne medskaben der driver læreprocessen.

*Refleksion* – Børnene optimerer igennem gentagende runder af programmering og test virkemåden for deres kunstneriske robot. Denne optimerende læreproces giver en god og dyb læring. Børnene optimerer selv robotten samtidig med, at deres egen forståelse af robotteknologi bliver udviklet. I forhold til Bateson giver det læring op til niveau 3.

*Innovation, fantasi og kreativitet* - Kombination af robotteknologi og kunst giver børn mulighed for med simple midler at skabe noget unikt og fantasifuldt. Man kan forestille sig sådanne temaer afviklet i folkeskolen i samarbejde mellem håndarbejde, billedkunst, matematik, natur og teknik og fysik.

Resnick og Rusk forslår følgende temaer:

- 1) Fokus på temaer såsom interaktive haver med interaktive blomster og insekter eller fødselsdagstemaer, hvor der bliver udviklet interaktive lagkager.
- 2) Kombinationer af kunst og teknologi, hvori materialer til håndarbejde og kunsthåndværk bliver sat sammen med både mekaniske og programmerbare robotteknologiske enheder.
- 3) Konstruktioner og gåder. Børn kan bygge med klodser, løse gåder og lægge puslespil.
- 4) Historiefortælling gennem rollespil, hvor legetøj stimulerer børns sociale interaktion. Ved at fokusere på historiefortælling i robotaktiviteterne, bliver det muligt at nå en større kreds af børn.

- 5) Organiserede udstillinger, hvor robotteknologiske potentialer bliver indsat i kreative senarier, der inddrager børnene som aktører, fungerer bedre og henvender sig til flere end ligefremme og enkle konkurrencer i robotteknologi.

*Kontekster* – Kontekster for programmering og teknologi forbindes med kontekster for kunst og håndarbejde. At forbindes disse kontekster i børnenes verden er fornyede og er med til at udvikle børns forståelse af vores teknologiske hverdag.

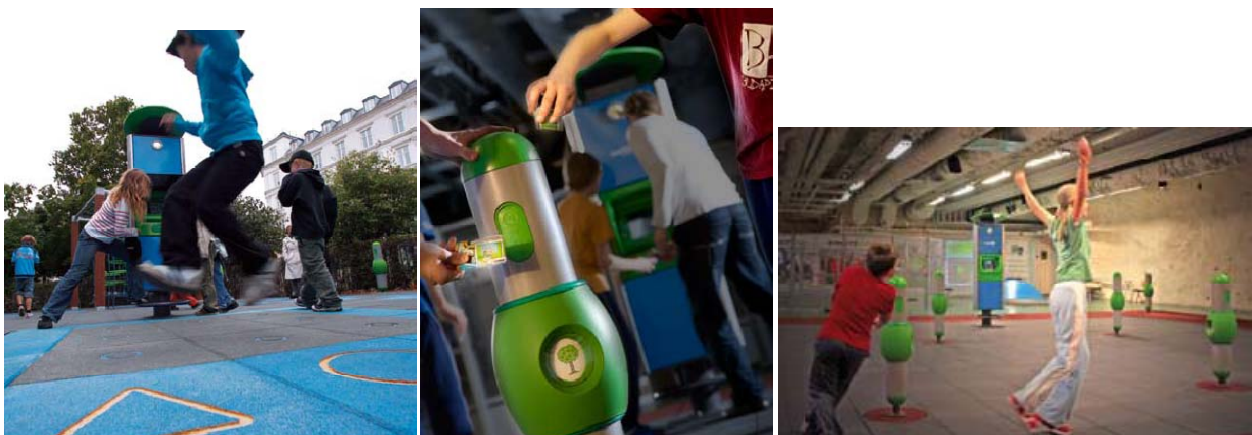
#### 4.3 SINGULÆRE ROBOTSYSTEMLÆREMIDLER: DIGITALE LEGEPLADSER TIL LEG, LÆRING OG BEVÆGELSE

---

Den tredje kategori af singulære robotter var de digitale legepladser til leg, læring og bevægelse. Mange vil nok ikke forbinde denne type installation med et robotsystem, men ud fra definition i afsnit 3.1 kan den digitale legeplads godt ligge inden for definitionen. Den digitale legeplads har sensorer, aktuatorer samt styrings- og kontrolfunktioner.

Den type legepladser kombinerer traditionel analog leg med digital leg (Majgaard, 2009). I den analoge leg bruger børnene legepladsen ligesom de har gjort i årtier med lege som f.eks. tagfat, fodbold eller akrobatisk klatring. I den digitale leg, er der udformet prædefinerede spil, som barnet eller den unge anden. Den digitale leg er spil kan virke igangsættende på leg og bevægelse, eller den digitale leg kan have visse konkret læringsmål indbygget. Den læring, som finder sted her, er som regel af den uformelle slags og foregår udenfor den normale undervisnings rammer.

Lappsets *SmartUs* er et simpelt robotsystem designet til udendørs brug på legepladsen. *SmartUs* er udviklet med henblik på at bringe bevægelse, leg og læring sammen, således at børn kan lære et fagligt indhold, mens de løber omkring og leger, se Figur 26.



FIGUR 26 SMARTUS (A) IGRID SPILLEBANE (B) IPOST (C) IPOST SPILLEBANE (LAPPSET SMARTUS)

*SmartUs* har to typer af spillebaner:

- (1) Et iGrid, som er en bane med f.eks. 9 fliser, hvor hver flise er trykfølsom, se Figur 26(a).
- (2) En iPostbane, som består af f.eks. 10 iPosts, som placeres med 3 - 5 meters mellemrum, se Figur 26(c). Hver iPost indeholder en digital kortlæser, hvor spilleren kan registre sit kort som en del af spillet, se Figur 26(b). Banerne er hver især forbundet med en pc, som indeholder et display, og hvorfra spillet kan igangsættes.

Et konkret legeeksempel fra iPost-spillebanen på Rosengårdsskolen i Odense er, at den centrale computer stiller en multiplikationsopgave, der handler om at finde summen 15. Eleverne skal så finde de iPosts, som har tal, der tilsammen giver 15. De kan vælge at løbe hen til iPosts med henholdsvis 10 og 5, 9 og 6 eller 8 og 7. Tallene på iPosts ændrer sig ikke, kun opgaven fra den centrale computer. I den forstand lærer børnene efter en tid, hvilke tal, bogstaver og tegn de forskellige satellitter er udstyret med. Et andet legeeksempel er at stave til et ord. I de mindre klasser kan de løbe mellem satellitterne og finde bogstaverne til f.eks. ordet hus.

*SmartUs* indeholder desuden en række spil, som ikke fokuserer på formel læring. Eksempelvis kan den centrale computer opstille en løbebane ved hjælp af satellitterne. Og efter spillet er blevet sat i gang, så løber børnene fra iPost til iPost, mens de stryger deres plastikkort henover iPosten for at registrere, hvor langt de er nået på banen. Den elev, som tilbagelægger distancen hurtigst, har vundet. Her er det selvfølgelig muligt at spille mod sig selv for at forbedre sin personlige tid.

*SmartUs* pladser forbundet på nettet. De forskellige geografiske installationer af *SmartUs* er forbundet med hinanden via internettet. Herved kan elever via deres personlige plastikkort spille på *SmartUs* ligegyldigt, hvor de finder en bane. Endvidere bliver elevernes progression registreret på *SmartUs* hjemmesiden, hvor man kan vælge at vise sine resultater og sammenligne dem med andre elever. Således kan enkelte elever eller skoler konkurrere mod hinanden. Se, hvem der er bedst og hurtigst til at løse bestemte opgaver.

*Programmering af SmartUs – skolelærerens redskab.* Det tilhørende programmeringsværktøj gør det muligt at tilpasse indholdet af de eksisterende spil til den konkrete læringskontekst. Videre er det muligt at designe nye spil. På den vis kan undervisere selv definere det faglige indhold, de ønsker at eleverne skal lege sig til, og udforme selve den spilaktivitet, som det faglige indhold bliver formidlet igennem. De kan med andre ord selv styre interaktionens indhold og den kontekst, dette indhold bliver formidlet igennem.

Værktøjet åbner endvidere mulighed for at undervise i spildesign. Elever kan derigennem selv være med til at designe spil, afprøve dem, reflektere og indføre rettelser, indtil de synes spillene er blevet sådan, som de havde forestillet sig. Disse spil kan bagefter distribueres til andre *SmartUs* installationer via den digitale kommunikationsplatform. På den vis kan både lærere og elever dele deres viden og samtidig hente andre spil og andet læringsindhold ned fra kommunikationsplatformen. Den digitale kommunikationsplatform skaber herigennem mulighed for udveksling af digitalt indhold og produkter (spildesigns).

### **Sammenhæng mellem robotlæremidlets adfærd, robotagent, omgivelser og læringspotentialer**

*Robotlæremidlets adfærd.* På iGrid er der er prædefinerede opgaver i f.eks. stavning og matematik. Disse opgaver er enkle. Det kan dreje sig om at forbinde et billede af en and med ordet "and". Der kan dog udvikles opgaver og spil efter fri fantasi med iGrid og iPost som platform. Det er en kompleks opgave, selv om der følger et brugervenligt udviklingsværktøj med. Større børn vil her kunne lære grundideen i programmering.

*Robotagenten* er semi-kompleks, fordi den er knyttet til en udviklingsplatform.

*Omgivelserne:* iGrid og iPost kommunikerer med omgivelser ved hjælp af trykfølsomme sensorer i fliserne eller en digital kortlæser. Derudover er der et grafisk brugerinterface med nogle få knapper og en skærm.

### ***Læringspotentiale for Lappsets læringsspil***

*Socialitet og praksisfællesskaber* – Størrelsen af den udendørs digitale legeplads ligger op til at der leges og motioneres sammen med andre. Spillene lægger også op til kollaboration, konkurrence og bevægelse.

*Deltagelse og medskaben* – Børn og unge kan designe deres egne spil til banen på en pc med det specielle Lappset udviklingsværktøj. Spildesignfladen giver mulighed for at udvikle nye spil og ændre det allerede eksisterende indhold. Der er dog ikke pt. projekter på skolen, som udnytter denne dimension.

Når børnene anvender de eksisterende spil, er interaktionen mest reaktiv karakter. De skal placere sig det rigtige sted og aktivere systemets sensorer. Så der er ikke her tale om medskaben, men dog i høj grad deltagelse. Og det er fysisk bevægelse og aktivitet, som er det centrale i dette koncept.

*Refleksion* – I Lappsets læringsspil skal den lærende udføre opgaver, som er pakket ind i et spilformat med den hensigt at gøre læringen legende. Eleverne kan lære at blive bedre til at lægge tal sammen, mens de bevæger sig. Disse læringsspil placerer eleverne på et bestemt læringstrin uden hensyn til deres konkrete stadi. Eleverne vil dog hurtigt blive bedre til at spille spillets struktur ved at placere sig mere hensigtsmæssigt på banen, så svarene kan afgives hurtigere. Dvs. at børnene optimerer deres bevægelsesmønster, hvilket svarer til læring 2. Man kan sætte spørgsmålstejn ved om optimering af bevægelsesmønster er det samme optimering af forståelse af det faglige indhold af læringsspillet. Desuden giver medskaben et højere refleksionsniveau, idet de unge selv har muligheden for konkret at tilrettelægge en læringsstrategi igennem udvikling af konkret læringsspil eller læringsscenario. At skabe og tilrettelægge sine læringsstrategier svarer til Batesons niveau 3.

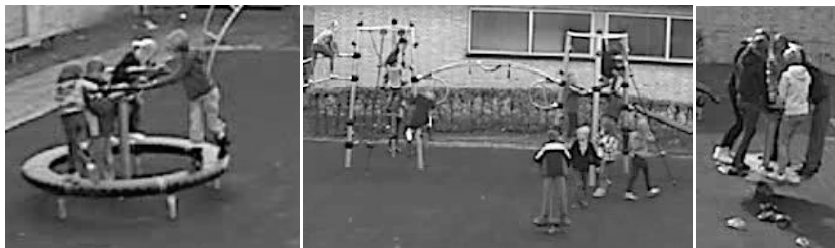
*Innovation, fantasi og kreativitet* – Hvis børnene kommer i gang med programmeringsdelen vil der være et godt potentiale for innovation, fantasi og kreativitet.

I brugen af de eksisterende spil, er børnene bundet til det regelsæt som udviklerne har bestemt, og der ligger selvfølgelig en begrænsning på det innovative potentiale.

*Kontekster* – At have en legeplads med digitalt læringsindhold er noget helt særligt. Og det er en ny måde at bringe leg, bevægelse og læring sammen på.

### Andre platforme

Kompan har også en digital legeplads, som forbinder digital leg og spil med bevægelse. Hos Kompan er der mere fokus på at blande analog og digital leg (Majgaard og Jessen, 2009), det vil sige, at børnene kan veksle mellem at lege deres egne lege og så bruge de indbyggede digitale spil, se Figur 27. F.eks. kan børnene klatre og svinge sig rundt som en del af de digitale spil i klatrestativet, eller de kan selv finde på udfordringer. Hos Lappset er der fokus på de digitale spil, og der er ikke udfordringer på spillebanen med mindre, man bruger de digitale spil.



FIGUR 27 KOMPANS DIGITALE LEGEPLADS (MAJGAARD OG JESSEN, 2009)

Derudover har PlayAlive også en digital legeplads, som bygger på samme ide som Kompan's legeplads, nemlig at kombinere analog og digital leg, se Figur 28. Hverken Kompan eller PlayAlive har dog i deres installationer særlig fokus på formel læring. De har mere fokus på den uformelle der sker undervejs i legen.



FIGUR 28 PLAYALIVES KLATRESTIV "EDDERKOPPEN" (PLAYALIVE)

Playalives edderkop danner grundlag for design "Fraction Battle", som er emnet for kapitel 6. Her pilles teknologien ud af edderkoppen og bringes med ind i klasseværelset, hvor det forvandles til et værktøj til støtte i matematiktimerne (Majgaard 2009).

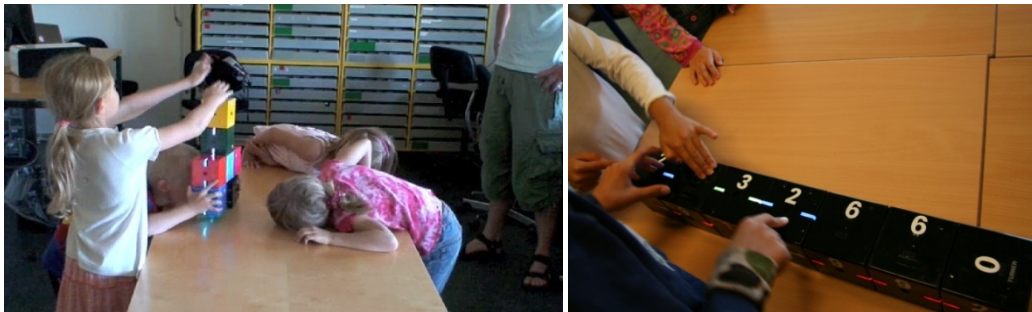
#### 4.4 MODULÆRE ROBOTSYSTEMLÆREMIDLER: I-BLOCKS

Traditionelt har modulære systemer til læring været analoge og har haft form af klodser, perler eller lignende. Der foregår i disse år et skred fra analoge til digitale systemer også inden for dette felt. Der udvikles interaktive systemer, og disse har karakter af at være robotsystemer. De benævnes ofte f.eks. "tangibles", "beads", "blocks" eller "manipulatives". Men i dag er der en række forskellige interaktive modulære systemer, som kan bruges til undervisning.

I dette og de to følgende afsnit vil forskellige modulære læremidler blive introduceret. To af platformene I-BLOCKS og interaktive fliser har jeg selv arbejdet med. De resterende prototyper og produkter er samlet i et afsnit, disse er mere summarisk beskrevet.

Interaktive modulære robotter har en særlig rolle i denne afhandling, idet to af de eksperimentelle cases tager udgangspunkt i en modulær platform, se kapitel 6 og 7. Casen i kapitel 7 omhandler netop I-BLOCKS, og hvordan de bruges til at understøtte børns læring inden for matematik, mere specifikt deres forståelse af positionssystemet, se Figur 29 (b). Lige her og nu gives et eksempel på brug af I-BLOCKS til udvikling af rytmisk musikforståelse gennem uformel leg, se Figur 29 (a).

Eksemplet på Figur 29 (a) om musikforståelse bygger på et testforløb i sommeren 2008, udført af Jacob Nielsen og Center for Playware (Nielsen, 2008a). Børnene er ca. 10-11 år. Forløbet foregår i en skolefritidsordning, hvor børn i firmandsgrupper eksperimenterer med at bygge musikkompositioner med I-BLOCKS.



FIGUR 29: I-BLOCKS (A) MUSIK APPLIKATION; (B) MATEMATIK APPLIKATION

##### **Beskrivelse af platformen og musikapplikationen**

I-BLOCKS er modulære robotagenter, som er udviklet gennem flere prototyper og anvendelser (Nielsen 2008a, Nielsen 2008b, Nielsen 2008c, Majgaard 2010). Systemet består af kubiske moduler, som fysisk forbindes ved hjælp af magneter. Kuberne er hver især selvstændige robotagenter, og når de er forbundet, kan de kommunikere med hinanden med infrarødt lys. I nogle tilfælde kommunikerer en master-klods med en computer via en radio (Zigbee). Derudover er der på hver kube fire RGB lysdioder, som kan lyse op i 4096 forskellige farver. I-BLOCKS hardware er indkapslet af en sort polyurethanskal, der har en blød gummi-lignende overflade. Derudover er der i top og bund monteret forskellige stik, sensorer og aktuatorer.

Hver I-BLOCK indeholder et 3D accelerometer, som detekterer dens orientering i rummet. Dette gør den i stand til at afgøre, hvilken side der vender opad. Måden, der kommer liv i interaktionen mellem menneske og robotagenter, er ved at vende og dreje kuberne og sætte dem sammen.

I-BLOCKS er robotter i den forstand, at de har sensorer, som gør at de kan orientere sig i forhold til hinandens placering, og hvordan de selv vender. I-BLOCKS kan også interagere med hinanden uden menneskelige indgriben, dette er også en robotegenskab. En I-BLOCK er en atypisk robot i den forstand, at den ikke kan bevæge sig.

I-BLOCKS er specifikt udviklet som en generel platform, som kan tilrettes på forskellige formål. Man kan sige, at der er udviklet et operativsystem til kuberne, og at man kan udvikle forskellige applikationer til at køre på dette operativsystem. Klodserne er organiseret efter master og slave princippet, og det er den særlige masterklods, som forestår kommunikation med pc'en. Og det er pc'en, som afspiller lydspor.

I dette eksempel er der udviklet en særlig musikapplikation til rytmisk musikforståelse (se Figur 29 (a)). Der var komponeret musik i forskellige stilarter såsom jazz, reggae og hiphop. De enkelte kuber var programmeret til at afspille hver sit instrumentspor, f.eks. trommer, bas eller vokal. Når man drejer en I-BLOCK vil der opstå en ny variation på det pågældende instrument. For at igangsætte musikapplikationen skal de enkelte klodser forbindes til en særlig masterklods. Hvis man blot forbinder én instrumentklods til masterklodsen, vil man for eksempel høre trommerne.

Det didaktiske forløb kan beskrives som udforskende, idet man ville undersøge, om klodserne kunne bruges til læringsformål, musikforståelse og kreativitet (Nielsen, 2008a).

### **Sammenhæng mellem robotlæremidlets adfærd, robotagent, omgivelser og læringspotentialer**

*Robotlæremidlets adfærd* er relativt kompleks, idet kombinationsmulighederne mellem instrumentspor og stilarter er meget stor.

Børn og unge, som er målgruppen for musikversion af klodserne, kender klodser fra LEGO og andre systemer, og de ved derfor umiddelbart, hvordan man bygger med klodser. Det nye er her, at hver gang man forbinder en ny klods, så ændres lydbilledet. Læremidlet appellerer i høj grad til medskaben. Lydbilledet vil være forskelligt afhængigt af, hvordan klodserne sættes sammen, men ingen lydbilleder vil lyde dårligt eller forkert. Hver klods indeholder sit instrument, og hver gang man drejer klodsen afspilles instrumentet i en ny variation. Seks klodser med hver seks variationer giver  $6 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 6 = 46.656$  forskellige kombinationer. Da der er så mange forskellige kombinationsmuligheder, opleves det af den lærende, som om han komponerer musik. Og det giver den lærende en forståelse af de enkeltes instrumenters rolle i rytmisk musik.

*Robotagenterne* er semi-komplekse - og mere komplekse end f.eks. PicoCrickets. Det skyldes, at systemet består af flere robotagenter, som kan kommunikere med hinanden og omgivelserne.

*Omgivelserne:* I-BLOCKS sanser omgivelserne via ændringer i orientering og forbundethed. De lærende er en del af omgivelserne og kan ændre på orientering og forbundethed. Hver enkelte robotagent forholder sig både til naborobotagenter, og til hvordan de er orienteret i rummet.



### ***Læringspotentiale i I-blocks***

*Socialitet og praksisfællesskaber* – Klodseren giver mange sociale samspilsmuligheder, men det er op til underviseren at tilrettelægge den didaktiske sammenhæng og vurdere, hvordan klodserne skal bruges. I dette eksempel eksperimenterede børnene sig kollaborativt frem til de enkelte klodseres virkemåde (Nielsen, 2008). Børnene skiftedes enten til at sætte klodser sammen, eller også supplerede de hinandens konstruktioner. Når der var blevet bygget en konstruktion med et hul i, kiggede de alle gennem hullet. Efterfølgende blev børnene i forsøgt opmuntret til at forme individuelle kompositioner, der viste at hvert barn lavede sin unikke komposition.

*Deltagelse og medskaben* – Børn kender klodser fra LEGO og andre systemer. De ved derfor umiddelbart, hvordan man bygger med klodser. Det ny er her, at hver gang man forbinder en ny klods, så ændres lydbilledet. Læremidlet appellerer i høj grad til medskaben. Man kan dog ikke sætte klodserne "forkert" sammen, det vil sige komponere disharmonisk og "grim" musik. Lydbilledet vil være forskelligt afhængigt af, hvordan klodserne sættes sammen, men ingen af lydbilleder vil lyde dårlige eller forkerte. Designeren har således indlagt et "æstetisk sikkerhedsnet".

*Refleksion* – Efterhånden som børnene i eksemplet blev mere erfarne, begyndte de at sætte klodserne sammen på en måde, der viste, at de gik efter et bestemt lydbillede, f.eks. ved starte trommen først for derefter at eksperimenterer med rysteklodsen, som giver et guitarlydspor. Så det er oplagt, at børnene reflekterer undervejs i legen. For at få en egentlig bevidst musikforståelse, skal klodser anvendes i en mere målrettet didaktisk sammenhæng.

*Innovation, fantasi og kreativitet* - Børnene bruger tiden med klodserne på at skabe musikvariationer og på at bygge fysiske konstruktioner. De fysiske konstruktioner var f.eks. tunneller og robotter.

*Kontekster* - Testrammerne for I-blocks er en skolefritidsordning, som for børnene er sted for leg. Derfor blev det at bygge med klodser hurtigt til defineret som leg.

I forsøget forbinder børnene en kontekst med klodser med en ny kontekst med musikkomposition. At bygge bro mellem kontekster giver ifølge Bateson en god dyb læring 2 (se evt. læringsafsnit i foreløbig version af afhandling (Majgaard 2011+)). Jeg mener klodserne fortjener at blive testet i en musikdidaktisk sammenhæng.

## 4.5 MODULÆRE ROBOTSYSTEMERLÆREMIDLER: INGENIØRSTUDERENDE BRUGER ROBOTTEKNOLOGISKE FLISER SOM PLATFORMFORM FOR DESIGN AF FYSISK INTERAKTIVE SPIL TIL BØRN

---

Det følgende eksempel bygger på et undervisningsforløb i game design, som afvikledes i efteråret 2008 for ingeniørstuderende på Syddansk universitet. De studerende skulle tilegne sig en dybere forståelse af robotteknologi og spildesign. Undervisningsforløbet er også beskrevet i en populærvidenskabelig formidlingsartikel med titlen: "Eksempler på robotter i en læringsammenhæng" (Majgaard, 2009).



Eksemplet omhandler, hvordan IT-studerende udvikler digitale spil på en platform af robotteknologiske modulære fliser. Den robotteknologiske platform er udarbejdet af Center for Playware, og de har igennem de seneste år været anvendt til blandt andet leg, genoptræning og motion (Lund, 2007). Aktiviteterne, som for det meste fungerer som en slags spil, kombinerer bevægelse med gameplay. De særlige spil, som de studerende udviklede, afvikledes på fliserne alene eller i en kombination af fliser og grafisk brugerinterface med eller uden lyd.

Målet med at inddrage fliserne i undervisningen var at udvide de studerendes forståelse af modulær robotteknologi og dets anvendelighed i forbindelse med game design. Det var også et mål at tænke fysisk bevægelse ind i spillet. Derudover er det vigtigt, at kommende ingeniører udvikler systemer til andet end standard-interfaces, f.eks. set i lyset voksende brug af pervasive teknologi.

Det forventedes desuden, at de studerende skulle overføre deres egne erfaringer med spil til de prototyper, de skabte. De studerende forventedes også at kunne overføre teori om design af computerspil til deres nye prototyper. Og endelig forventedes det, at de studerende skulle være udforskende og skabende i forbindelse med undervisningsforløbet.

### Beskrivelse af agentsystemet

De modulære robotfliser er kvadratiske, og siderne er så store, at et voksent menneske kan træde på en flise af gangen. I fliserne er der indbygget tryksensorer, som detekterer, om der bliver trådt på dem eller ej. Fliserne kommunikerer med deres naboer vha. af infrarødt lys. Fra en af fliserne i bunken er der radioforbindelse til en pc. Flisernes effektorer er lys i form af 8 individuelt programmerbare rød-grøn-blå lysdioder (Lund, 2007). I hver flise er der desuden en processor, hukommelse og batteri, så fliserne kan fungere sammen eller hver for sig. Fliserne kan sættes sammen med indbyggede magneter.

Fliserne kan programmeres centraliseret eller distribueret. I den centraliserede tilstand afvikles et program, der styres via radiolinket til fliserne. Fliserne vil så kunne fortælle det centraliserede program om sin sensoriske status. Hovedprogrammet vil så via en specifikt konstrueret algoritme fortælle den individuelle flise, hvordan den skal reagere, om den skal tænde nogle af sine dioder og i hvilken rækkefølge og farve. Den centraliserede programmering forgår med programmeringssproget JAVA.



FIGUR 30: MODULÆRE ROBOTFLISER I AKTION

### **Beskrivelse af den didaktiske sammenhæng**

De studerende skulle arbejde med at udforme spil, som var motiverende og medrivende, og som skal kunne anvendes af børn mellem 7 og 10 år. De studerende blev præsenteret for en teori om spil-design (Fullerton, 2008) og teorier om, hvordan der bevidst kunne arbejdes med motivation (Csikszentmihalyi, 2005 og Apter, 1991).

Dernæst skulle de studerende, som havde kendskab til JAVA og have en "hands on" forståelse af fliserne. Dette blev gjort igennem en programmeringsøvelse, hvor de studerende skulle tilpasse en eksisterende version af spillet "Colorrace". Colorrace er et flerbrugerspil, hvor spillerne konkurrerer om, hvem der kan hoppe flest gange på en given farve. Hver spiller vælger ved spillens begyndelse en farve, og efter ca. ti hop på en farve er spillet slut.

Dermed fik de studerende et grundlag for, at de vil kunne skabe spil til denne utraditionelle platform. Når de havde set, afprøvet og justeret et spil til fliserne, ville de være klar til at kunne skabe deres eget spil.

I en tredje fase skulle de studerende udvikle nyt og ikke eksisterende spil til fliserne. De måtte gerne inddrage lyd og billede, f.eks. ved at hænge en storskærm op bag fliserne.

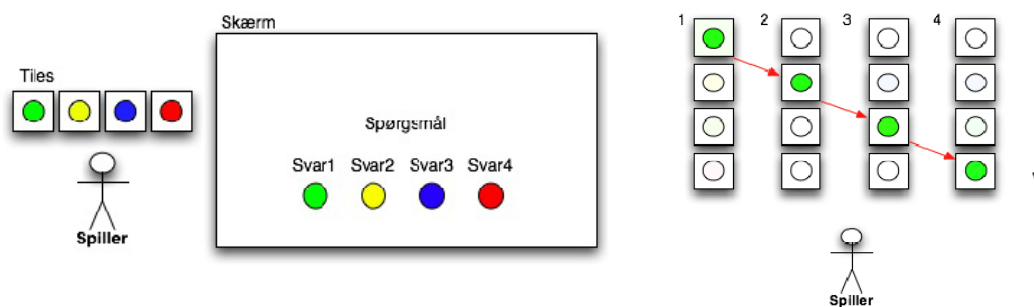
Det forventedes, at de studerende ret nemt vil kunne tilgå den nye platform, da de studerende i forvejen kender programmeringssproget. Det nye vil være at forstå det robotteknologiske felt.

Der ville også være nogle fysiske forhindringer, idet robotflisernes batterier skulle oplades, og der ind i mellem kunne være "tabte" pakker, således at fliserne ikke altid reagerede helt som forventet. Der ville sikkert også være studerende, som havde problemer med få udviklingsværktøjet til at fungere.

### **Erfaringer fra undervisningsforløbet**

Nogle studerende valgte at arbejde rent med fliserne, og andre valgte at inddrage lyd og display i form af en projektor som skulle lyse op bag ved fliserne.

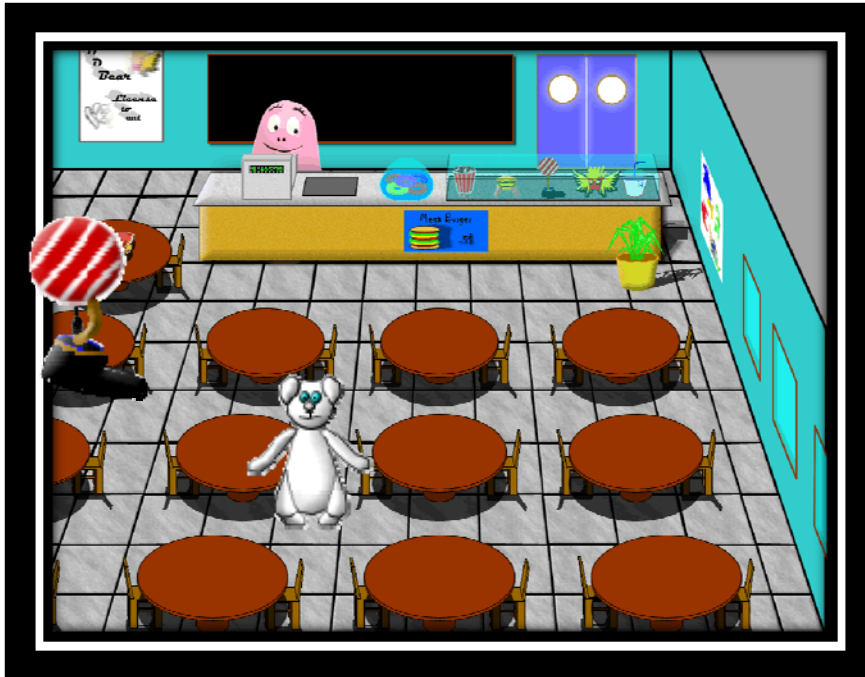
Når de studerende kombinerede fliser med en projektor, viste der sig særligt to måder at bruge fliserne på - enten som keyboard eller som egentlig spilleplade. Ved keyboardfunktionen, skulle børnene trykke på den rigtige farve for at svare på et spørgsmål, se Figur 31 (a). Når fliserne brugt som spilleplade kunne lyspletterne dynamisk skifte position som del af et game play. Figur 31 (b) illustrerer, hvordan en lysplet flytter sig fra række til række og ideen er at børnene skal trykke på pletten inden den når nederste række. Figurerne stammer i øvrigt fra de studerendes rapporter.



FIGUR 31: (A) FLISER SOM KEYBOARD; (B) LYSLETTER SOM BEVÆGER SIG (STUDENTERRAPPORT)

Af keyboardspil til fliserne blev der blandt andet udviklet et matematikspil, som skulle forbedre en 4. klasses børns forståelse af problemregning. Regneopgaverne var udarbejdet af 4. klasser til 4. klasser på Utterslev skole i 2005/2006. Et af spørgsmålene lød således "Jeg ville købe 10 undulater. Halvdelen kostede 100 kroner. Hvor meget skulle jeg betale?" eller "Jeg var engang ude og fiske. Jeg fangede 10 torsk. Jeg lagde en til side til min mormor og fik 4 af min kammerat. Hvor mange torsk fik jeg til mig selv?"

De grupper, som kombinerede fliser med display, havde typisk mere historiefortælling i deres spil. For eksempel var der en gruppe som udviklede et spil som hed OO-Bear (se nedenstående figur), som kædede bevidsthed om global opvarmning, madvaner og menneskeheds overlevelse sammen. Spillet var et enkelt-spiller adventurespil, som handlede om en isbjørn, som var på mission for at redde sin art. Det gjorde den ved at spise sund mad, så der kun er usund mad tilbage til menneskene på jorden. Dette førte til at menneskene blev for fede og derfor levede kortere. Det fungerede som et platformspil, som indeholdt ni fliser, hvor spilleren hoppede rundt på fliserne og fik hovedkarakteren, som vist på projektoren til at bevæge sig på samme måde. På nedenstående figur ses Double-O-Bear, som hopper rundt og leder efter sund mad, alt imens han er forfulgt af en slikkepind.



FIGUR 32 OO-BEAR (STUDENTERRAPPORT)

Læringselementerne i OO-Bear er bygget ind i baggrundshistorien. Klimaspørgsmålet fremstilles som en del af præmissen for historien. Det med sund og usund mad ligger dels i præmissen, men bliver også integreret i spillet, f.eks. idet modstanderne i spillet er onde slikkepinde. Læringselementerne virker meget velintegreerede.

Der var også grupper, som prøvede at overføre traditionelle brætspil til fliserne. Der var for eksempel en gruppe, som ville have udviklet "4 på striben". Det blev dog kun til 3 på striben, fordi gruppen havde tekniske problemer med fliserne. Spillet "Memory" blev også overført. Og endelig var der grupper som prøvede at overføre gamle mobil og pc spil til fliserne. Det drejede sig om "Snake".

Det intense forløb hen over efteråret 2008 gav dog ikke de studerende meget tid til at teste spillene på slutbrugere. Der var dog en gruppe, som fortsatte med at arbejde med fliserne i deres bachelorprojekt. Og i dette projekt nåede de ud til målgruppen flere gange.

### **Sammenhæng mellem robotlæremidlets adfærd, robotagent, omgivelser og læringspotentialer**

*Robotlæremidlets adfærd* er relativt kompleks, idet de studerende skal udvikle spil og programmere for at opnå et læringsudbytte.

*Robotagenterne* er semi-komplekse på samme måde som I-BLOCKS, idet systemet bygger på den samme teknologiske platform. Fliserne er endda forløbere for I-BLOCKS og er udviklet i den samme forskningsgruppe.

*Omgivelserne:* Fliserne sanser omgivelserne ved hjælp af trykfølsomme sensorer. Hver enkelte robotagent forholder sig både til naborobotagenter og til eventuelle tryk.

### **Læringspotentiale i robotteknologiske fliser**

*Socialitet og praksisfællesskab* – Kontekster for leg, spil, spildesign og systemudvikling er temaer, som typisk udspiller sig i forskellige praksisfællesskaber. På universitetet foregår spildesign og systemudvikling dog i det samme praksisfællesskab. Legen med spil vil dog normalt foregå i andre praksisfællesskaber. At de studerende allerede har erfaring med spil fra et spillersynpunkt, giver dem en konkret viden og erfaring, som de kan bygge videre på i projektet.

De studerende var opdelt i mindre grupper på tre til fire studerende, og der blev lagt vægt på at alle skulle bidrage til den konkrete kodning. Det vil ofte være sådan, at de studerende i grupper fordeler programmeringsarbejdet imellem sig eller at de sidder to og to og diskuterer, hvordan problemer nu skal løses. For at de studerende kan fordele arbejdet i mellem sig, er de nødt til designe det, der skal blive til kode, i nogle klumper. Disse klumper skal så gerne kunne spille sammen. Derfor er det vigtigt, at de studerende er gode til at formidle deres ideer til, hvordan kodens arkitektur skal være. Og den arkitektur skal desuden gerne afspejle deres spilideer.

*Refleksion – deltagelse - medskaben* Læringspotentialet i fliserne kan opdeles i tre niveauer: 1) Den læring, der sker når de studerende afprøver et (lærings)spil på fliserne. 2) Den læring, der sker undervejs i udviklingsprocessen af nye spil til fliserne. Og 3) den læring, der sker når spillet af prøves på slutbrugerne, hvor den studerende som observatør forholder sig til den interaktion, der udspiller sig på fliserne og med den prototype, der er skabt.

De studerende fik deres første erfaring med fliserne som brugere, og de spillede nogle eksisterende spil f.eks. "Color Race". Det næste perspektiv på fliserne var et oplæg og en teknisk manual, som skulle sætte dem i stand til at udvikle nye programmer til fliserne. Deres første opgave var at justere på et spil "Color Race", som var tilpasset særligt til lejligheden. Dette skulle sikre at de fik hul igennem til teknologien, hvilket svarer lidt til at skulle skrive "Hello World" i et nyt programmeringssprog første gang. Koden til spillet gav desuden de studerende et eksempel på, hvordan fliserne skulle programmeres, således at det ville blive nemmere for dem at overkomme at udvikle et helt nyt spil. Målet var at de studerende skulle bruge deres kræfter på at spildesigne og implementere interessante spil og ikke bruge så meget tid på at forstå fliserne teknologiske software arkitektur. Det var også meningen, at den første øvelse helst skulle være en succesoplevelse, således at de følte sig klar til at omsætte deres egne ideer til en ny platform.

Undervejs i udviklingen af spillene testede de studerende konkrete resultaterne, det vil sige, at de løbende afviklede deres software prototyper i en såkaldt debugget proces. Papert beskriver en særlig type læring, der forgår i sådanne debugprocesser, hvor den lærende udvikler færdigheder i at isolere og rette fejl (Papert, 1980:23). Programmeringsmiljøet bliver et "object-to-think-with" for den lærende (Papert, 1980:23), som igennem debugprocessen får løbende feedback på, hvad der fungerer og ikke fungerer i hans program. Programmet bliver skabt sideløbende med debugprocessen. Den kombinerede udviklings og debugproces kan beskrives som "trial and error learning" (Bateson, 2000:287) kombineret med en adaptiv anden ordens læring. "Trial and error learning" er vigtig for at forsøge at finde nye løsninger f.eks. i nye kontekster. Læringen, der foregår, er også af mere adaptiv karakter, hvor der gradvist justeres på detaljer. Derudover kan den adaptive læring være test af om konkrete design ideer fungerer eller ej. Det betyder, at den lærende i denne læreproces er i en fordybet adaptiv proces, som foregår mellem menneske og maskine, hvor han gradvis får en forståelse af teknologien,

og af hvordan hans ideer skal omsættes, således at den endelige prototype kommer til at fungere, som den skal.

*Kontekster og innovation* - De studerende forbandt forskellige kontekster, når de udviklede nye spil til fliserne. De studerende kendte computerspil fra deres barndom, og dette kan beskrives som en spillerkontekst. Gennem undervisningen i gamedesign blev de bevidstgjort om spils formelle og dramaturgiske strukturer, hvilket gav dem en spirende fornemmelse for en spildesigne-kontekst. De studerende havde desuden på deres uddannelser som datateknologer eller IT-ingeniører en bred erfaring med systemudvikling. De studerende forbandt igennem fliseprojektet deres kontekstuelle erfaringer inden for leg med spil, design af spil og systemudvikling. Når tre så forskellige kontekster bliver spillebane for udvikling af nye spilproduktioner, er der grundlag for at skabe noget nyt og kreativt, som ikke er set før. Man kan sige at de studerende skabte ny platform. Scharmer beskriver netop, at ny transcende- rende viden opstår i tværfaglige sammehænge, når den lærende er aktiv (Scharmer, 2001). Og de faglige kontekster som spildesign og systemudvikling kan netop forstås som tværfaglige sammen- hænge, hvor innovation og måske endda transcende viden kan opstå.

### 4.6 MODULÆRE ROBOTSYSTEMLÆREMIDLER: TANGIBLES TIL MATEMATIK OG FYSIKUNDERVISNING

---

I fysikundervisning er der tradition for at have fysiske repræsentationer af abstrakte fysikbegreber (Piper, 2002). Og det fremhæves desuden at fysiske repræsentationer forbedrer forståelsen af abstrakte emner (Girouard, 2007) (Schweikardt, 2008) (Zuckerman, 2005a). Herunder er nogle forskel- ligartede eksempler, som kan anvendes i matematik og fysikundervisning.

RoBlocks (Schweikardt, 2008) er medtaget, idet de har samme fysiske design som I-BLOCKS. RoBlocks er modulære i den forstand at hver klods er en selvstændig agent med processor, sensorer og effekto- rer. Hvorimod processorer, sensorer og effektorer distribueret ud på de enkelte roBlocks, således at klodserne tilsammen udgør en robotagent, se Figur 33.



FIGUR 33 ROBLOCKS (MODROBOTICS ROBLOCKS)

RoBlocks kan anvendes i undervisning om kompleksitet. Globale fænomener opstår ofte som et resultat af lokal adfærd (Schweikardt, 2008). F.eks. når fem klodser interagerer med hinanden og omgivelserne bliver den samlede adfærd for systemet uforudsigelig og kompleks, medmindre man har rigtig godt styr på, hvordan de enkelte dele påvirker hinanden og dermed det samlede system.

Der er fire typer af roBlocks: (1) sensorklodser, som f.eks. indeholder lys, lyd, tryk eller bevægelses-sensorer; (2) tænkeklodser, som håndterer sensorinput og actionoutput; (3) actionklodser som f.eks. motor, rotor, højttaler eller display; og (4) utilityklodser, som indeholder batteri og trådløs kommunikation til pc. Man kan f.eks. bygge en konstruktion, som bevæger sig væk fra lyset eller undergår at falde ved bevægelse (Schweikardt, 2008). Denne robottype adskiller sig fra I-BLOCKS ved, at klodserne er specialiserede.

Klodserne henvender sig til børn og unge. De lærer noget om kompleksitet og desuden noget om robotteknologi, idet de får en konkret erfaring med forskellige sensorer og effektorer. Dette var i øvrigt også tilfældet med LEGO Mindstorm og PicoCrickets. RoBlocks er i modsætning til I-BLOCKS et kommercielt produkt.

I samme kategori findes Smart Blocks, som er beregnet som supplement i matematikundervisning (Girouard, 2007). Her går læringsmålene i retning af at udforske overfladeareal og volumen af tredimensionelle objekter, se Figur 34. Målgruppen er børn i alderen 5-12 år. Systemet er baseret på 3 terninger, forbindelsespinde og spørgekort. Teknologien er simpel og baseret på at RFID, som er en automatisk identificeringsmetode. Der er sat RFID-mærkater på klodser og spørgekort. Opgaverne udføres på en RFID-læser, som er koblet til en pc. På pc'en er et særligt program, som giver eleverne feedback. Den fysiske og virtuelle verden bliver på denne måde forbundet. Systemet er modulært, men er på kanten af at være robotteknologisk, jævnfør beskrivelsen af robotagenter i afsnit 3.1. Systemet er medtaget, fordi det illustrerer, hvordan forståelsen af abstrakte matematiske koncepter kan understøttes af tangibles og teknologi.



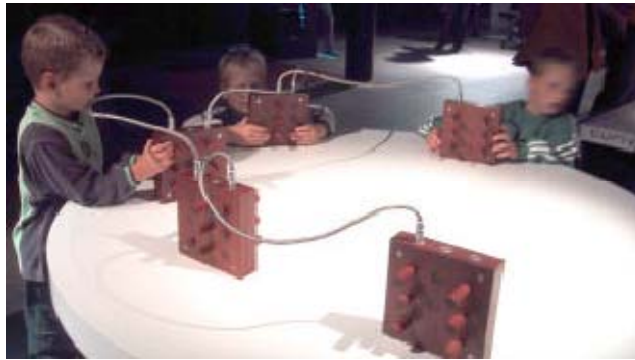
FIGUR 34 SMART BLOCKS (GIROUARD 2007)

Elever udvikler ofte en forkert forståelse af det læringsmæssige indhold, hvis de arbejder traditionelle klodser, idet underviseren ikke kan give eleverne feedback hele tiden (Girouard 2007). Teknologien her i form af RFID kan bremse disse misforståelser og sikre, at eleverne løbende får feedback.

Piper og Ishii demonstrerer med Pegblocks, hvordan forholdet mellem kinetisk energi og elektricitet kan eksemplificeres med simple tangibles, se Figur 35. Dette arbejde er inspireret af Frøbels ideer fra det



19. århundrede om at have fysiske objekter og fysisk aktivitet som kernen i undervisning af mindre børn (Piper, 2002).



FIGUR 35 PIPER OG ISHIIS FYSIK TANGIBLES

Et andet eksempel er System Blocks, som også er udviklet til undervisning af børn (se Figur 36 til venstre). Læringsmålet omhandler her dynamiske systemer til forståelse af komplekse systemers adfærd over tid. Hver af disse klodser har en forud programmeret adfærd, og når de sættes sammen, fungerer de som et komplekst system (Zuckerman, 2005a). Systemet er baseret på fysisk programmering, dvs. brikker skal ikke programmeres fra en computer, men programmeringen foregår direkte ved manipulation af klodserne. Et af eksemplerne handler om et "kage-lager": Inputprocessen er nye kager, som bliver bagt og ryger på kagelageret, se Figur 36 til venstre. Outputprocessen er salg af kager. Når der sælges flere kager end der bages, ryger lager beholdningen ned. De lærende kan med knapper på de modulære enheder skrue op og ned for kagebage- og salgsprocessen. Ideen er at børnene skal få en forståelse af lagerflowet. Dette og lignende eksempler er testet med en gruppe af børn i femte klasse. Forsøgene viste, at børnene kunne få en dybere forståelse for lager- og flowstrukturer.

På Figur 36 til højre ses en anden version af Zuckermans klodser (Zuckerman, 2005b), hvor det er ideen at børn skal have en "hands on" oplevelse af sandsynlighed, forgrening, loops og flow. Klodserne sættes sammen. Pilene angiver det spor som data vandrer. Når der er en forgrening, vil nogle data søge den ene vej og andre den anden afhængig af, hvordan der er drejet på fordelingsknappen.



FIGUR 36 SYSTEM BLOCKS (TIL VENSTRE) OG FLOWBLOKKE (TIL HØJRE)

### Sammenhæng mellem robotlæremidlets adfærd, robotagent og omgivelser

*Robotlæremidlets adfærd* er kompleks og abstrakt, f.eks. formidler flowblocks dynamisk en opdatering af lagerstørrelse som funktion af indkomne og udgående varer. Desuden giver systemet dynamisk feedback på den lærendes handlinger.



*Robotagenterne* er simple eller semikomplekse, hvor f.eks. Smart Blocks er simple, og roBlocks er semikomplekse. Flow Blocks agenterne konfigureres umiddelbart på samme måde i hvert forsøg, idet der er input-enheder, hvor brugeren f.eks. med en knap kan manipulere og påvirke simulationen.

*Omgivelserne*: Systemet sanser omgivelserne gennem ændringer i senorenhederne. De lærende er en del af omgivelserne og påvirker sensorerne. De lærende får en fysisk erfaring med et konkret matematisk eller fysisk emne. Og de får feedback fra systemet, alt afhængig af hvordan de konstruerer eller på anden måde påvirker systemet.

---

### 4.7 OPSAMLING PÅ ROBOTSYSYSTEMER TIL UNDERVISNING

---

Først er der en generel opsamling på robotlæremidler, derefter er der en mere specifik opsamling på singulære og modulære robotlæremidler

#### **Generel opsamling**

Robotlæremidler er særligt anvendelige til undervisning i abstrakte begreber og tredimensionel repræsentation (Marshall, 2007)(Zuckerman, 2005)og (Girouard, 2007). Man kan sige, at abstrakte kontekster bygger bro til fysisk og håndgribelige kontekster og vise versa. Netop Bateson har fokus på at læring bedst foregår, når kontekster krydses (Bateson, 1972).

Af mulige læringsmæssige fordele ved sådanne systemer fremhæves, at den sensoriske eller sanselige erkendemåde er tæt forbundet med den kognitive erkendemåde (Marshall, 2007)(Piaget, 1947). Den dynamiske og fysiske interaktion, der forgår med disse læremidler, vil også kunne understøtte læreprocessen, idet læring foregår netop igennem interaktion med omgivelserne (Bateson, 1972).

Derudover kan robotlæremidler virke motiverende og legende, og dette kan også understøtte læreprocessen (Nielsen, 2008). Da læremidlerne er håndgribelige, kan de understøtte kollaborativ læring i mindre grupper (Fernaesus, 2005 og Stanton, 2001).

Og endelig bygger flere af eksemplerne på, at den lærende er kreativ konstruerende og aktivt delta-gende i læreprocessen (Papert, 1980)(Resnick og Rusk, 2008).

Af mulige ulemper ved robotlæremidler er, at det kræver noget ekstra af undervisere at anvende sådanne læremidler, og at mange af de nævnte læremidler er eksperimentelle prototyper.

#### **De singulære robotlæremidler**

Paperts ide var at kombinere fysisk interaktion, programmering, konstruktion, kreativitet og udforsken. Konceptet bygger bro over en abstrakt programmerings- eller matematikkontekst til en fysisk kontekst. I den fysiske kontekst bliver den lærendes ideer og faglige forståelse konkret omsat til fysisk konstruktioner. Den lærende kan med det samme se, om han fik konstrueret f.eks. en cirkel, eller om

han skal tilbage og justere koden. Koden tilpasses i en adaptiv proces mellem den lærende, robotsystemet og omgivelser.

Papert ideer har i høj grad dannet skolet for robotlæremidler, og det kan f.eks. tydeligt ses i LEGO MINDSTORM og PicoCricket. Disse produkter kombinerer også fysisk interaktion, programmering, konstruktion, kreativitet og udforskning. Konstruktion er dog her mere end, at robotten trækker et spor. Her skal de lærende selv bygge robotter efter for-godt-befindende eller på baggrund af opskrifter. Programmeringsdelen er den samme, men mere varieret her, fordi der er en række sensorer og aktuatorer, der skal bringes til at fungere på den måde, man ønsker det. Læringsopgaven går her mere kompleks end hos Papert, idet der ud over programmeringsarbejdet også skal bygges en passende robot. Disse produkter stiller særlige krav til underviseren om, at have udtænkt og afgrænset en særlig opgave.

Den tredje kategori af singulære robotter var de digitale legepladser til leg, læring og bevægelse. Lappset har udviklet type legeplads, hvor en lærer eller børn og unge selv kan udvikle nye spil til legepladsen. I legepladsen på Rosengårdskolen i Odense (jævnfør afsnit 4.3) er det dog først og fremmest lærere, som øver sig i at udvikle spil. Disse spil vil kunne bruges i undervisningen.

Samlet set har disse tre kategorier af singulære robotlæremidler en programmeringsfacette, som kombinerer abstrakt intellektuelt læring med en fysisk og håndgribelig læring. Læremidlerne bygger bro mellem en fysisk kontekst og en teoretisk kontekst. De tre kategorier bygger på konstruktion af programmering, spilelementer eller fysisk konstruktion.

### **De modulære robotlæremidler**

I-BLOCKS og de robotteknologiske fliser er baseret på den samme ide og bygger på den samme type teknologi. Begge platforme er udviklet af den samme forskningsgruppe på Center for Playware. Platformene kan så tilpasses forskellige domæner som f.eks. sundhed, rehabilitering, leg eller læring.

Interaktionen med I-BLOCKS er baseret på, at man i læringssituationen vender, drejer eller ryster klodserne, og sætter dem sammen. De reagerer så med lys eller lyd. Fliser kan også sættes sammen i vilkårlige mønstre. I den konkrete aktivitet vil interaktionen bestå i, at brugeren hopper rundt på fliserne eller på anden måde aktiverer tryksensorerne. Den fysiske interaktion med klodserne er mere varieret til gengæld bevæger brugeren sig mere på fliserne.

I-BLOCKS og robotteknologiske fliser er interessante fra et undervisningsperspektiv med varierende målgrupper:

- (1) Ingeniørstuderende, som udførte systemudvikling på fliseplatformen, hvilket var givende både med hensyn til programmeringsforståelse, robotteknologisk forståelse, erfaring med distribuerede systemer, spilforståelse etc.
- (2) Børn i indskolingen, der vil kunne anvende kuberne til illustration af abstrakte emner, f.eks. matematik eller musikforståelse.

De øvrige tangibles til matematik og fysikundervisning er medtaget for at vise, hvad der findes af systemer, som er beslægtet med mine eksperimentelle designeksperimenter i kapitel 6 og 7.

Derudover har flere af disse tangibles virket som inspiration - det drejer sig særligt om roBlocks, System Blocks og Flow Blocks. RoBlocks fysiske design er sammenligneligt med I-BLOCKS, bortset fra I-BLOCKS består af en række identiske agenter, som kan sættes sammen, hvorimod hver enkelte roBlock har en dedikeret opgave, hvilket umiddelbart giver mere fastlåst brug. Undervisningsideen med flow Blocks og System Blocks virker spændende og inspirerende.

Robotagerne til matematik og fysik var for de flestes vedkommende relativt simple, og der var et relativt lille fokus på at udvikle en kompleks robotagent. Læringsmålene er komplekse og ambitiøse, idet der ofte tages fat i temaer, som i forvejen er svære at forstå. Temaerne er ofte af abstrakt og ikke lineær karakter (Zuckerman, 2005a). Disse agenter er eksempler på, hvordan fysisk simulation ved hjælp af tangibles illustrerer abstrakte begreber og gør disse begreber fysiske og håndgribelige.

Samlet udviser de modulære robotsystemer en kompleksadfærd, fordi de både kommunikerer med hinanden og omverdenen. Dette giver nogle, særlige muligheder fra en designvinkel, til at gøre nogle komplekse abstrakte sammenhænge fysiske og konkrete i en undervisningssammenhæng.

## 5 FORSKNINGS- OG DESIGNMETODE: DESIGNBASERET AKTIONSFORSKNING

---

I dette kapitel introduceres afhandlingens forskningsmetode – designbaseret aktionsforskning. Metoden er inspireret af aktionsforskning, som den blev beskrevet af Kurt Lewins (Lewin, 1946) og af design-based research (van den Akker, 2006). Aktionsforskning sætter fokus på iterative problemløsende processer, hvor målet er adfærdsændringer. Design-based research retter sig derimod mod design af læreprocesser med forudplanlagte læringsmål og med teknologi som middel. Sigtet er dannelse af ny viden. Hverken aktionsforskning eller design-based research har fokus på åbne digitale designprocesser, hvor krav og mål gradvist formuleres og spidises til. Derfor inkluderes elementer fra interaktionsdrevet design også kaldet Interaction Design.

Kapitlet introduceres med en diskussion af designteknikker, hvor interaktionsdrevet design vælges som den designteknik, der skal anvendes i forbindelse med forskningsmetoden.

Forskningsmetoden sætter fokus på den nye viden, der skabes og på adfærdsændringer. Designteknikken er en underlæggende teknik, som sikrer, at der er fokus på de konkrete designprocesser.

Herunder er en oversigt over kapitlets opbygning:

- 1) Designteknikker, hvor fokus er på designprocesser: Der tages udgangspunkt i tre alternative tilgange til design: (1) Læringsmåldrevet design; (2) Teknologidrevet design; (3) Interaktionsdrevet design.  
Teknikkerne styrker og svagheder fremhæves. Min position ligger i et spændingsfelt mellem disse tre metoder, men med hovedvægt på interaktionsdrevet design.
- 2) Forskningsmetode, hvor fokus er på forskning, ny viden og ændring af adfærd: Der redegøres for, hvordan den anvendte overordnede forskningsmetode er inspireret af aktionsforskning. Aktionsforskning beskrives med udgangspunkt i Kurt Lewin, som var den første, som beskrev metoden. Derudover vil der gøres rede for, hvordan aktionsforskning i dag anvendes i forbindelse med læreprocesser, teknologi og design. Derefter konkretiseres fremgangsmåden for de eksperimentelle aktionsforskningsforløb fra start til slut.
- 3) Til slut udledes der er generisk designbaseret aktionsforskningsmodel, som overordnet passer på projektets eksperimentelle cases, og som vil passe til designbaserede forskningsforløb som ligger i feltet design af læreprocesser og teknologi.

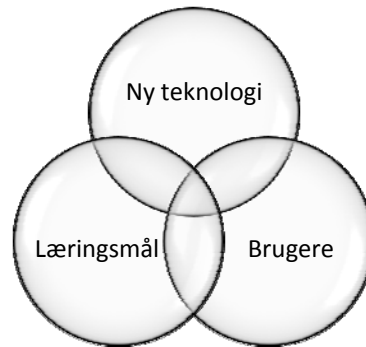
---

### 5.1 LÆRINGSMÅL -, TEKNOLOGI- OG INTERAKTIONSDRETVET DESIGN PROCES

I forbindelse med digitale designprocesser er der forskellige steder, designere kan have fokus. Vi kan tage afsæt i et bestemt funktionelt mål, f.eks. et fastlagt læringsmål, og så målrettet udvikle en teknologi, som understøtter opfyldelsen af det givne mål. Alternativt kan vi være optaget af at designe brugerens oplevelse i en dialog med brugeren, hvor målene først bliver klare i løbet af dialogen, og hvor

teknologien blot er er middel (Sharp, 2007). I den anden ende af spektret kan vi fokusere på selve teknologien og være optaget af at udfolde dens potentialer mest muligt. Her vil vi måske lede efter brugere og brugssituationer, der egner sig til dette.

For at kunne vælge den mest brugbare tilgang til udvikling af læremidler er det vigtigt at beslutte, om fokus skal lægge på nyskabende teknologi, præcise forudbestemte læringsmål eller på, hvordan målgruppen kan inddrages for at gøre læremidlet brugbart. Disse tre parametre er i dette projekt udvalgt som de vigtigste. Nedenstående figur (Figur 37) viser, at fokus i design processen ofte er et samspil eller en konflikt mellem skabelse af ny teknologi, faste læringsmål og inddragelse af brugere.



FIGUR 37. FORSKELLIGE FOKUSOMRÅDER I DESIGNPROCESSEN AF DIGITALE LÆREMIDLER

I det efterfølgende vil jeg gøre rede for de tre forskellige drivkræfter i designprocesser. Der vil blive diskuteret fordele og ulemper ved de tre drivkræfter inden for design metode.

---

### 5.1.1 LÆRINGSMÅL SOM FOKUS I DESIGNPROCESSEN (DESIGN-BASED RESEARCH)

---

Design-based research er et eksempel på en læringsmåldrevet forskningsmetode og bygger på tidlig brugerinddragelse. Metoden er måldrevet i den forstand, at læringsmålene formuleres i begyndelsen af forløbet og fastholdes som omdrejningspunkt i den iterative design proces (Decker 2006:19). Brugere inddrages i et iterativt forløb for at klarlægge, hvordan læremiddel og læringsforløb bedst designes for at kunne møde de i forvejen fastsatte læringsmål. Skabelse af ny og uprøvet teknologi er ikke et fokuspunkt i denne metode. Teknologi tilpasses hovedsageligt og kombineres på nye måder for kunne leve op til de planlagte læringsmål.

Design-based research er en metode, som bruges i forbindelse med design af læreprocesser, studieordninger, pensum, læseplaner og teknologiske artefakter. Barab og Squire (2004) har været blandt de første, som beskrev denne nye forskningsmetode i 2004. Metoden består af et iterativt udviklingsforløb, hvor der er brugerinddragelse i hver iteration. Dette efterfølges af en retrospektiv analyse af disse processer. Forskningsmetoden kan beskrives som:

*“The work can involve the development of technological tools, curriculum, and especially theory that can be used to understand and support learning” (Barab & Squire, 2004:1).*

Design-based research anvendes ofte i tværfaglige forskningsprojekter, hvor forskeren udvikler værktøjer og pædagogiske modeller, som giver en bedre forståelse af nye pædagogiske teorier og

læreprocesser (Barab& Squire 2004:2). Inddragelse af målgrupper finder sted i naturlige omgivelser, som i dette projekt er klasseværelset. Inddragelsen sker i form af gentagende interventioner med målgruppen. Målgruppen er deltagere - ikke objekter.

Der kan indgå udvikling af teknologiske artefakter, men ikke nødvendigvis. Der er derfor ikke så meget fokus på teknologiudviklingsdelen i beskrivelsen af metoden.

I praksis inddeler metoden processen i tre faser (Decker, 2006:19): (1) Forberedelse af eksperimentet herunder formulering og fastlæggelse af læringsmål, forskningsmæssig intention og planlægning af forløb; (2) design eksperimentet, som forløber iterativt cyklisk over en periode på et antal måneder, hvor den planlagte undervisning med et evt. teknologisk læremiddel udvikles, afprøves og tilpasses. Det vil typisk være forskergruppen, der tager ansvaret for en gruppe elever eller studerende i en periode; (3) Den retrospektive analyse, hvor det indsamlede materiale behandles. Materialet vil typisk bestå af videofilmede lektioner og interviews med elever og undervisere.

Denne type forskning bygger altså på en tæt kobling mellem læringsmål og innovation. Designere bygger teknologi, som baserer sig på en given læringside (Decker, 2006:10). Faglige læringsmål formuleres altså inden første intervention, f.eks. matematiske læringsmål.

*“..a classroom design experiment typically begins with the clarification of the mathematical learning goals”(Gravemeijer, 2006:19)*

Det vil sige, at først formuleres faglige læringsmål og fagligt udgangspunkt, derefter designes der et digitalt læremiddel og en proces som passer. Det kan dog godt være vanskeligt i praksis at fastfryse sådanne mål fra begyndelsen af et projekt, hvor man endnu ikke har fulgt kendskab til målgruppen, læremiddel og didaktik.

Af samme grund vil denne metode skulle tilpasses for at kunne passe til virkeligt innovative designprocesser. I sådanne er man ved projektets begyndelse ikke helt klar over, hvor meget teknologien vil kunne støtte og styrke læreprocessen. Man vil ikke altid kunne få en teknologi til at løse præcist de opgaver, man planlægger. Det kan også være, at teknologien viser nogle muligheder og potentialer, som ikke ses fra begyndelsen.

Og endelig har metoden altså ikke ensidigt fokus på teknologiudvikling, men mere på udvikling af læreprocesser, hvori der kan indgå teknologi.

---

### 5.1.2 DESIGN-BASED RESEARCH I RELATION TIL UDVIKLING AF ROBOTTEKNOLOGISKE LÆREMIDLER

---

Fordelene ved Design-based research til brug i denne afhandling bygger på følgende nøgleord:

- (1) Iterativ udvikling;
- (2) Interventioner med målgruppen;
- (3) Finder sted i naturlige omgivelser;
- (4) Kan bygge på brug og design af digitale værktøjer ;
- (5) Fokus på læreprocesser;

- (6) Design af en praksis – ikke blot test af en hypotese;
- (7) Egner sig til tværfaglige forskningsprojekter.

I de eksperimentelle cases er der brug for at få forståelse af målgruppens faglige niveau og potentialer, før det kunne udvikles en endelig prototype. Den iterative udvikling understøtter dette.

Derudover er det en fordel, at der i hver iteration er intervention med målgruppen, således at de ideer, der fremkommer undervejs i projektet, kan afprøves på målgruppen. Ideerne kan være af didaktisk karakter eller det kan være nye lærings spil i den digitale artefakt.

Naturlige omgivelser er i dette projekt klasseværelset. Interventionerne forgår i klasseværelset. Dette gøres, fordi det får lærer og elever til at tænke i læringsbaner. Og det er også børnenes og lærerens egen hjemmebane. Det betyder, at målgruppen ikke vil være tynget af at blive observeret på samme måde som, hvis interventionerne foregik i et af universitets laboratorier.

Metoden kan inkludere design af nye teknologiske værktøjer, og samtidig sættes der fokus på læreprocesserne. Begge disse kvaliteter er essentielle i dette projekt. I dette projekt skal design af digitale læremidler give en rigere forståelse af læreprocesser. Essensen i dette projekt er netop at give nye forståelser af læreprocesser med robotteknologiske læremidler som omdrejningspunkt. Læremidler kan både være et omdrejningspunkt i den teknologiske designproces og efterfølgende som færdigt artefakt. I dette projekt vil fokus dog hovedsagelig være på, hvad der sker i designprocessen.

Design-based research bygger på design af en praksis, hvor der i dette tilfælde indgår digitale læremidler. Metoden går ikke ud på at teste en pre-defineret hypotese. I dette projekt er der nogle forforståelser af, hvad der foregår i læreprocesser, og disse forforståelser bringes i spil undervejs i projekter. Resultatet af forskningen er ikke kun at afgøre, om en given hypotese holdt, det er snarere at udvikle et bud på en ny pædagogisk praksis, hvor det teknologiske læremiddel er en aktiv partner.

Sidst men ikke mindst egner metoden sig til tværfaglige forskningsprojekter, som ligger i feltet af læring og teknologi. Metoden har både været anvendt af forskere med teknologisk baggrund og med en mere humanistisk baggrund.

Ulemper ved Design-based research i forhold til dette projekt:

- (1) Metoden bygger ikke altid på design af ny teknologi;
- (2) Metoden i van Akkers og Deckers forstand har rigide læringsmål.

Metoden bygger ikke nødvendigvis på udvikling af ny teknologi i designprocessen, det kan lige så godt være nye anvendelser af eksisterende teknologi. Derfor er metoden ikke så detaljeret vedrørende inddragelse af teknologiske designprocesser. Og fordi metoden kredser om nogle faste mål, kan den ikke bruges direkte i udviklingen af f.eks. "Fraction Battle", hvor læringsmålene først kunne afklares undervejs.

Design-based research, som den er beskrevet i van den Akkers bog (van den Akker, 2006), bygger på prædefinerede læringsmål, hvilket ikke egner sig dette projekt. Gravemeijer argumenterer for, at det er vigtigt i under forberedelsen af eksperimentet at formulere læringsmål, så man ikke blot bygger videre på, hvad der netop er tradition for inden for det givne felt. Gravemeijer mener, at forskeren må gå problemorienteret til værks og finde ud af, hvad der kernen er i f.eks. et konkret matematisk aspekt

(Gravemeijer, 2006:19), og at dette skal foregå inden de konkrete eksperimenter begynder. I dette projekt er der brug for at kunne tilpasse læringsmålene til målgruppens potentialer og til teknologien potentialer. I dette projekt er der ikke så meget erfaring med inddragelse af robotteknologi som omdrejningspunkt for læreprocesser. Derfor skal det igennem eksperimenterne afklares, om teknologien giver anledning til bredere eller dybere læringsmål. Til gengæld vil læringsmålene i dette projekt blive præcist formulere som en del af forskningsprocessen. Det, at målene er fastlåst i van Akker version af Design-based research, er en klar ulempe og en uhensigtsmæssig måde at arbejde med iterative udvikling. Det bremser for justering i forhold til, at forskeren får et bedre kendskab til målgruppen. Og hvis der i løbet af processen viser sig nye potentialer i teknologien, er det ikke muligt at inddrage disse. Til forskel herfra opererer Papert (1993) med at udnytte iboende læringspotentialer, som ligger i teknologien og inddrage disse på en naturlig måde.

---

### 5.1.3 TEKNOLOGISK FOKUS I DESIGNPROCESSEN

---

I en teknologisk drevet designproces har man nogle teknologiske krav, som man i første omgang forsøger at opfylde. Metoden bygger på, at der formuleres teknologiske mål, og at brugere først til sidst i forløbet inddrages som testpersoner. Konkrete præcise læringsmål vil ikke blive et resultat af en teknologisk drevet designproces, men metoden vil kunne afklare, om den givne teknologi vil kunne egne sig til brug i undervisningssammenhæng. Metoden kan være iterativ eller følge vandfaldsmodellen. Hvis metoden er iterativ vil forskellige teknologiske delmål blive udviklet undervejs.

Et konkret eksempel Jacob Niensens udvikling af I-BLOCKS, som er et multiagentsystem, hvor interaktionen er en slags fysisk programmering. Disse I-BLOCK's kan blandt andet bruges som et lærerigt teknologisk legetøj til børn (Nielsen, 2008). I første omgang blev disse kuber udviklet til en mere generel brug for at arbejde datalogisk og elektroteknisk med interaktive multiagentsystemer. Da der så var en brugbar prototype, udvikledes der efterfølgende en musikapplikation, som kan bruges som et lærerigt legetøj. I en teknologisk drevet proces vil man først udvikle en robot og derefter udføre eksperimenter med målgruppen. Konkrete specifikke detaljerede læringsmål har i det konkrete eksempel ikke været i fokus, idet fokus har været på nyskabende teknologi og oplevelse, og derefter at børnene kunne få en form for musikforståelse. I denne case har der dog været mange forsøg med brugere hvor musikapplikation langsom er blevet tilføjet det robotteknologiske interaktive agentsystem. Brugere blev dog først inddraget i den sidste del af udviklingsprojektet.

En motivation for at vente til langt henne i udviklingsforløbet med at involvere brugere kan være, at udviklerne ønsker at udforske nogle teknologiske muligheder og potentialer, og at dette er det egentlige omdrejningspunkt for det givne projekt. Det kan være at en ny type teknologi skal modnes rent teknisk, inden det giver reel mening at inddrage brugere.

Et andet eksempel er innovation af real time "bare-hand-tracking" prototype som joystick for 3D games (Schlattmann, 2009:59). Her bruges den bare hånd som joystick, hvor en applikation via tre kameraer fortolker håndbevægelser. Således, at når man i First-Person-shooter-spillet Quake ønsker at skyde en virtuel fjende, så peger man med sin pegefingert og skyder ved at vrikke lidt med tommelfingeren. Egentlig brugerinddragelse fandt først sted, da der var en anvendelig bare-hand-tracking proto-



type. Et andet eksempel kunne være i forbindelse med spiludvikling, her vil brugere ofte blive inddraget sent i forløbet som testere, med det formål det er at sikre at spillet fungerer formelt korrekt og at det er tilpas udfordrende (Fullerton, 2008:3)

I forbindelse med design af nye teknologiske applikationer vil man i praksis opleve, at de teknologiske udviklere udvikler et givent produkt eller prototype og så til sidst i forløbet udfører en serie af eksperimenter, som involverer brugere. Projektet bliver på måde drevet af teknologernes ide, og testresultaterne sikrer, at produktet gøres brugbart.

Dette er altså eksempler på en teknologiceret designproces.

---

### 5.1.4 TEKNOLOGISK FOKUS I FORHOLD TIL UDVIKLING AF ROBOTTEKNOLOGISKE LÆREMIDLER

---

Teknologisk fokus bygger udvikling af nyskabende teknologi. I et ingeniørmiljø, som udvikler innovative teknologiske prototyper. Hvor der indgår nyt design af hardware og software, vil denne udviklingsform ofte være udbredt. Det vil langt hen af vejen være en stor udfordring at udvikle sådanne prototyper til et brugbart niveau. Til gengæld vil man undervejs i udviklingsprocessen få løst en masse tekniske problemstillinger, som siden kan bruges til kommercielle og brugbare produkter. En sådan type udviklingsfokus vil kunne fastslå, at en given teknologi vil kunne bruges som et læremiddel. En fordel kunne altså være at nye typer af teknologi bliver skabt, som så siden vil kunne tilpasses og videreudvikles i samspil med brugere.

I cases som Fraction Battle og Number Blocks er den teknologi, der tages udgangspunkt i grydeklar til at blive afprøvet af brugerne (se kapitel 6 og 7). Der tages udgangspunkt i eksisterende hardware og software. Softwaren re-designes og videreudvikles, således at aktiviteterne bliver til læringsspil. Det teknologiske udgangspunkt var så færdigt, at det umiddelbart kunne bringes i spil blandt målgruppen.

Ulemper ved teknologisk drevet design i forhold til dette projekt:

- (1) Sen brugerinddragelse;
- (2) Ingen afklaring af læringsmål;
- (3) Intet fokus på læreprocesser og didaktik.

I forhold til denne type cases vil en sen brugerinddragelse være en klar ulempe, idet at de nye læremidler skulle skabe en praksis omkring brug af robotteknologiske læremidler, hvor der undervejs skal formuleres præcise læringsmål. Derudover vil det være svært at præcisere eller afprøve præcise faglige læringsmål på målgruppen, idet de ikke inddrages så meget i denne type udvikling. Desuden vil et teknologisk drevet projekt ikke give nogen ny viden om læreprocesser, idet målgruppen kun inddrages meget perifert, og at der derfor ikke bliver særlig righoldigt observationsmateriale. Teknologisk drevet design i sin rene form finder jeg derfor ikke egnet som metode i cases som Fraction Battle og Number Blocks.

Derudover er teknologiskdrevet design, som den er beskrevet her, en teknik, som kan bringes i spil sammen med en egentlig forskningsmetode. Det er en teknik, fordi der ikke gøres rede for forsknings-

aspekter som f.eks. forskningsmål eller validitet. Teknologiskdrevet design er en metode, som har fokus på udvikling af et konkret teknologisk produkt. Denne designmetode/teknik kan derfor ikke stå alene i et forskningsprojekt.

---

### 5.1.5 INTERAKTIONDRETVET DESIGN

---

I interaktiondrevet design eller Interaction Design er der fokus på at inddrage brugerne fra begyndelsen, og diverse mål og teknologi udvikles i samspil med brugerne (Sharp, 2007). Interaktionsdrevet design introduceres herunder.

Når mål og teknologi udvikles i samspil med brugerne, vil designet af produktet i nogen grad retning afhængig af, hvad brugernes respons er. Dette betyder, at de præcise læringsmål afklares og præciseres undervejs i designprocessen. Designet kan bestå i udvikling af software fra grunden, eller der kan tages udgangspunkt i eksisterende teknologi, der så tilpasses og videreudvikles. Den type design har sit udgangspunkt i forskningsfeltet "Human Computer Interaction" (HCI). Der er tre vigtige karakteristika ved denne type design:

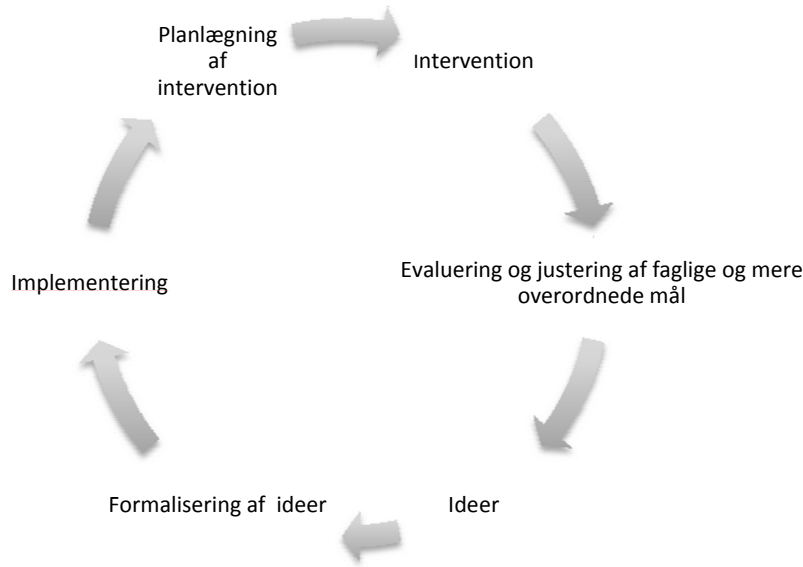
- (1) Tidligt fokus på brugere og deres aktiviteter, dvs. brugerobservationer, f.eks. observation af almindelig klasserumsundervisning;
- (2) Interventioner med brugere, hvor de afprøver ideer, koncepter og prototyper;
- (3) Iterativt design; gradvis afklaring af specifikke mål.(Sharp, 2007:425)

Interaktionsdrevet design, også kaldet brugerdrevet design, sætter fokus på samspillet mellem bruger og teknologi. Designteknikken retter sig ikke mod noget specifikt domæne, og kan bruges til udvikling af administrative systemer, såvel som læremidler.

Der er fokus på, at brugerne observeres, inden den egentlig design proces påbegyndes for at give designerne en for-forståelse af den hverdag, hvor systemet skal anvendes. Det handler om at få en forståelse af målgruppens adfærd og det specifikke domæne, som systemet skal fungere i.

Brugerne inddrages i udviklingen, inden der er en teknologisk prototype. Brugere bliver bedt om at tage stilling til f.eks. simulationer af brugerscenarier på papir.

Teknikken er iterativ, og brugerne bliver involveret i de løbende interventioner, hvor fejl rettes og systemet gradvist designes og redesignes. Derudover afklares de konkrete mål undervejs i udviklingsprocessen. Den enkelte iteration ser ud som på Figur 38 herunder. Hver iteration begynder med en intervention, som herefter bliver evalueret. Faglige mål bliver justeret, og efterfølgende bliver der genereret ideer til nye elementer, som kan operationaliseres og implementeres i læremidlet eller didaktikken. Efter den givne implementering planlægges næste intervention. Planlægningen består i at udforme en slags drejebog for intervention med roller, aktiviteter og formål.



FIGUR 38. SKITSE AF DEN ENKELTE ITERATION

---

### 5.1.6 INTERAKTIONSDREVET FOKUS I FORHOLD TIL UDVIKLING AF ROBOTTEKNOLOGISKE LÆREMIDLER

---

Fordelene ved interaktionsdrevet design i dette projekt bygger på følgende nøgleord:

- (1) Iterativ udvikling;
- (2) Bruger involvering;
- (3) Trinvis afklaring af mål.

Iterativ udvikling med involvering af brugere i hver iteration egner sig til udvikling af digitale læremidler, hvor der i forvejen måske ikke er en tilbundsgående forståelse af målgruppen og teknologiens potentialer. Det er de samme fordels-argumenter som i Design-based Research. Denne teknik understøtter i modsætning til Design-based Research gradvis afklaring af læringsmål, hvilket er en fordel i forhold til udvikling af robotteknologiske læremidler, hvor det er uklart hvad der er af potentiale i målgruppen og teknologien.

Ulemper ved teknikken:

- (1) Ikke specielt rette mod design af læremidler
- (2) Gradvis afklaring af mål kan virke forvirrende og kan flytte fokus
- (3) Brugere får ikke nødvendigvis de radikalt nye ideer.

Der er en at interaction design ikke er specielt rettet mod design af læremidler, dvs. at der ikke er speciel fokus på at observere læreprocesser.

Derudover kan den gradvise afklaring af mål virke forvirrende og man skal passe på ikke at tabe fokus, eller komme til at fokusere på uvæsentlige detaljer.

Endelig kan der være en tendens til, at produktet kommer til at reproducere eksisterende normer og arbejdsformer i brugernes praksisfællesskab. Når vi spørger brugerne om, hvad de har brug for, og

hvordan de vil have det, svarer de i overensstemmelse med normer og erfaring. Og det kan især være svært for en vel-socialiseret bruger at udfordre sine egne normer og erfaringer. I en teknologisk drevet designproces kan en helt ny teknologi bruges som murbrækker for radikalt nye tilgange. Denne risiko kan modvirkes ved at inddrage brugerne i en udforskning af mulighederne ved den teknologiske platform og ved at skabe designprocesser, hvor samspillet mellem tavs og eksplicit viden bruges som dynamik for innovativ og transcenderende læring, jævnfør 2.4 *Trin 4: Innovativ og emergerende viden på baggrund af dynamik*.

Derudover er designmetoden en teknik, som kan bringes i spil sammen med en egentlig forskningsmetode. Det er en teknik, fordi der ikke gøres rede for forskningsaspekter som f.eks. forskningsmål eller validitet. Interaktionsdrevet design er en teknik, som har fokus på udvikling af et konkret teknologisk produkt. Denne designteknik kan derfor ikke stå alene i et forskningsprojekt.

### 5.1.7 SAMMENLIGNING AF DE TRE TILGANGE

Hvad er så styrker og svagheder ved de tre tilgange? Herunder sammenlignes de tre tilgange til design af læremidler, se Tabel 2.

TABEL 2 OVERSIGT OVER DE TRE TILGANGE TIL DESIGN

Drivkraft	Mål	Brugerinddragelse	Teknologi
<b>Læringsmål</b>	Nagelfaste læringsmål	Brugerne inddrages så snart målene er formuleret.	Det teknologiske produkt/design underordnes de prædefinerede læringsmål
<b>Teknologi</b>	Justerbare læringsmål Nagelfaste teknologiske mål	Brugere inddrages som testere i når den teknologiske platform er på plads og bruger deltager som testere, f.eks. to gange for at justere bruger interface og vurdere potentiale for applikation	Design af nyskabende teknologi med fokus på teknologiske eller datalogiske aspekter
<b>Interaktion - brugere</b>	Justerbare mål Mål justeres i løbet af designprocessen	Brugerne er med fra begyndelsen. Brugerne deltager i gennem flere iterationer	Teknologien designes i samspil med brugere. Brugernes feedback påvirket det teknologiske design

Styrken ved en læringsmål-drevet design er, at man ved, hvor man skal ende, og man bliver ved indtil man er der. Man kan desuden formulere faglige mål, som ligger tæt op af eksisterende pensum eller fra begyndelsen nytænke pensum ud fra en faglig eller pædagogisk ide. Ulempen ved denne metode er, at

man kan blive fastlåst, idet man ikke kan inddrage brugererfaringer fra testsituationen med mindre de passer til målene. På den måde bliver brugerne i højere grad testpersoner og i ringere grad meddesignere af læreprocessen. Ufravigelige mål vil også kunne blokere for udnyttelse af eventuelle potentialer, som ligger iboende i teknologien eller bygge på f.eks. spildynamikker, som passer ind, hvis læringsmålene så skulle bredes ud eller på anden måde justeres. Samlet kan man sige at denne metode er i modsætning til designprocesser, som drives frem af brugerne og design processer drevet af teknologiske innovation.

Fordelen ved teknologidrevet innovation er, at den teknologiske udvikler får mulighed for at afprøve nye og uprøvede teknologiske landvindinger. Og ud fra den synsvinkel er den teknologisk drevne innovation uundværlig. Svagheden ved metoden viser sig i arbejdet med interaktive produktioner, hvor brugere er centrale partnere i processen eller bliver det i en brugssituation. Ulempen ved teknologidreven udvikling er, at man ikke får inddraget brugere tidligt i udviklingsprocessen og måske dermed får drejet fokus fra noget ikke brugbart til noget brugbart. Denne metode kommer på den måde til at stå i modsætning til design der drives frem af brugerne og læringsmål styret design.

Fordelen ved interaktionsdrevet design er, at brugerne kommer til at opleve produktet som brugbart. De vil kunne genkende deres egne ideer i det færdige produkt. Derudover vil der være fokus på, at interaktionen bliver meningsfuld, og det vil kunne bygges ind i designet fra begyndelsen. Desuden vil der ved brugerinddragelsen skabes en følelse af medejerskab for brugerne. Da f.eks. læringsmål ikke er ligger fast, vil det kunne være noget tilfældigt, hvor et sådan projekt ender, dette kan også være en ulempe. Hvis al tiden på brugergrænsefladen vil der endvidere være en risiko for at den underlæggende tekniske funktionalitet nedprioriteres. Der skal altså i interaktionsdrevet design balanceres mellem mål, teknologi og brugerinddragelse. Ulempen ved denne tilgange kan være risikoen for, at designprocesser får et flakkende fokus, og at den til sidst blot reproducerer eller justerer eksisterende praksisser og brugernes selvforståelse.

---

### 5.1.8 OPSAMLING

---

Design af læremidler vil i denne afhandling ikke være læringsmål drevet eller teknologisk drevet, men derimod drevet af brugerne som medskabere. Designprocessen vil i høj grad være drevet af interaktion med brugerne. Brugere får i nogen grad indflydelse på produktet og de får en forståelse og viden om designprocesser.

Derudover vil interventioner med brugere, teknologi og udviklere i mellem fremme interaktionsdesignet som er indarbejdet i teknologien. De pædagogiske potentialer og problemstillinger vil desuden blive belyst under interventionerne.

Læringsmålene bliver fleksible, fordi der skal tages hensyn til dels til målgruppens faktiske læringspotentialer og de muligheder, som teknologien potentielt giver anledning til. Når teknologien som i dette tilfælde er robotteknologi er der ikke så mange konkrete erfaringer med læremidler, derfor ligger den teknologiske potentialer for at støtte læreprocesser heller ikke helt fast.

Når robotteknologien bringes i spil på nye måder, er det umuligt fra begyndelsen at kunne forudsige, hvordan målgruppen vil tage i mod teknologien. Og det er også svært at vurdere det konkrete lærings-

potentiale fra begyndelsen. Det giver derfor god mening at kunne justere sine forventninger undervejs i processen.

Konkret vil designteknikken i de eksperimenterne være inspireret af interaktions design (Sharp 2007). Og desuden teknikker som Extreme Programming og Scrum, som er en såkaldt agile teknikker der anvendes inden for software Engineering, der er karakteriseret ved at være åben for tilpasninger løbende i udviklingsprocessen. Teknikkerne er desuden karakteriseret ved korte iterationer, hvor målgruppen afprøver den nyeste version af produkter i hver iteration (Beck 2001 og Vinje 2009). Disse teknikker har fokus på produktion af software frem for produktion af dokumentation. Teknikkerne vil være underordnet den konkrete forskningsmetode som præsenteres i næste afsnit.

Metoden er, som nævnt, også forbundet med en række risici. Herunder at interaktionen med brugerne blot reproducerer brugernes eksisterende normer og arbejdsformer. Disse risici vil jeg modvirke ved at fremme et dynamisk samspil, hvor brugerne får både med- og modspil, hvor teknologiens muligheder afprøves, og hvor tavs og eksplicit viden bringes i spil i forhold til hinanden.

### 5.2 DESIGNBASERET AKTIONSFORSKNING: AKTIONSFORSKNING OG INTERACTION DESIGN

---

I det ovenstående har jeg behandlet en række tilgange til selve designsprocessen, og jeg har netop gjort rede for mit valg af en interaktionsdrevet tilgang. I det følgende vil jeg afkøre, hvordan design-tigangen skal indgå i den samlede forskningsmetode.

Forskningsmetoden skal sætte fokus på dannelse af ny teori som resultat af udviklingsforløbet, og metoden skal kunne fungere som en overlægger for designteknikken Interaction Design. Som overlæggende metode har jeg valgt en variant af aktionsforskning kombineret med et par ideer hentet fra Design-based Research.

I designprocesserne er der fokus på at gøre de lærende medskabende, dels i den måde de bruger læremidlet på, men også medskabende i designprocessen. I forbindelse med designet ønskes brugerne inddraget som deltagere og idemæssige bidragsydere. Designprocessen er praksisorienteret og interventionerne finder sted på de lærendes hjemmebane f.eks. klasserummet.

Aktionsforskning er en metode, som netop sætter fokus på sociale processer, hvor forskeren og de udforskede er aktivt deltagende (Nielsen, 2004:517 og Lewin, 1946:34). Læreprocesser er sociale processer, som består i, at de lærende ændrer adfærd på en meningsfuld måde. Undervejs i disse processer opstår nye innovationer i form af digitale læremidler, didaktik og læring. De udforskede forandres i processen, f.eks. får de en ny forståelse af teknologiske designprocesser, en ny viden om læreprocesser og en ny viden om det faglige genstandsfelt.

Aktionsforskning har været en inspirationskilde blandt en lang række andre forskningsmetoder, herunder Design-based Research. I dette projekt har jeg brug for en metode, som kan belyse den teknologiske skabelsesproces i sammenhæng med den sociale praksis, der opstår omkring dette. Og det skal samtidig være en metode, som giver anledning til righoldige observationer.

Et godt alternativ til aktionsforskning kunne være Design-based Research, hvor man kunne have justeret metoden med hensyn til rigiditet vedrørende læringsmål. Der er dog også et element, som er medtaget fra denne model, nemlig afsluttende interviews og retrospektiv analyse. Aktionsforskning har ikke i sin oprindelige form nogen retrospektiv analyse.

---

### 5.2.1 HVAD ER AKTIONSFORSKNING?

---

Aktionsforskning bygger på interventioner og eksperimentelle aktiviteter, hvor praktisk forankring og videnskab skal gå hånd i hånd (Nielsen, 2004:517). Eksperimenter og kritisk refleksion over disse er aktionsforskningens kerne. Metoden er kvalitativ og bygger på at inddrage målgruppen for forskningen som aktive deltagere i forskningsprocessen. Deltagelsen i forskningsprocessen inkluderer desuden at deltagerne bevidstgøres om forskningens mål og resultater.

Kurt Lewin (1890 -1947) anses for at være den, som grundlagde aktionsforskningen (Nielsen, 2004:517). Lewin beskriver aktionsforskningens processer som niveauer i en spiral, hvor hver cirkel består af planlægning, aktion og fact-finding om aktionens resultater:

*"...proceeds in spiral of steps each of which is composed of a circle of planning, action, and fact-finding about the result of the action" (Lewin, 1946:38)*

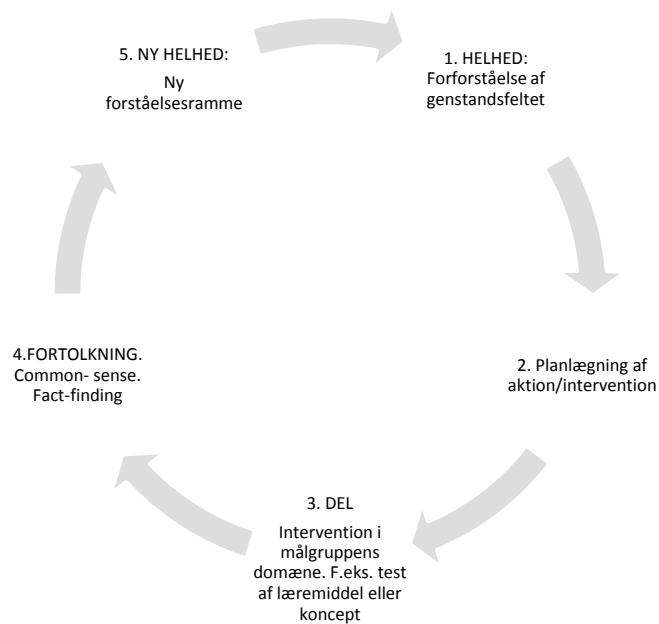
Aktionen er den fysiske intervention med målgruppen, som finder sted i målgruppens domæne. Aktionen er nøje planlagt forinden. Fact-finding har fire funktioner: (1) Aktionen evalueres; (2) Evalueringen giver planlæggerne en mulighed af at lære og opnå nye indsigter; (3) Evalueringen danner derudover grundlag for korrekt at planlægge næste skridt; (4) Og sluttelig danner evalueringen grundlag for at modificere den overliggende generelle plan (Lewin, 1946:38).

Lewin beskriver aktionsforskning som en slags "Social Engineering eller "Social Management", som udforsker betingelser og virkninger af sociale aktioner, og forskning som fører til social aktion. Lewin mener, at forskning skal føre til en reel forandring og produktion af bøger ikke i sig selv forandrende nok.

*"It is a type of action-research, a comparative research on the conditions and effects of various forms of social action....Research that produces nothing but books will not suffice." (Lewin, 1946:35)*

Aktionsforskningen er senere blevet beskrevet som en hermeneutisk videnskab (Nielsen, 2004:518), hvor viden om målgruppens sociale og kulturelle forhold bruges som udgangspunkt. Hermeneutik er en tilgang, hvor ny forståelse udvikles gennem et cirkulært samspil mellem forskerens for-forståelse og forsøg på at fortolke specifikke fænomener. Forskeren har en for-forståelse om målgruppen og forskningsfeltet, og at dette anvendes i planlægningen og udførelsen af interventioner. En intervention er i hermeneutisk forstand et forsøg på at fortolke fænomener i det empiriske felt. Interventionen afføder konsekvenser, som i en vis forstand er feltets "svar" på fortolkningen. Den enkelte intervention og dens resultater tolkes herefter og danner grundland for en ny helhedsforståelse. Forskeren er på denne måde i en fortolkende dialog med feltet. Herunder ses en figur af aktionsforskning ud fra en hermeneutisk position.





FIGUR 39. AKTIONSFORSKNING FRA EN HERMENEUTISK POSITION

Den hermeneutiske cirkel, som ses på figuren (Figur 39), betegner den vekselvirkning, der er mellem del og helhed. Delen kan kun forstås, hvis helheden inddrages og vice versa. Det er denne sammenhæng, som er meningsskabende, og som muliggør fortolkning (Højbjerg, 2004:312). I aktionsforskning er det ikke kun forskeren, som skal opnå nye forståelser, men også målgruppen, som gennem transformativt aktioner bliver ansvarlige og myndiggjorte. Gyldigheden af metoden bygger på autenticitet i erkendelsen af erfaring.

Aktionsforskning er en kvalitativ metode, som giver en ny forståelse af genstandsfeltet for forskningen, og i dette tilfælde giver aktionsforskningen en ny forståelse af læreprocesser med robotteknologi som medium. Der gives altså ikke svar på, hvor effektiv, eller hvor hurtigt man lærer. Der gives forklaring og ny forståelse af læreprocesser.

Kriterierne for validering af aktionsforskningen er, at brugerne skal opleve designet som vellykket, og at de skal kunne finde elementer fra deres deltagelse i det færdige design.

---

### 5.2.2 AKTIONSFORSKNING I RELATION TIL LÆREPROCESSER, TEKNOLOGI OG DESIGN

---

Aktionsforskning har gennem årene været anvendt i forskellige forskningskredse. Kurt Lewin forestillede sig metoden anvendt af praktikere, som ønskede en varig social forandring hos målgruppen (Lewin, 1946:34). I 1950 og 1960 havde aktionsforskningen sit gennembrud i USA og Europa i arbejds- og organisationsforskningen. I slutningen af 1950'erne kom aktionsforskningen til Skandinavien og har holdt sig i live siden. Aktionsforskningen er efter et dødvande i 1980'erne og 1990'erne ved at komme på dagsordenen igen. Aktionsforskning bruges f.eks. i forbindelse med "new production of knowledge", som bygger på lokal viden og lokale erfaringer (Nielsen 2004:518)



Aktionsforskning anvendes i dag i mange forskellige sammenhænge, herunder fremhæves et par eksempler, hvor aktionsforskning bruges i forbindelse med: (1) kollaborativ aktionsforskning i læreprocesser, hvor der indgår teknologi; (2) aktionsforskning som kvalitativ metode inden for Information Systems (IS) og (3) design af teknologi i samklang med aktionsforskning.

Herunder eksemplificeres det, hvordan aktionsforskning kan anvendes i forbindelse med undervisning, som inddrager teknologi. Det drejer sig om Center for Collaborative Action Research på Pepperdine University (Riel, 2007). Det særlige ved deres anvendelse af aktionsforskning er, at de i hver iteration formulerer et spørgsmål eller en problemstilling, som de prøver at løse. Derudover er der det kollaboartive aspekt, hvor konkrete erfaringer med aktionsforskningsprojekter dokumenteres og deles på en virtuel platform.

På Center for Collaborative Action Research arbejder forskere, studerende og praktikere for at skabe en dybere forståelse for læreprocesser og forandring af disse (Riel, 2007). Der er blandt andet et projekt om, hvordan man bedst i grundskolen får et bedre akademisk udbytte af den forhåndenværende teknologi. I dette eksempel er hver enkelt iteration dokumenteret med beskrivelser af, hvordan didaktikken blev planlagt, hvilken litteratur der lå til grund, og hvad der konkret skete under aktionerne. Denne måde at beskrive de enkelte iterationer på vil blive inddraget i denne afhandling, idet det synliggør processen, og hvordan læring konkret er indtænkt, og hvad resultaterne så blev.

Aktionsforskning i relation til forskningsfeltet "Information Systems" (IS) bliver bl.a. vurderet af Baskerville og Wood-Harper (1996). De opdeler en iteration i to hovedfaser en diagnosefase, hvor situationen/aktionen analyseres, og derefter en terapeutisk fase, hvor en ny intervention planlægges og udføres. Baskerville beskriver metodens anvendelighed i relation til forandring af informationssystemer, organisationer og interaktive processer i relation til informationsteknologi og organisationer. Blandt Baskervilles kritikpunkter er, at aktionsforskeren både er deltager og observatør samtidigt. Dette gør empirigenerering mere besværlig og med risiko for at blive for subjektiv (Baskerville, 1996).

I denne afhandling løses empirikonstruktionen ved at optage alle interventioner på video, således at det empiriske materiae siden kan vurderes i den retrospektive analyse. Derudover vil der være interview med målgruppen, både børn og undervisere. En enkelt empirikilde vil også ofte være alt for usikker, når der er mange variable på spil. Derfor anvendes der i denne afhandling både video observationer og interviews. Og der tales med flere interessenter om det samme fænomen. På den måde kan forskellige datakilder underbygge de samme konklusioner, hvilket gør dem mere valide. Der tales da om triangulering, når man ved hjælp af flere datasæt belyser det samme fænomen, og hvis de understøtter det samme resultat, siger man, at data konvergerer (Yin, 1994). I denne afhandling anvendes altså triangulering for at imødegå usikkerhed vedrørende validitet. Derudover præsenteres målgruppen for dele forskningsresultaterne og empirien, og hvis de kan genkende sig selv i dette, medvirker dette også til at styrke validiteten. Se i øvrigt kapitel 6, hvor målgruppen præsenteredes for videofilm, som var optaget i forbindelse med interventioner under designprocessen.

Avison anbefaler aktionsforskning som kvalitativ metode inden for Information Systems (Avison 1999), som fremhæver metoden, som unik i den måde den forbinder forskning med praksis.

*“(I)..recommend action research, because this particular qualitative research method is unique in the way it associates research and practice, so research informs practice and practice informs research synergistically” (Avison 1999:94).*

Som en kvalitet ved metoden fremhæver Avison er, at der er mere fokus på, hvad praktikere gør, end hvad de siger, at de gør (Avison 1999:96). Avison har i sin brug af aktionsforskning fokus på forholdet med forsker og praktiker. Deluca beskriver aktionsforskning bl.a. med udgangspunkt i Lewin. Deluca fremfører aktionsforskning som en forskningstilgang, som burde anvendes oftere (Deluca 2008) og summerer de kritikpunkter, der har været til aktionsforskning i relation til IS: (1) at aktionsforskning ikke endnu er ”mainstream” forskning, og at der er mange uklarheder om, hvordan den skal uføres i praksis; (2) at forskningen finder sted i naturlige omgivelser og ikke i laboratorieomgivelser har været kilde til kritik (Deluca 2008). Men de naturlige omgivelser og samspillet med praksis ser jeg som netop en af styrkerne i dette konkrete projekt.

Et tredje relevant eksempel på aktionsforskning er ”design aktionsforskning”, som ligger i krydsfeltet mellem design af software og aktionsforskning. Figueiredo fremhæver ”design aktionsforskning”, som en måde at udføre forskning i design af teknologi og den sociale sammenhæng den skabes ind i:

*”.. action research is particularly auspicious when action research is to be conducted in knowledge domains where design plays a central role, such as the information systems field. In this sense, it argues for the significance of “designerly action research” as a way to carry out research in information systems and examines, under this perspective, the topics of rigor, relevance, and ethics in information systems research” (Figueiredo, 2007:62)*

Figueiredo mener, at aktionsforskning og teknologiske designprocesser kan supplere hinanden. At aktionsforskningsmetoder bidrager til at give en dybere forståelse af problemfeltet, og at der i samklang mellem aktionsforskning og teknologisk design skabes nye teknologiske løsninger og meningsfulde brugermønstre. ”Design aktionsforskning” benævnes som en del af bevægelsen for ”new production of knowledge”, som er løsningsorienteret bevægelse, og som kan udføres i sociale sammenhænge, hvor teori og praksis smelter sammen i en eksperimentel designende aktionsforskningsproces (Figueiredo 2007:62).

Aktionsforskning anvendes i dag på vidt forskellig måde i vidt forskellige typer forskning, men der tages stadig udgangspunkt i Lewin. Nøgleord som går igen i litteraturen om aktionsforskning før og nu er: sammenkædning af forskning og praksis, naturlige omgivelser, iterativ proces med interventioner, varig forandring af processer hos målgruppen og målgruppen som aktive deltagere.

Der er dog en del kritikpunkter, der bør tages under overvejelse, før metoden anvendes i praksis. F.eks. at forskeren både er observatør og deltager, og at metoden er temmelig løs set fra set fra en designmæssig teknologisk synsvinkel.

---

### 5.3 DESIGNBASERET AKTIONSFORSKNING I DETTE PROJEKT

---

Forskningsmetoden i denne afhandling kombinerer elementer fra aktionsforskning og Design-based Research. Derudover anvendes interaktion design som en underordnet teknik. På nedenstående tabel

## Læreprocesser og robotsystemer

giver en oversigt over hvordan de to forskningsmetoder bidrager til den konkrete forskning i dette projekt:

TABEL 3 OVERBLIK OVER DE FORSKELLIGE METODERS BIDRAG

	Design-based Research	Aktionsforskning
Forskningsfokus	Fokus på læring, udvikling af læreprocesser som involverer digital teknologi.  Ny viden  Hermeneutisk forskningsmetode	Mere generelt fokus på ændring af: "ændring af deltageradfærd"  Ændring af praksis  Hermeneutisk forskningsmetode
Forskning versus praksis	Fokus på forskning og med stærk fokus på retrospektiv analyse	Fokus på praksis
Iterativ	Ja	Ja
Deltagelse og medskaben	Ikke noget fokus	Målgruppe som aktive deltagere, Bevidstgørelse af brugere i relation til forskningsproces Ejerskab hos deltagere
Faste versus emergerende mål	Forud fastsatte læringsmål	Emergerende mål
Fokus på software design	Nej	Nej

Ovenstående tabel forklares herunder:

*Forskningsfokus: analyse og design af læreprocesser som involverer teknologi.* Forskningsmetoden skal kunne sætte fokus på og skabe rum for analyse af læreprocesser, hvor robotteknologi er en aktiv partner. Forskningsmetoden skal kunne fungere i den tværfaglige ramme, dette phd-projekt navigerer i, altså samspillet mellem læring og robotteknologi. Design-based Research har et særlig fokus på retrospektiv analyse, som har til hensigt at ekspliciterer ny viden. Eksplicitering af ny viden om læreprocesser og robotter er altså essentiel for denne afhandling. Desuden er Design-based Research netop udviklet til at fungere i det tværfaglige felt, hvor læring og teknologi indgår. Se ovenstående tabel, første og anden række om forskningsfokus og forskning versus praksis.

*Iterativ understøttelse.* Derudover skal forskningsmetoden kunne fungere sammen med den interaktionsdrevne designmetode. Aktionsforskning og Design-based Research bygger netop på iterative cyklusser, hvori der indgår interventioner.

*Metode som grundlag for målgruppens deltagelse og medskaben.* Aktionsforskning er central, idet denne metode sætter fokus på, at målgruppen skal være aktivt handlende i forskningsprocessen. Dette spiller netop sammen med deltagelse og medskaben i læreprocesser. Se ovenstående tabel i rækken med deltagelse og medskaben.

Aktionsforskning er ikke en stringent beskrevet forskningsmetode, og der er utallige varianter, hvoraf nogle er beskrevet i forrige afsnit. I nogle varianter har der været fokus på at formulere forskellige forskningsspørgsmål i hver iteration og løbende at finde svar på disse. Andre varianter har haft fokus på at diagnosticere specifikke problemer i hver iteration. I forbindelse med f.eks. Fraction Battle (se

kapitel 6) har der i iterationerne været fokus på idegenerering af spil, læringsideer og didaktik. Derudover er der blevet diagnosticeret problemer og løst problemer i relation til interaktionen med spillet og brugen af det i en læringssammenhæng.

*Emergerende læringsmål.* Læringsmålene vil i eksperimentelle cases ikke være fast defineret forud. Målene vil gradvist blive afklaret i takt med at målgruppen og teknologien udfolder deres potentialer. Dette understøttes af aktionsforskning. Se ovenstående tabel i næstsidste række om emergerende versus faste mål.

*Understøttelser Software design.* Hverken aktionsforskning eller design-based research understøtter eksplícit software design. Teknikker fra Interaction design bidrager på dette punkt.

I artiklen i *Bilag 7: How Design-based research and action research contributes to the development of design for learning* uddybes det, hvordan de forskellige metoder komplementerer hinanden. Og hvordan de konkret har indgået i den eksperimentelle Number Block case.

---

### 5.3.1 OVERSIGT OVER FORSKNINGSPROCESSEN FOR DE EKSPERIMENTELLE CASES

---

Herunder vil den konkrete fremgangsmåde for de eksperimentelle cases i afhandlingen blive gennemgået.

For hver type case tilpasses forskningsmetoden, således at den giver mening. Forskningsmetoden egner sig til design af undervisning, hvor der indgår design af teknologi. Hvis man overordnet skal aggregere faserne i forskningsmetoden, ser modellen ud som på figuren herunder (

Figur 40):



FIGUR 40. OVERBLIK OVER DEN SAMLEDE FORSKNINGSPROCES

Jeg fremstiller her processen i et lineært forløb. Men i princippet vil processen kunne fortsætte i et cirkulært forløb – som illustreret i de foregående afsnit. I det følgende gennemgås de enkelte faser:

#### **Fase 1 er planlægning og grundlag.**

Det er i denne fase forskningsspørgsmål formuleres. Og der lægges en overordnet plan for de efterfølgende faser. Følgende skal besluttes:

- a. Målgruppen som skal deltage og medskabe udvælges

- b. Fysisk location for interventioner
- c. Antal iterationer – anslås
- d. Tidsperiode for faserne hver især
- e. Dataopsamlingsteknik
- f. Analyseteknik
- g. Foranalyse og for-forståelser

Målgruppen for cases udvalgte til at foregå i folkeskolens indskolingstrin. Der blev i hver case udvalgt en klasse, som skulle medvirke som deltagere i designprocessen. Det blev desuden besluttet at interventionerne med målgruppen, skulle foregå i klasseværelset, således at alle kunne tænke i undervisning og læring.

I hver case blev der anslået et antal interventioner 4 -6, og hvert udviklingsforløb skulle strække sig over ca. et halvt år. Dels fordi de teknologiske udviklingsprocesser skulle være relativt begrænset. Og dels for at børnene skulle kunne huske interventionerne fra gang til gang.

Det blev besluttet i kapitel 1, at den retrospektive analyse skulle foregå som kvalitativ analyse, idet det er kvaliteter ved læreprocesser med robotteknologi som omdrejningspunkt, der skal analyseres.

Empiri konstrueredes ved at videofilme interventionerne med målgruppen. Uddrag af disse optagelser blev gennemset og transskriberet. Derudover blev der foretaget semistrukturerede interviews med målgruppen, dvs. lærer og elever. Dette uddybes i forbindelse med fase 3. Flere måder at konstruere empiri på medvirker til at skabe større validitet, jævnfør forrige afsnit om aktionsforskning og triangulering.

I fase 1 er det endvidere vigtigt at beskrive for-forståelser med udgangspunkt i konkrete undersøgelser og forskningsresultater. Det er også vigtigt at være bevidst om sine normer, således at de ikke påvirker undersøgelsen på en utilsigtet måde. En generel kritik af kvalitative undersøgelser går netop på at forskningen bliver "biased" af forskerens forhåndsperspektiv på feltet (Andersen, 2003:210). For at imødegå dette er det vigtigt at forberede sig ved at ekspliciteren viden om feltet. I en hermeneutisk forskningstradition vil man ikke forsøge at hævde, at man kan ekspliciteren hele sin for-forståelse. En hver eksplicit forståelse er kun mulig på baggrund af en mere implicit for-forforståelse. Og der vil derfor altid være en ikke-eksplicit baggrund. Men vi kan selektivt ekspliciteren kritiske dele af for-forståelsen, som vi vurderer er særligt afgørende for forskningen. I mit tilfælde ekspliciteres min forhåndsviden om læringsteori og robotsystemer til brug i undervisning i kapitel 2, 3 og 4. Og i dette kapitel anvendes denne ekspliciteren til at fremme en god og valid forskningsproces. Og med god menes en forskningsproces, der egner sig til udvikling af eksperimentelle cases, som forener pædagogisk og teknologisk forskning.

Denne forhåndseksplciteren afspejler sig desuden i de eksperimentelle cases, f.eks. ved den måde empiri konstrueres og valideres på. I forhold til afsnittet om læringsteori blev didaktikken f.eks. tilrettelagt med udgangspunkt i, at nogle typer læring forgår ved en vekslen og overførsel imellem kontekster, herunder en vekslen mellem kropslig og begrebslig forståelse af emnerne. Min teoretiske antagelse har været, at dette giver en mere rig og reflekteret læring. I casene søger jeg at afprøve dette gennem observationer og udsagn fra elever og lærere. På den måde forsøger jeg at bekræfte eller afkræfte en del af min ekspliciterede forforståelse vedrørende læringsteori, uden at dette kan gøres konklusivt én-gang-for-alle. Hvis min antagelse bekræftes af flere forskellige datakilder, vil jeg

betragte den som bedre underbygget end, hvis vi den kun støttes af en enkelt – eller ikke støttes af nogen.

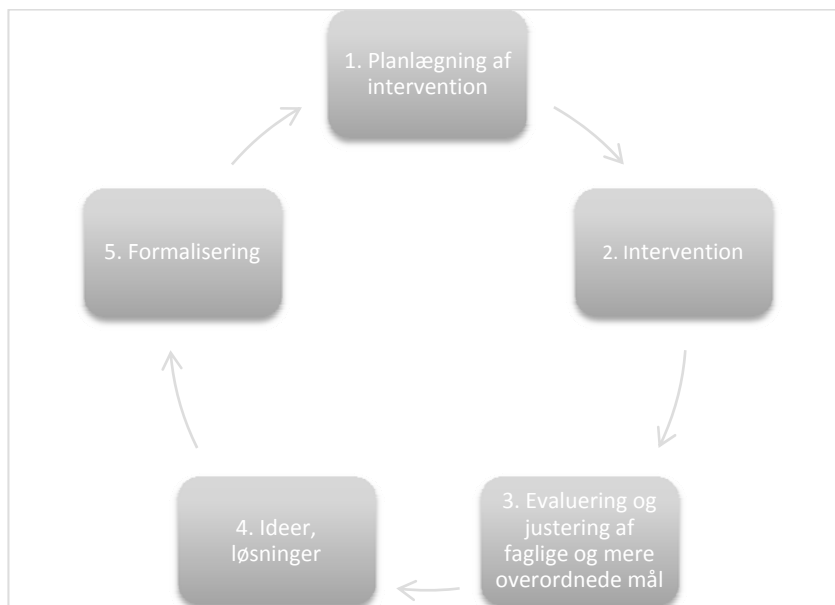
I forhold til robotlæremiddelafrnittet blev matematik forlods udvalgt som faglig emne, idet dette syntes at være et særligt lovende område for anvendelse af robotteknologi, jævnfør afsnit 4.6 om andre forskeres anvendelse af matematik og naturvidenskab i forbindelse med modulære robotter. Man kan her sige, at jeg har i nogen grad er "biased" forhold til at anvende matematik som fagligt indhold i forbindelse med de eksperimentelle cases. Min antagelse har ganske vist været, at robotteknologiske læremidler kan understøtte en mere kropsligt orienteret indlæring af abstrakte og "kropsløse" emner. Men på den anden side er det ikke en del af min eksperimentelle forskning i dette projekt at undersøge, hvilke faglige emner der egner sig bedst til brug i forbindelse med robotlæremidler. De spørgsmål jeg undersøger i denne afhandling er, hvordan læreprocesser kan kvalificeres ved hjælp af robotsystemer, og hvordan dette påvirker designprocessen.

Deruover bør der være en bevidsthed om roller i forbindelse med konkrete interventioner, og fokus det der skal observeres(se), og hvem der skal observeres se målgruppe beskrivelse i kapitel 6.

### Fase 2 Iterative interventioner

Fase 2 er den iterative interventionsorienterede designproces. Dette er den eksperimentelt designende fase.

- a) Fasen består af en række iterative interventioner med målgruppen, som hver især planlægges og evalueres grundigt undervejs. Ved interventionerne foregår der afhængig af case og stadie: idegenerering, problemløsning, usability test og test af designet, se figuren herunder.
- b) Læringsmål klarlægges undervejs.



FIGUR 41 EKSEMPEL PÅ ITERATION

### **Fase 3 Afsluttende intervention eller interviews**

Fase 3 består af en samlet evaluering af forløbet, f.eks. i form af interview eller anden form for intervention med målgruppen. Målgruppen præsenteres desuden for foreløbige forskningsresultater, hvilket er en del af aktionsforskningsmetoden.

Konkret blev undervisere og udvalgte børn interviewet. I den første case foregik interviewet af børnene som en intervention i klassen ca. tre måneder efter, designet var tilendebragt. Børnene fik vist udvalgte videoklip fra designprocessen. De fik stillet spørgsmål som knyttede sig til klippene, om hvad de havde lært og hvordan de erindrede designprocessen. Derudover var der spørgsmål som knyttede sig til teknologiske fremtidsperspektiver. Underviseren blev dels interviewet mundtligt og dels i form af et skriftligt e-mail interview.

Grunden til, at vi viste børnene klippene, var for præsentere dem for de foreløbige forskningsresultater. Derudover ville videoklippene medvirke til, at få børnene til at huske nogle konkrete episoder og scenarier, som havde med de konkrete spørgsmål at gøre, som vi gerne ville have svar på. F.eks. ville vi gerne spørge ind til deres forståelse af læringsindhold og deres rolle i designprocessen.

I forbindelse med e-mail interviewet, havde underviseren en mulighed for skriftligt at uddybe designforløbet og den læring der var forgået. Disse citater kunne så indgå direkte i analyse.

I den anden case blev børnene interviewet i en eller to mandsgrupper. Først et barn af gangen, men det viste sig, at når de var to og to kunne de i højere grad supplere hinanden. Læreren blev ved samme lejlighed interviewet. Spørgsmålene knyttede sig til det faglige indhold, spilelementer og designprocessen. Interviewene blev optaget, og der blev siden skrevet et referat af pointerne i interviewerne.

I forbindelse med interviewteknikker er der altid en mulighed for at empirikonstruktionsteknikken påvirker resultatet, eller at forskeren påvirker informanterne, og får de svar han efterspørger. Der er i disse cases derfor valgt forskellige teknikker. F.eks. fik vi for lidt viden, når vi interviewede et barn af gang, selv om der er ulemper ved at gruppeinterview, f.eks. at man kun får hørt de toneangivende (Andersen, 2005)(Fullerton, 2008).

### **Fase 4 Retrospektiv analyse af det empiriske materiale**

Fase 4 indeholder den retrospektive analyse, hvor læringspotentialer og erfaringer med forskningsmetoden bliver analyseret med fokus på forskningsspørgsmålet.

Den retrospektive analyse finder sted efter designet af hver enkelt eksperimentel case. Analysen tager udgangspunkt i analysemodellen jævnfør kapitel 2.6 *Analysemodel for medskabende, reflekterende og innovative læreprocesser*. Den imperi som indsamles undervejs i designprocessen dvs. fase 2 og 3 analyseres. I forbindelse med analysen af videosekvenser observeres der f.eks. særligt efter eksempler på deltageformer, refleksion, kontekster, innovation og kreativitet. Derudover fokuseres der på, hvordan designprocessen har bidraget til læreprocessen.

## 6 CASE 1: DESIGN AF FRACTION BATTLE ET ROBOTTEKNOLOGISK LÆREMIDDEL

---

- ROBOTTEKNOLOGI SOM CENTRUM FOR LÆREPROCESSER

**Resume** Hvad sker der når den digitale legeplads bringes ind i klasseværelset og er det muligt at transformere det til et værdifuldt digitalt læremiddel? Dette kapitel beskriver ændringsprocessen fra et udendørs klatrestativ til et indendørs læremiddel. Læremiddel drejede sig om matematik, og kunne bruges i forbindelse med simple brøkberegninger egnet for børn mellem otte og ti år. Redesignet skete i samarbejde med PlayAlive og KnowledgeLab. Designmetoden og forskningsmetoden er grundlæggende inspireret af Design based action research, og læremidlet og dets didaktik blev udviklet af igennem fire iterationer. En gruppe af børn fra anden klasse deltog igennem alle iterationerne som testere og medskabere. Børnene brugte deres krop, mens de lærte og de fik en før-begrebslig forståelse af brøker, før de egentlige faglige begreber blev introduceret (Majgaard, 2009).

Kapitlet er skrevet med udgangspunkt i udviklingen af "Fraction Battle" og tre artikler (peer reviewed fullpapers):

1. Majgaard, G., "The playground in the classroom - fractions and robot technology", IADIS CELDA 2009 Proceedings, 2009.
2. Majgaard, G., "Designbased action research in the world of robot technology and learning", IEEE DIGITAL 2010 Proceedings, 2010.
3. Larsen L. og Majgaard G. "Pervasive technology in the classroom", Global Learn Asia Pacific 2010 Proceedings, 2010. (Medforfatter)

### 6.1 INTRODUKTION

Børn som leger udendørs er ofte engagerede og opslugte (Majgaard og Jessen, 2009). Børn på legepladsen lærer mange forskellige ting uden at tænke så meget over det. Er det muligt at flytte dette engagement ind i klasseværelset ved at transformere et digitalt klatrestativ om til et læremiddel? Kapitlet beskriver transformation fra klatrestativ til læremiddel igennem en iterativ designproces. Målgruppen er børn mellem otte og elleve år.

Læremidlet er udviklet i et samarbejde mellem KnowledgeLab, PlayAlive A/S og Mærsk Mc-Kinney Møller Institutet.

Læremidlet handler om brøker og har fået navnet "Fraction Battle" og er et spil. Spillet og den foreslåede didaktik kombinerer reflekteret læring, engagement, meningsfuld interaktion og fysisk bevægelse. Det kan kaldes et fysisk "serious game", exertainment eller Pervasive learning (Larsen og Majgaard, 2009).

Udviklingen og den didaktiske brug af spillet er inspireret af tidligere eksempler på fysiske "serious games" udviklet af for eksempel Papert og Resnick, jævnfør afsnit 4.1. og 4.2. Fraction Battle er



inspireret af både Paperts og Resnicks eksempler. Men Fraction Battle adskiller sig også fra Paperts og Resnicks eksempler ved at give direkte feedback og ved at gøre børnene fysisk aktive.

Forskningsmetoden, som blev anvendt var Designbaseret aktionsforskning, jævnfør Kapitel 5 *Forsknings- og designmetode: Designbaseret aktionsforskning*. Erfaringerne med brug af metoden vil blive beskrevet (Majgaard, 2010).

Analysen vil tage udgangspunkt i erfaringer fra designprocessen, observationer og interviews. Der vil være et særligt fokus på temaerne fra analysemodellen, jævnfør afsnit 2.6 *Analysemodel for medskabende, reflekterende og innovative læreprocesser*. Analysen undersøger blandt andet vigtigheden af læremidlets kontekst. Læremidlerne kan bruges på mange måder i forskellige kontekster, og der er ingen garanti for, at det forbedrer læringsaktiviteterne. Det, som gør en forskel, er, hvordan læremidlet bliver brugt i den pædagogiske praksis. Fokusset er derfor på samspillet mellem læremidlet under udvikling, det didaktiske design og praksis i klasseværelset.

Kapitlet har følgende opbygning:

- *Beskrivelse af den teknologiske platform og Fraction Battle*. Først beskrives den teknologiske platform, som danner grundlag for udviklingen af Fraction Battle, i forlængelse af dette beskrives den færdig prototype.
- *Gennemgang af faserne i den designbaserede aktionsforskningsproces*. Den eksperimentelle forskning involverer en udviklingsproces der blev udført i fire faser, jævnfør afsnit 5.3 *Designbaseret aktionsforskning i dette projekt* (se nedenstående figur):



FIGUR 42. OVERBLIK OVER DEN SAMLEDE FORSKNINGSPROCES

*Fase 1 Planlægning og grundlag for projektet* (Fase 1) Udviklingsprojektet blev planlagt og grundlagt.

*Fase 2 Resume af udviklingsprocessen* (Fase 2) Den iterative og interaktionsdrevne proces, hvor der var i alt fire iterationer. Hver iteration består af planlægning, intervention, evaluering, idegenering, formalisering af ideer og implementering.

*Fase 3 Det afsluttende interview og præsentation af den opnåede viden* (Fase 3) Afsluttende møde med målgruppen, hvor foreløbige resultater blev fremlagt, og hvor elever og lærer havde mulighed for at give feedback. Læreren blev efterfølgende interviewet om forløbet pr e-mail. Se iøvrigt afsnit 5.3

*Fase 4 Retrospektive analyse* hvor der læringspotentialer og erfaringer med forskningsmetoden bliver analyseret.

- *Opsamling* . Tilslut opsummeres der på hvad der adskiller Fraction Battle fra en bog og på analysen generelt.

## 6.2 BESKRIVELSE AF DEN TEKNOLOGISKE PLATFORM OG FRACTION BATTLE

---

### Den teknologiske platform

Det teknologiske udgangs var et udendørs klatrestativ, som var placeret ved indgangspartiet til Rosengårdsskolen (se Figur 43). Klatrestativet var velkendt for børnene, som deltog i eksperimentet, og hed i daglig tale Edderkoppen.



FIGUR 43. PLAYALIVES KLATRESTIV "EDDERKOPPEN" (KILDE: WWW.PLAYALIVE.DK)

Kopier af de elektroniske dele af klatrestativet blev placeret i en kæmpe kuffert og kaldt Blæksprutten (se Figur 44). Blæksprutten havde tolv kabelben med en programmerbar satellit for enden af hvert ben. Hver satellit bestod af en berøringssensor, 16 programmerbare lysdioder, lyd samt en mikro-computer. Satellitterne er forbundet af en strøm og datakommunikationskabler.



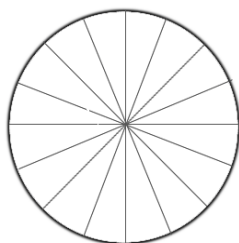
FIGUR 44 BLÆKSPRUTTEN

Softwarearkitekturen var distribueret, hvor to satellitter fungerede som server og resten som klienter. Klienterne udførte klientdelen af koden, serveren styrede kontroldelen, hvor pointene blev samlet og vist, og hvor menuen til valg af spil styredes. Koden blev skrevet i tredjegenérationssproget C. Systemet er udviklet af PlayAlive og har tidligere været brugt på klatrestativet.

Den eksekverbare kode og dermed spillene i blæksprutten var til at begynde med de samme på klatrestativet. Det første spil var et "rød-grøn" spil, hvor to hold skulle kæmpe mod hinanden for hurtigst muligt at trykke på satellitter med holdets farve. Det næste spil var i samme genre. Det tredje spil var et "memory-spil" hukommelsesspil, hvor spilleren skulle trykke på to satellitter ad gangen og finde frem til par i samme farve. Disse spil er brugt som inspiration for de nye læringspil.

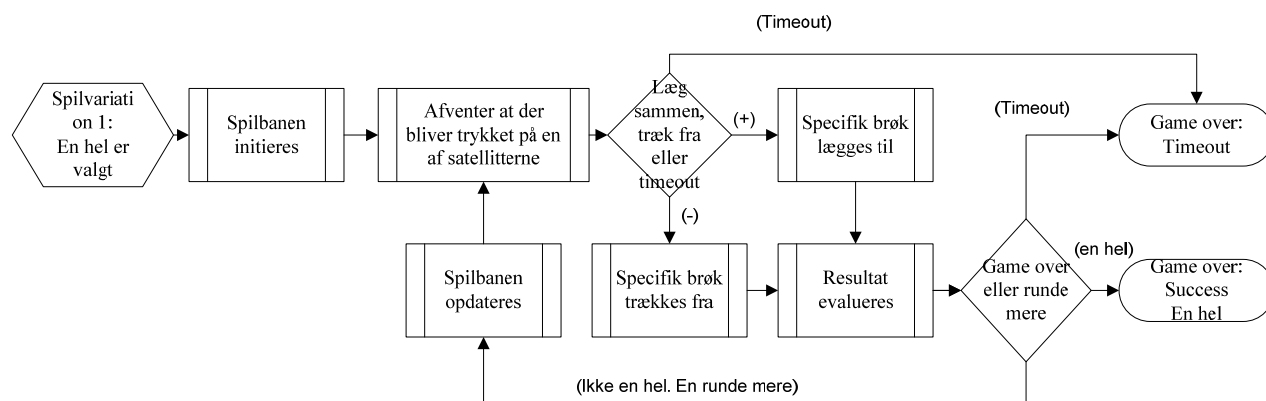
### Beskrivelse af Fraction Battle

Brøker blev repræsenteret som dele af den cirkulære satellit, som populært kaldes pizzamodelen for brøker (Se Figur 45).



FIGUR 45 GRAFISK PRÆSENTATION AF BRØKEN FRA EN SATELLIT

Der udvikledes fire varianter af spillet. Målet i det første spil var, at spillerne skulle konstruere brøken "en hel" ved at lægge brøkdeler sammen startende fra nul. Blev resultatet mere end en, så måtte de trække fra. Der var sat en timer således, at de havde cirka et minut til at løse opgaven (Se Figur 46). Den anden variant var en videreudvikling af den første, og resultatet kunne her være en tilfældig ægte visbar brøk, f.eks. kunne målet være at lægge sammen og trække fra indtil resultatet gav 10/16.



FIGUR 46 FORMEL STRUKTUR OVER SPILLET "EN HEL"

### 6.3 PLANLÆGNING OG GRUNDLAG FOR PROJEKTET (FASE 1)

---

Det blev besluttet, at læremidlet skulle udvikles i samarbejde med 2. b og deres matematiklærer på Rosengårdskolen. Målgruppen for læringsspillene var børn mellem otte og ti år. Spillene skulle supplere det faglige indhold i matematik. Klassen og matematiklæreren skulle deltage i hele forløbet. Klassens matematikbog og trinmålene blev læst for at blive bekendt med det faglige fundament og stadiet.

Alle interventioner skulle foregå i klasseværelset, idet børnene og deres lærer skulle tænke i læringsbaner. Da det var kvaliteter ved læring og designprocessen, der var fokus på, gav det den mest mening af at bruge den samme klasse igennem designprocessen. Og når klassen skulle være medskabere, så skulle de også følge hele forløbet.

Det blev besluttet, at alle interventioner skulle vare cirka to timer og videofilmes, og at disse videofilm skulle danne grundlag for den retrospektive analyse. Se ellers afsnit 5.3 *Designbaseret aktionsforskning i dette projekt*

### 6.4 RESUME AF UDVIKLINGSPROCESSEN (FASE 2)

---

Læremidlet og den tilknyttede didaktik blev udviklet over fire iterationer. Hver iteration indeholdt en intervention, som var planlagt, udført og evalueret. Temaerne fra disse iterationer var:

1. Evaluering af det teknologiske udgangspunkt i klasseværelset. De originale spil blev afprøvet i klassen
2. Brainstorming i og uden for klassen for ideer til nye lærings spil og valg af spil
3. Evaluering af de to første lærings spil i klassen
4. Evaluering af i alt fire nye og tilrettede spil og et forslag til evaluering

#### 6.4.1 FØRSTE OG ANDEN ITERATION: ANALYSE, BRAINSTORM OG BESLUTNINGSTAGEN

---

I den første og anden intervention blev alle parter bekendte med den teknologiske platform, og der skulle høstes ideer til den læringsmæssige transformation af blæksprutten.

Vi udforskede også, hvordan blæksprutten kunne placeres i klasserummet, f.eks. på borde, under borde og i stjerneformation. Ingen nye spil blev udviklet i disse to iterationer.

I klasseværelset spillede børnene "rød-grøn-spillet" i konkurrerende teams, se nedenstående figur. Efterfølgende påbegyndtes brainstormingen med børnene.



FIGUR 47 RØD-GRØN SPIL FRA FØRSTE INTERVENTION

Målgruppen var meget begejstrede og ivrige for at deltage i hele forløbet. Børnene kom i skole, selv om nogen af dem var syge. Og de havde en masse ideer til nye lærings spil. Ideerne faldt i fire kategorier: (1) Ideer til fysisk placering i rummet; (2) tal og bogstaver; (3) fra leg til læring; (4) computerspil som kunne konverteres til robotspil, og (4) narrativer.

### Fysisk placering

I den første intervention blev børnene bedt om at tage stilling til, hvordan man kunne placere satellitterne i klasserummet, se nedenstående Figur 48. Dette var tænkt som en simpel måde at få børnene til at optræde som medskabere, som tog del i organiseringen af spillet.



FIGUR 48: IDEGENERERING FRA FØRSTE INTERVENTION – EN SATELLIT PLACERES UNDER BORDET

Da den digitale blæksprutte var i klasselokalet, var det konkret og nemt for børnene at foreslå den fysiske placering. Og i eksemplet på ovenstående billede viser eleven konkret, hvad hun mener. Blæksprutten er fysisk begrænset af de ledninger der er mellem satellitterne, så det er ikke muligt at placere dem frit.

Deres ideer om tal og bogstaver var begrænsede til, hvad de allerede kendte til for eksempel addition, subtraktion og talrækker. Fra computerspilsområdet foreslog de kendte spil som "memory" med tal eller interaktivt Scrabble.

## Tal og matematik

Matematiklæreren havde også ideer om talrækker, addition, subtraktion og tidsberegning på ur, hvor tiden skulle symboliseres med grafiske visere. Herunder er to eksempler på elevernes forskellige ideer til matematik og regnestykker (talangivelserne foran citatet angiver dets placering i videooptagelserne):

*1<sup>□</sup><3143974>(0:52:24.0)Elev n1: Man kan tage den der (plastic kapsel), så kan man skrive et tal eller regnestykke, så kan man prøve at regne regnestykkerne ud*

*1<sup>□</sup><3923173>(1:05:23.2)Elev n2: Man kunne godt få den til at sige nogle stykker - så var der en masse tal rundt om - så skulle man finde det rigtige ud af otte.*

Eksemplerne her handler om regnestykker, som på den ene eller anden måde overføres til satellitterne. Den første elev n1 talte om at påføre satellitterne en kapsel med tal. Af eksemplet kan man se, at det kan være vanskeligt for eleverne at forestille sig, at man kan få edderkoppen til at gøre noget. I den næste eksempel forestiller en elev sig, at edderkoppen læser matematikstykker højt, og at spilleren så trykker på den rigtige satellit som svar.

Det første matematikeksempel (1<sup>□</sup><3143974>(0:52:24.0)) egner sig ikke direkte til at overføre, og er måske ikke konkret nok. Den næste ide (1<sup>□</sup><3923173>(1:05:23.2)) kunne godt implementeres, og er sammenligneligt med de brøkspil, der til sidst blev implementeret.

## Eksempel på overgang fra en legende kontekst til en lærende kontekst

Nedenstående eksempel viser, hvordan elever i første iteration fabulerede og kom med ideer til, hvordan man kunne forvandle rød-grønspillet til et spil om lige og ulige. Dette eksemplificerer at børnene mestrede overgangen fra en legende kontekst til en seriøs matematisk begrebslig kontekst.

*1<sup>□</sup><3185713>(0:53:05.7)Elev: Det kan være ligesom rød og grøn, bare med lige og ulige tal, hvor man skriver*

Dette eksempel viser, hvordan eleven overfører sine erfaringer fra det oprindelige rød-grøn spillet til et spil med lige og ulige tal. I Batesonsk forstand svarer det til, at den etablerede spil-kontekst fra legepladsen og læringskonteksten fra matematiktimerne overskrides og skaber en ny kontekst for konceptualisering af konkrete læringsspil. Dette er desuden et eksempel på Batesons anden ordenslæring, som netop drejer sig om at tilpasse sin viden og erfaring og bruge den i en ny sammenhæng.

Fra et teknologisk synspunkt ville denne ide være nem at implementere softwaremæssigt i blækspruten, idet det kunne basere sig på et lige eller ulige antal tændte lysdioder i de enkelte satellitter.

Fra et spilsynspunkt er ideen og interessant, fordi matematik netop bliver kernen i gameplayet. Det er vigtigt, at gameplayet og det, der skal læres, hænger tæt sammen, således at det eleven bruger tid og energi netop handler om det, der skal læres (Habgood, 2007).

## Historier

Børnene blev også bedt om at fortælle historier, som havde med edderkoppen og gøre. Mens det gik lidt trægt med at få børnene til at komme med rene matematikideer, så var det som at tænde en hane, når de skulle fortælle historier, hermed et par eksempler:

1. *1 <3606095>(1:00:06.1) Elev n1: Der var engang en engel og en djævel, men englen kunne rigtig godt lide græs, så hver gang de skulle ud og køre i en bil så kom de altid til et lyskryds hvor - djævelen så altid, at det var rødt, og så skulle man holde stille, kunne man ringe i mobil og tage en donot. Men englen kunne rigtig godt lide grøn og syntes grøn var bedst, fordi så kunne man køre og så kunne man hurtigst muligt komme derhen...*

Det var en kærkommen lejlighed for eleverne til at fortælle om engle, djævle, krigere og meget andet. Der blev fortalt mange historier også med tal og matematik. Herunder er et par eksempler, som relaterer sig til tal og matematikstykker:

2. *1 <3515693>(0:58:35.7) Elev n2: Der var en gang en dreng han hed Grøn og der var engang en pige hun hed Rød, de var gift og boede i et lille hus ude på prærien. De havde 2 børn, som hed To og Fire. Og de havde en tyr, og den hed Tyve.*
3. *1 <3515693>(0:58:35.7) Elev n3: Der var engang et krichold der hed Rød og et krichold der hed Grøn, og det hold som samlede flest matematikstykker havde vundet*

Der blev fortalt mange historier, men da der ikke var noget grafisk interface på edderkoppen, ud over lysdioderne på de enkelte satellitter, var det svært at forestille sig, hvordan historierne kunne operationaliseres.

Børnene brugte hinandens historier til at bygge videre på, se nedenstående eksempel:

4. *1 <3606095>(1:00:06.1) Elev n4: Man kunne lave det sådan, at rød var vokalerne, og grøn var konsonanterne i alfabetet. Elev n5: Man var to hold, som var delt op i konsonanter og vokaler, og så kunne man bare tage grønne vokaler, og så kunne man tage røde (Bygger på hinandens ideer)*

Elev n4 foreslår et spil med vokaler og konsonanter, og elev n5 foreslår at spillerne skal være delt i to hold. Børnene tilpasser i dette eksempel deres ideer til hinanden, og elev n5 reflekterer over, hvad elev n4 fortæller og kommer med sin egen version af spillet.

## Designbeslutninger på baggrund af første og anden intervention

Ideerne om at konvertere velkendte spil til blæksprutten blev afvist, fordi det lå for langt væk fra deres matematikpensum. De narrative ideer var svære at operationalisere i denne kontekst af matematik og i denne type teknologi.

En rød tråd i børnenes ideer var, at de var glade for at lægge sammen og trække fra. Det ville dog ikke være udfordrende nok for børnene at spille et spil, hvor de lagde sammen og trak fra med hele tal. Vi



besluttede at bygge videre på dette – ved at lade børnene lægge brøker sammen og trække brøker fra hinanden. Denne ide kunne udnytte meget af potentialet i den eksisterende hardware, og division og brøker skulle så småt introduceres i tredje klasse. Skolebørn i Danmark bliver normalt ikke introduceret til brøker i anden klasse, de begynder med division i tredje og går siden videre til brøker. Som resultat kom den første version af læringsspillet til at handle om brøker.

#### 6.4.2 TREDJE INTERVENTION

##### Før spillet

Herunder er et eksempel fra tredje intervention på deltagelse i undervisningen, som lægger op til den første brug af brøkrekningsspillet, og viser elevernes overvejelser over, hvad en brøk er for noget, se nedenstående figur:

<p>3&lt;365870&gt; (0:06:05.9) Elev n1: Hvad er en brøk?</p> <p>Lærer: Måske er der nogen der ved det?</p> <p>Elev n1: Er det ikke lige som når - nej jeg ved det ikke..</p> <p>Elev n2: En halv, en hel, en kvart</p> <p>Lærer: Ja lige præcis</p> <p>..(introduktion til spillet)...</p>	
--	---

FIGUR 49: HVAD ER EN BRØK?

Forskerne er ved at introducere brøkspillet for første gang, og en elev spørger, hvad en brøk er for noget. Læreren inddrager resten af klassen i dialogen. Flere elever forsøger sig, og én nævner en hel og en halv. Til slut i eksemplet bliver begrebet kort introduceret. Ideen var egentlig, at eleverne skulle have en fysisk forståelse for brøker, inden de fik en begrebslig forståelse. Men da spillet i første omgang var navngivet Fraction Battle, altså brøk-slaget, gav dette anledning til en kort introduktion til brøker. Eksemplet viser i praksis, hvordan elever og lærere i fællesskab deltager i en refleksion over, hvad brøker egentlig er for noget. Elevernes deltagelse er her med til at sikre, at der skabes en fælles grundlæggende forståelse af, hvad brøker er. Den aktive deltagelse er medvirkende til at udvikle en ny fælles forståelse. Det er i selve dialogen læreprocessen kan iagttages, og læreren og forskeren tilpasser dialogen til det faglige niveau.

##### Undervejs

Herunder er et eksempel på to drenge, som løser en brøkrekningsopgave så hurtigt de kan, se Figur 50:





FIGUR 50 HURTIGE BRØKER

### Efter

I tredje intervention, efter at eleverne havde prøvet den første version af brøkspillet, blev børnenes ideer mere udfoldede og præcise end i først og anden intervention, se nedenstående eksempel:

*3 <math>= 4909944 >(1:21:49.9)* Elev n3: *Jeg vil gerne finde på et spil selv - et vendespil. Man kunne gøre sådan 1+1 giver 2 og 2+2 giver 4 og så videre*

*Elev n3: først trykker man på to blå og så lyser den grønne... Det skulle være med højere tal, så man kom op i de røde*

Eksemplet handler om talrækker, eleven kalder det et vendespil, fordi det bygger på at finde to ens. Eleven kan, med den erfaring han har med blæksprutten og brøkspillet, bygge nye og operationelle ideer til nye typer spil. Ideen er udbygget til at kunne håndtere større tal end blot seksten. Eksemplet er et godt eksempel på refleksion over praksis (Schön, 2001), idet eleven efter at have spillet overvejer, hvordan han kan optimere spillet. I dette eksempel er der ikke kun tale om optimering, men snarere om egentlig nyskabelse.

---

### 6.4.3 ERFARINGER FRA DEN TREDJE ITERATION

---

Under evalueringen af de to varianter af "Fraction Battle", blev det klart, at der var behov for en didaktisk tilgang til brug af spillene.

Der var ikke nogen indbygget didaktik i blæksprutten, så det var op til matematiklæreren og forskerne at beslutte, hvordan børnene skulle arbejde med brøkspillene. Og da der ikke var udarbejdet nogen detaljeret drejebog, blev tredje intervention derfor temmelig kaotisk fra et didaktisk synspunkt. Man havde nogle gode matematikspil, men ikke nogen klar ide om, hvordan de skulle indgå i undervisningen.

Efter tredje intervention blev læringsmålene klarere. Det overordnede mål var, at børnene skulle forstå ideen med brøker, mere præcist skulle børnene: (a) forstå grafisk og numerisk repræsentation af brøker; (b) de skulle være i stand til at addere og subtrahere brøker med samme nævner; (c) de skulle kunne udtrykke den numeriske brøk med en tæller og nævner; (d) og de skulle kunne transformere brøker mellem grafisk og numerisk repræsentation.

Det blev også klart, at blæksprutten ikke umiddelbart kunne repræsentere brøker numerisk. Hardwaren egnede sig bedst til grafisk repræsentation. Det blev overvejet at udvikle specielle talkapsler, men den endelige beslutning blev at bruge blæksprutten til grafisk repræsentation og udvikle en didaktisk kontekst omkring læremidlet.

Det blev derfor besluttet at udarbejde en didaktisk plan for næste intervention. Og det blev besluttet at udvikle to yderligere variationer af spillet for at variere sværhedsgraden.

---

#### 6.4.4 FORBEREDELSE AF DEN FJERDE INTERVENTION: DIDAKTISK PLAN OG TO EKSTRA VARIANTER AF FRACTION BATTLE

---

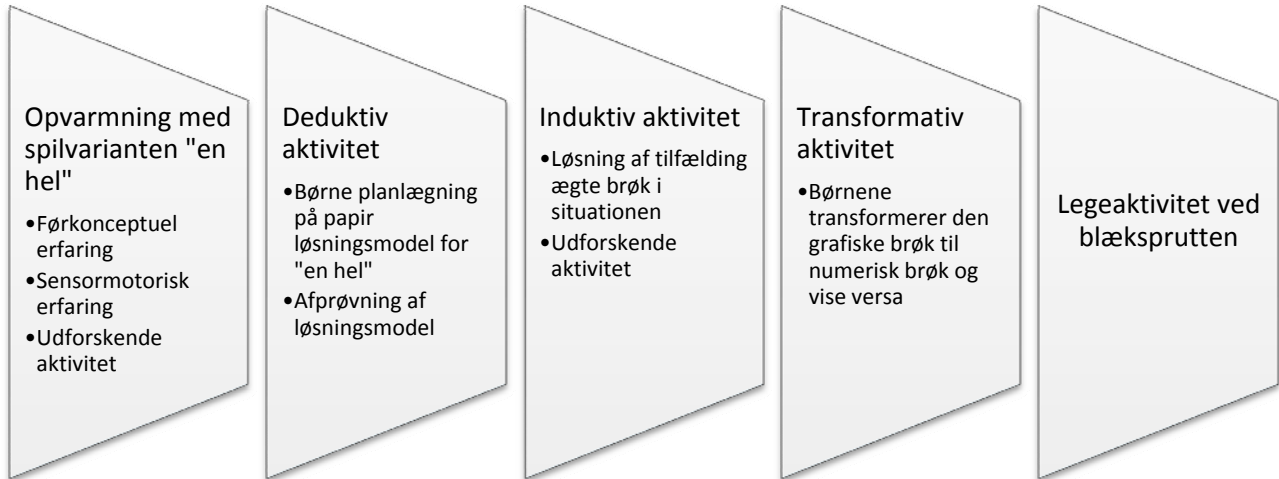
To ekstra niveauer af "Fraction Battle" blev tilføjet. Dette resulterede i fire versioner af spillet, hvor graden af udfordring varierede.

Vi ønskede at demonstrere og teste forskellige didaktiske tilgange for at udforske læremidlets fulde potentiale. Meget ofte fungerer "serious games" som en spændetrøje for underviseren, fordi en snæver didaktisk plan er indbygget i systemet og derfor uomgæelig. Børn har meget forskellige måder at lære på, og de er ofte på meget forskellige faglige niveauer. Vi ønskede udforske potentialerne i læremidlet, og vi ønskede at underviseren skulle være didaktisk frisat. Derfor ville vi muliggøre at kombinere forskellige didaktiske tilgange og undersøge, hvad der virkede i hvilke kombinationer.

Det var vigtigt at organisere undervisningen, således at børnene ikke brugte timen på at vente på, at det blev deres tur ved blæksprutten. Vi havde også opdaget at børnene blev ophidsede og inspireret til fysisk aktivitet, når de arbejdede med blæksprutten. For at sikre at børnene forblev fokuserede på brøker, blev det besluttet, at lektionen skulle bestå af perioder af arbejde med blæksprutten afløst af perioder, hvor de sad og var fordybede.

Det var vigtigt, at børnene reflekterede over brøker, og derfor skulle børnene f.eks. bruge de samme brøker i forskellige kontekster. Vi ønskede også, at de skulle planlægge, hvordan de skulle arbejde med blæksprutten, og de blev også opfordret til at reflektere over den erfaring, de allerede havde fået. Disse ideer om reflekteret læring er baseret på Batesons ideer om forskellige grader af refleksion i læring (Bateson, 1972).

Det didaktiske scenarie blev bygget op af elementer af intuitiv og præ-konceptuelle erfaringer, sensorisk erfaringer, deduktiv læring, induktiv læring og transformativ læring. Scenariet var indpakket i en sandwich af opvarmning i begyndelsen og leg til slut (Se Figur 51).



FIGUR 51: OVERSIGT OVER DEN FLEKSIBLE DIDAKTISKE PLAN

Opvarmningen var en introduktion til brøker, hvor børnene legede og udforskede uden at vide noget særligt om brøker endnu. Igennem opvarmningen fik børnene en præ-konceptuel og sensomotorisk erfaring med brøker. Erfaringen er fysisk, fordi børnene kommunikerer ved at trykke på satellitterne, og satellitterne responderer fysisk på børnenes handlinger.

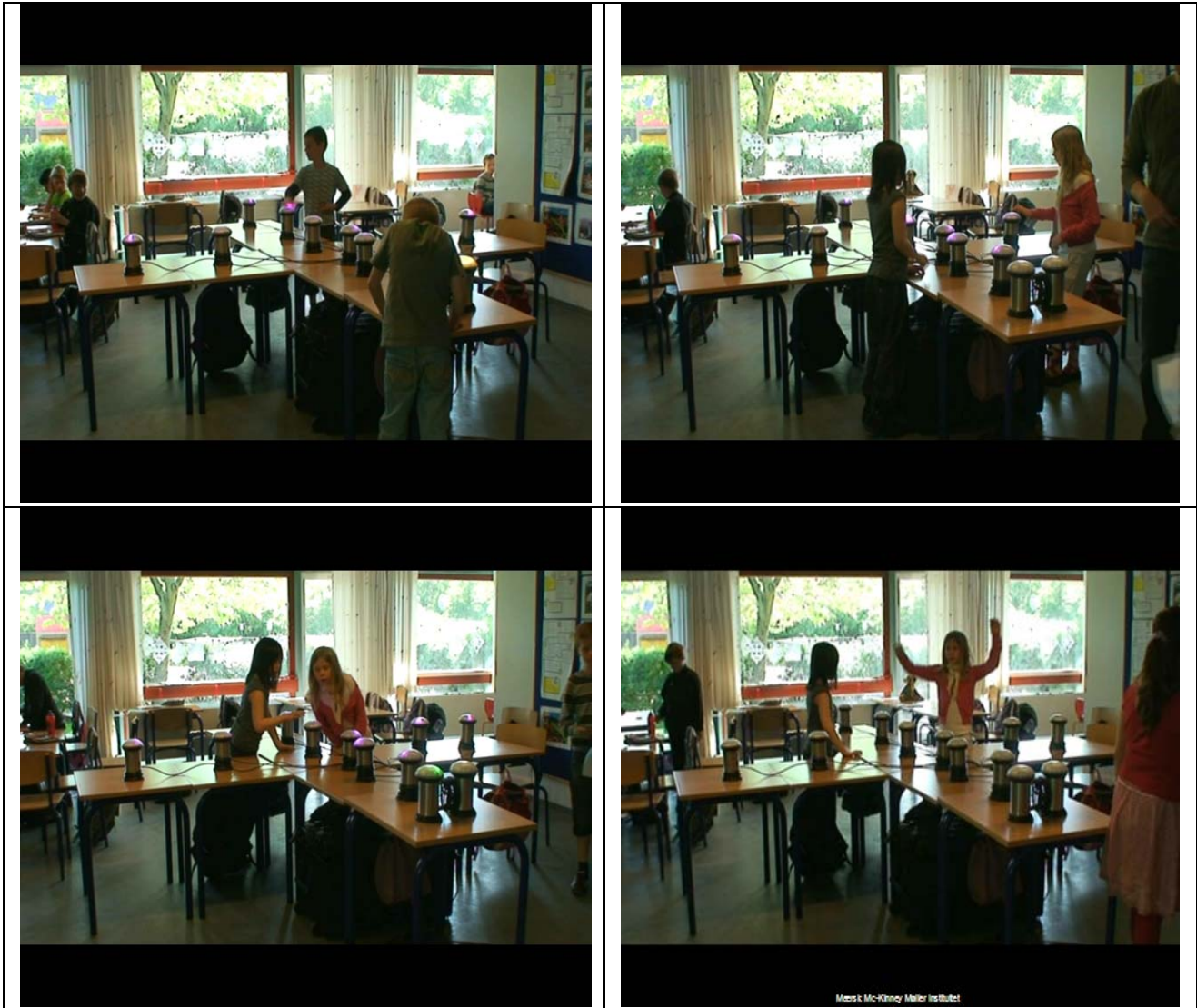
I den deduktive læreproces skulle børnene på papir planlægge, hvordan de skulle løse "en hel" og derefter teste det på blæksprutten. Når de brugte den deduktive metode, skabte børnene en hypotese, som de derefter testede. Med andre ord planlagde og beskrev de et eksperiment og udførte en test. Denne metode skulle få børnene til at reflektere over deres læreproces ved at tænke forud og planlægge næste skidt. Derudover tegnede de for første gang selv grafisk repræsentation af brøker.

Næste skridt i den didaktiske plan var induktiv, fordi børnene skulle beregne en løsning i situationen uden nogen forudgående planlægning. Børnene blev præsenteret for en tilfældig ægte brøk, som de skulle genskabe ved at lægge brøkdeler sammen. Induktion skal her forstås som en proces, hvor børnene udvikler deres egen løsning ud fra deres erfaring og forståelse af en konkret situation.

Børnene lærte også at transformere brøker mellem forskellige repræsentationer. Den viden børnene udviklede om brøker ved at bruge blæksprutten, blev transformeret om til papirskitser og numerisk repræsentation med tæller, nævner og brøkstreg. Ændringen af repræsentation er en ændring af kontekst, som tvinger børnene til at reflektere.

6.4.5 DEN FJERDE INTERVENTION

Test af det didaktiske scenarie tog næsten to timer, hvor børnene arbejder parvis, se nedenstående figurer



FIGUR 52 SPILSEKVENSER FRA FJERDE INTERVENTION

Nedenstående viser et eksempel fra dette konstruerede praksisfællesskab, hvor børnene taler med hinanden om matematik og spilstrategi. Situationen udspiller sig i fjerde iteration i køen ved brøkspillet, se nedenstående figur:



<p>4π&lt;375658&gt;(0:06:15.7)                  Elev n1: 4 8 16 24                  Elev n2: Hvis der ikke er en 4'er så kan jeg bare tage 2 2'ere bum bum                  Elev n3: 2 4 6 Vi tager kun 2'ere, 2 4 6 ...8 gange skal vi tage 2'ere                  Elev n1: I skal tage tilbage...(kommentar fra rækken til gruppen der er i gang)                  Elev n2: Det skal du ikke sige til dem                  Elev n5(spillet):Hvordan gør man?                  Elev n3 (rækken): Du skal holde den nede</p>	
--	--

FIGUR 53 EKSEMPEL FRA PRAKSISFÆLLESSKABET I KLASSEN

Elev n2 i køen planlægger at trykke på to gange på  $2/16$ , hvis der ikke er mulighed for at trykke på  $4/16$ . Eksemplet viser en praksis refleksion i situationen (Schön, 2001), hvor en elev står og venter, imens andre er i gang med spillet. Elev n3 i køen står og regner på, hvor mange gange han skal trykke på  $2/16$  for at få en hel. Imens denne matematiksnak foregår, har eleverne også et øje på, hvad der forgår ved blæksprutten, og elev n1 foreslår gruppen at trække fra, fordi de er kommet over en hel. Elev n5, som spiller, beder om hjælp, og eleverne fra køen giver gode råd. Eksemplet viser, hvordan børnene i praksis og i fællesskab arbejdede med brøkspillet.

### Evaluering af fjerde intervention

Denne intervention viste, at børnene fandt det nemt at transformere den kropslige og før-begrebslige erfaring med brøker til en mere begrebslig og intellektuel viden. Nogle af børnene fandt den numeriske repræsentation med tæller, nævner og brøkstreg hurtigere og nemmere end den grafiske repræsentation. De fleste kunne nemt skitsere brøker og transformere brøkerne mellem de forskellige repræsentationer. Nogle børn kunne "se" at  $8/16$  er det samme som en  $1/2$ , og at  $4/16$  er det samme som  $1/4$ , men dette var også grænsen for den viden, de havde tilegnet sig om brøker fra den lektion. Matematiklæreren var overrasket over, hvor nemt børnene fangede konceptet.

Tegn på refleksion var typisk: Børnene brugte tid på at diskutere hvordan de skulle løse spillene, f.eks. i hvilken rækkefølge og hvilke brøkdele de ville addere. De kommenterede også hinandens løsningsmodeller, og planlagde f.eks. hvordan de med færrest mulige tryk kunne nå den ønskede brøk. Testen viste både potentialer ved værktøjet og potentialer i en meningsfuld og velforberedt didaktik.

## 6.5 DET AFSLUTTENDE INTERVIEW OG PRÆSENTATION AF DEN OPNÅEDE VIDEN (FASE 3)

Fire måneder efter den sidste intervention besøgte vi klassen igen for at vise dem videomateriale og interviewe dem som gruppe.

Afsnittet indeholder børnenes refleksioner om brøker og designprocessen. Derudover indeholder afsnittet lærerens refleksioner over processen og børnenes faglige udbytte.

---

### 6.5.1 REFLEKSION: BØRNEGENES REFLEKSIONER OVER FORLØBET

---

Ved det afsluttende interview så eleverne video af de tidligere interventioner, og denne intervention gav et fingerpeg om langtidsvirkningerne af forsøgene, idet den fandt sted fire måneder efter fjerde intervention. Eleverne havde siden den første intervention haft et ønske om at se sig selv på video, og at se videosekvenser ville desuden gøre det nemmere for eleverne at huske designprocessen og læreprocessen med brøker.

Det var planen, at eleverne skulle evaluere forløbet og i Schönsk (Schön, 2001) forstand reflektere over deres arbejde med brøker. Og endelig skulle eleverne bevidstgøres om den samlede forskningsproces, de havde deltaget i. I det efterfølgende resumeres hovedpointerne i børnenes refleksioner, se nedenstående figur:



FIGUR 54: BØRNEGENES TILBAGEBLIK OVER DESIGNFORLØBET

Først gik det lidt trægt med at huske processen og selve brainstormingen. Eleverne kunne i første omgang huske rød-grønspillet, at de havde malet grafiske repræsentationer af brøker, og at det var noget med at få 16.

#### **PLUS og MINUS**

For hvert filmklip kunne eleverne huske mere, og at de havde arbejdet med at lægge sammen og trække fra, se nedenstående eksempel:

*5 <695879>(Filmklip) Elev n2: Når man skulle minuse skulle man holde dem nede, og når man skulle plusse skulle man bare trykke på den*

Eksemplet viser, at nogle elever kunne huske, at de havde trukket fra, og hvordan det præcis var foregået på blæksprutten.

Fra et spiludviklingssynspunkt kan det dog undre, at forskerne i udviklingsprocessen ikke lavede spil, hvor den primære opgave var at trække brøker fra hinanden. Minus blev kun brugt, hvis der var blevet lagt for meget sammen, hvilket eleverne så vidt muligt undgik.

### Bevægelse og motion i timerne

For at spille spillet skulle børnene bevæge sig rundt i lokalet for at trykke på satellitterne, se et par af børnenes kommentarer herunder:

5□<771529> Elev n1: Hvis nu man var herovre, og man skulle trykke på en dernede, det var lidt irriterende

Forsker: Er det godt at få motion i timerne5□<834363> Elev n4: Nej, kun hvis man spiller bold

5□<851208> Elev n5: Så kan man også få det bedre i timerne (når man bevæger sig (red.))

Nogle elever syntes, at det forstyrrede spillet, at de skulle bevæge sig rundt for at spille. Der var dog andre, som syntes, at man fik det bedre i timerne, når man fik motion.

### Brugervenlighed og navigation

Det var interessant at få vurderet, om spillet var brugervenligt, og om eleverne kunne navigere rundt i spilmenuen, se nedenstående eksempel om valg af spil:

Elev n1: ..man tog de to nederste - det er lidt svært at forklare

Elev n1: Man trykkede på den ene, så skiftede spillene, og så holdt man inde når man f.eks. kom til rød-grøn

Elev n3: Hvis man kom til at gå ind i et forkert spil, så kunne man bare holde (knappen)inde, indtil man kom ud at spillet igen

Elever havde klar erindring af, hvordan man valgte spil, og hvad man gjorde, hvis man havde valgt forkert. Eleverne havde et tilsvarende digitalt legeredskab i skolegården, så det har nok også medvirket til at gøre det nemmere for eleverne dels at huske og dels at navigere rundt. Eksemplet viser også, at det kan være lidt krævende at omsætte en fysisk "hands on" erfaring til en eksplicit forklaring (Wenger, 1998).

Lydsiden var i første omgang ikke ændret fra udendørsspillene, lyden var derfor lavet med henblik at fange børns interesse i en udendørs legek kontekst, se nedenstående eksempel:

Elev n3: Det var mærkeligt at høre lydene indenfor end - de lød ligesom højere

Eleverne syntes, at lyden var lidt vel høj til indendørsspillene, og at lydene oplevedes højere inden døre. I de sidste interventioner blev der dog skruet ned for lyden, så den var mindre påtrængende. Lydsiden var samlet set for dominerende til en indendørs undervisningskontekst.

### Male cirkler og brøker

Børnene fik vist konkrete filmklip af, hvor de tegnede brøker, som beskriver to af de tre repræsentationer af brøker, som eleverne blev præsenteret for: grafisk satellit-repræsentation og grafisk papirrepræsentation. Begge repræsentationer afbilder brøker grafisk. Den ene med mulighed for digital interaktion, den anden type skulle de farvelægge. Eleverne forklarede, at de var i gang med at tælle og farvelægge cirklerne på papirer. Eleverne kunne forklare, at cirklerne forestillede satellitter og brøker. Eleverne kunne dermed overføre deres gryende forståelse af brøker mellem cirklerne på papir og satellitterne. At overføre sin forståelse og erfaring mellem kontekster er i følge Bateson (Bateson, 2000) læring på niveau to, som giver en god dyb og adaptiv læring.

### Cirkler, tal og brøkestreger

Det næste eksempel viser, hvor meget børnene kunne huske om omsætning mellem grafisk repræsentation og tal-repræsentation.

*5x<1501480> Elev nr2: Det var sådan noget med 1 ud af 15. Elev nr3: Og så var der også en der var 4 ud af 16*

Eleverne kunne benævne brøker mundtlig ved at sige 4 ud af 16 eller 1 ud af 15, når de skulle forklare hvad en grafisk repræsentation viste. De kunne skrive en brøk som tal og vidste, at der skulle være en streg i mellem, og efter et par gæt kunne de huske, at strengen hed en delestreg. Det var faktisk imponerende efter fire måneders pause. Læreren fortalte desuden, at de havde haft noget med brøker i begyndelsen af tredje.

Overgangen fra en grafisk repræsentation til talrepræsentation er at gå fra en konkret visuel kontekst for brøker, hvor man kan se på f.eks. cirkler, at 4 felter ud af 16 er farvede, til en tal-repræsentation af mere abstrakt karakter. Eleven skal her vide, at 4/16 felter skal læses og tolkes som 4 ud af 16 felter. At skulle aflæse matematiske udtryk er sværere, end det er at aflæse en grafisk repræsentation direkte, fordi disse er mere abstrakte. Hypotesen i vores forsøg er netop, at børnenes interaktive erfaring med den fysiske repræsentation af brøker, gør overgangen til den abstrakte tal-mæssige repræsentation nemmere og mere vedkommende.

### Indflydelse på designet

En af grundideerne i designet var, at børnene skulle være medskabere af et nyt digitalt læremiddel, se herunder eleverne refleksion over denne form for deltagelse, se nedenstående figur:



*Elev n2: 5.2 Vi er opfindere... Elev n5: I tog en lille ting fra os og lagde det ind i spillet, så vi alle sammen var med til at bestemme... Elev n9: Jeg syntes at jeg havde en god ide - men den kom ikke med*

Det var svært at dokumentere, hvordan børnene havde indflydelse. Som en del af forskningsprocessen var det vigtigt, at børnene blev bevidste om den rolle, de havde spillet i designprocessen – en elev mente da også, at klassen var opfindere, og at forskerne tog nogle af deres ideer med ind i spillene. Der var dog flere elever som ikke mente, at deres ideer var medtaget i designet, de kunne dog ikke huske hvilke. I en kreativ proces vil der altid være et kæmpe overskud af ideer som ikke i sig selv er blevet til noget, men de kan have givet næring til de ideer som blev gennemført.

Det er heller ikke i praksis muligt for elever at idegenere om noget, de endnu ikke ved hvad er. Deres ideer bidrog designprocessen, mere på en mere indirekte måde. Idet udviklerne igennem dialog med børnene får en mere klar ide om deres univers, hverdag og faglige niveau.

---

### 6.5.2 REFLEKSION: LÆRERENS REFLEKSION OVER ELEVERNES DELTAGELSE I DESIGNPROCESSEN

---

Cirka seks måneder efter forsøget udtalte klasselæreren i et skriftligt e-mailinterview følgende om elevernes deltagelse i projektet:

*Lærer: De (eleverne) synes at det var sjovt. De føler sig hørt, og at de har været med til noget helt anderledes. Mht. teknologien kendte de den i forvejen, hvilket var en fordel når der skulle være et fagligt indhold.*

Det var lærerens oplevelse af eleverne følte sig hørt, og at teknologien ikke stod i vejen for det faglige udbytte. Hun syntes dog at designprocessen, var lidt forstyrrende for selv matematikundervisningen, idet ikke alle elementer i designprocessen havde direkte med matematik at gøre, se nedenstående citat:

*Lærer: Jeg lærte helt klart noget om, hvad der evt. kommer til at ske med undervisningen. Det har været et opbrudt forløb, fordi det var i udviklingsstadiet, hvilket er gået ud over det faglige udbytte.*

At anvende et færdigt stykke teknologi og at deltage i et udviklingsforløb er to meget forskellige ting. En designproces er af mere søgende af natur, idet man skal være åben for nye ideer og løsninger, især i de tidlige faser af projektet. Det kunne selvfølgelig have været en god ide at give læreren en plan over udviklingsforløbet til at begynde med, så der var mindre usikkerhed om processen.

#### **Kontekster – fysisk kobling**

Brøkspillet gav eleverne deres første skoleerfaring med brøker, og de fik lov til at lege med brøker og fik lov til at mærke brøker. Læreren beskrev børnenes forhold til brøker:

*Lærer: Udover at lære om brøker fik de set brøker i et helt andet lys. De henviser stadig til det, når vi snakker om halve og kvarte.*

Eleverne bruger altså deres første erfaring med brøker, når de i undervisningen lærer nyt om division og brøker. Dette viser en adaptiv form for læring, hvor børnene bygger videre og tilpasser deres erfaringer med ny viden. I dette tilfælde har børnene fået en fysisk oplevelse med brøker, som læreren i undervisningen bygger videre på.

Læreren mente desuden, at brøkspillet motiverede eleverne, at det gav dem leg og aktivitet, og at brøkspillet tog hensyn til at eleverne lærer på forskellige måder. Læreren mente dog også, at der var begrænsninger i brøkspillet:

*Lærer: Brøkspillet kunne godt kobles mere til andre brøktyper, sådan så børnene ikke kun forstår det på satellitterne*

Og det var klart en begrænsning at brøkspillet i denne prototype kun viste brøker der gik op i 16, og at alle de grafiske repræsentation var runde.

---

## 6.6 RETROSPEKTIV ANALYSE (FASE 4)

---

I det efterfølgende analyseres designet af Fraction Battle med udgangspunkt i min analysemodel, jævnfør afsnit 2.6. Videoerne er optaget under interventionerne og analyseres sammen med det afsluttende interview. Ud over videoerne er der et skriftligt interview med klassens matematiklærer, som tog del i udviklingsprocessen og som lagde elever til.

---

### 6.6.1 SOCIALITET, DELTAGELSE OG MEDSKABEN

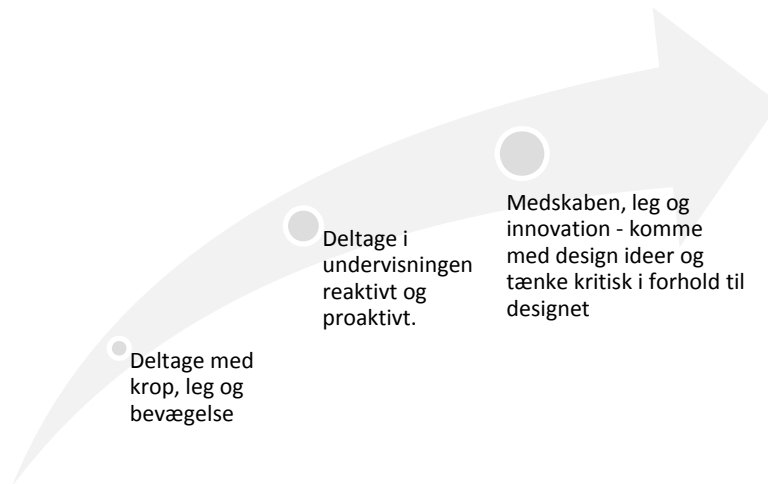
---

Læring er grundlæggende en social proces, som ikke kan adskilles fra den sociale kontekst, som den foregår i. 2.b er et af de mange praksisfællesskaber, som børnene og deres lærer deltager i. Og det er et praksisfællesskab, som lægger beslag på deres hverdag i mange år. Det er derfor vigtigt dette fællesskab til stadighed udfordres og udvikles igennem fælles erfaringer og oplevelser.

Forskning og udviklingsgruppen blev for en tid en del af dette fællesskab. De forskellige deltagere havde forskellige roller, og de bidrog med forskellige typer input. Elevernes rolle var at være deltagende elever og medskabere af brøkspillet. Forskernes rolle var efter aftale med læreren at overtage en del af undervisningen under interventionerne. Læreren fungerede som lærer i klassen under interventionerne og sikrede, at alle de normale normer for adfærd og deltagelse bliver overholdt i klassen, f.eks. sikrede hun at børnene sad på deres stole, og at der som hovedregel kun var en der talte af gangen.

Praksisfællesskabet har en uvurderlig betydning for de læreprocesser, og læringen foregår i særdeleshed igennem deltagelse, så det handler om at analysere, om brugen af brøkrekningspillet fremmer en konstruktiv deltagelse i klassen.

Medskaben og deltagelse kan foregå på mange måder. Det kan være at konstruere ideer eller fysiske artefakter, men det kan også være at deltage i en dialog, hvor man prøver at forstå et nyt begreb. Nedenstående figur viser en oversigt over kategorier af medskaben, se Figur 55.



FIGUR 55 DELTAGELSE OG MEDSKABEN

Under interventionerne var der hovedsagelig tre deltagelsesformer.

1. Når de spillede brøkspillet var krop og bevægelse deltagelsesformen. Se Figur 50
2. Når de deltog i undervisningen og den fremadskridende dialog f.eks. ved at svare på spørgsmål og formulere spørgsmål. Se Figur 49
3. Børnene var kreative sparringspartnere, som formulerede nye ideer til spillet og byggede videre på hinandens ideer.

### ***Krop, bevægelse og førbegrebslig forståelse***

Når børnene deltog med krop og bevægelse, fik de en sensomotorisk erfaring med brøker (Nielsen, 1987). De fik en fysisk og kropslig erfaring med brøker. Og i første omgang havde børnene meget lidt intellektuel viden om brøker, så i første omgang var den fysiske deltagelse i nogen grad førbegrebslig. Førbegrebslig deltagelse relaterer sig desuden til Paperts ideer om, at læring i en teknologisk kontekst bygger på en kropslig forståelse, aktive kreative konstruktioner, feedback og meningsfuld didaktik (Papert, 1993).

Brugen af teknologi kan fremme den kropslige og fysiske forståelse af et fagligt felt (Papert, 193:xix). Papert mener desuden, at der skal være en naturlig forbindelse mellem det faglige indhold og den digitale konstruktion. I vores tilfælde er satellitterne formet som interaktive grafiske repræsentationer af brøker. Den kropslige forståelse tilføjer en ekstra dimension, idet børnene rører ved brøkerne, og brøkerne responderer på deres berøring. Den fysiske udforskning kan foregå, uden at børnene ved noget om principperne for brøker. Når principperne for brøker bliver præsenteret for børnene, kan de referere til deres fysiske erfaring, og børnene vil nemmere kunne adaptere viden om brøker. I Batesonsk forstand kan man sige det går fra en fysisk kontekst til en matematisk kontekst.

Aktiv kreativ konstruktion bygger på konceptet om at fremme kreativ og konstruktiv læreproces. Den fysiske konstruktion korresponderer med den kognitive konstruktion af viden (Papert, 1993:121). Der var planer om at udføre en femte iteration af brøkspillet, som skulle indeholde mulighed for at børnene skulle kunne konstruere brøker og udfordre hinanden med disse brøker. Denne ide indeholder i højere grad at brugerinitieret kreativ skaben.

Deltagelse i form leg og bevægelse kan bruges som værktøj for læring. Børnene har nogle erfaringer fra legens verden, som kan bruges i en læringssammenhæng. Og for børn i anden klasse er det nemt at lege, ja det virker nærmest som om, at det er deres grundtilstand. For børnene i denne anden klasse var det som om leg var deres naturlige modus, og når læreren ikke fastholdt dem, så var de fulde af leg og bevægelse. De blev typisk flere gang flere gange i løbet af en dobbelt lektion sendt ud til skolens flagstang og tilbage igen for at løbe energien ud af kroppen. Det digitale læremiddel medvirkede i nogen grad til at kanalisere den lege- og bevægelsesenergi over i læring. For ældre børn og voksne er leg nok ikke det naturlige modus i formelle læringssituationer, og de skal overvindes til at acceptere leg og bevægelse som en del af læreprocessen.

### ***Deltagelse i undervisningen***

Deltagelse i undervisningen var f.eks., når læreren fortalte og stillede spørgsmål til børnene, og hvor børnene stillede opklarende spørgsmål og udførte småopgaver. Dette var den typiske deltagelsesform i klassen. I relation til brug af teknologi i undervisningen ændredes undervisningsformen, og det var derfor vigtigt at redesigne didaktikken. For at et teknologisk læremiddel skal kunne bruges optimalt i et klasserum, var kombinationen af teknologi og meningsfuld velforberedt didaktik essentiel. Seymour Papert understreger vigtigheden af meningsfuld didaktik:

*“Technology in education is effective only if placed in a larger context that combines well-prepared teachers with integrated social services” (Papert 1993:vii)*

Brug af teknologi kræver noget ekstra af en lærer. I dette projekt har det været et specifikt krav, at teknologien skulle være så nem at bruge, som en bog man tager ned fra hylden. ”Fraction Battle” indeholder korte læringssekvenser og oplevelsessekvenser, og spillet kan ikke stå alene. Succesen af ”Fraction Battle” afhænger derfor af didaktikken, hvilket giver underviseren bemyndigelse og kontrol som didaktisk leder. I fjerde iteration erfarede vi at en veltilrettelagt didaktik med brøkspillet som omdrejningspunkt gav en god aktiv deltagelse hos børnene.

### ***Medskaben, leg og innovation***

Medskaben er en særlig form for deltagelse i undervisningen, hvor børnene skaber nyt og f.eks. bygger oven på hinandens ideer. Når der skulle idegenereres med børn, var det vigtigt, at børnene havde noget konkret at bygge videre på, og at de kunne bruge den konkrete erfaring, de efterhånden fik med brøkspillet, idegenerering og historiefortælling. Børnenes ideer blev mere udfoldede og operationaliserbare i de senere interventioner, se f.eks. drengen der ville udvikle et vendespil.

Historiefortælling var en anden forløsende faktor for idegenerering med denne gruppe børn. Selvom flere af historierne ikke havde så meget med matematik at gøre, så løste det også op for at fortælle

historier, hvor der indgik tal og regnestykker. Historiefortælling bragte børnene i en legende og fabulerende situation, hvor de frit kunne komme med historier, som var fantasifulde konstruktioner, som måske eller måske ikke kunne bruges i virkelighedens verden. Historiefortællingsseancen gav børnene et beskyttet legende værksted, og satelliternes udviklingspotentialer blev sat i fokus. Det kunne være interessant at undersøge, om historiefortælling også kunne bidrage i idegenererings-processer hos voksne.

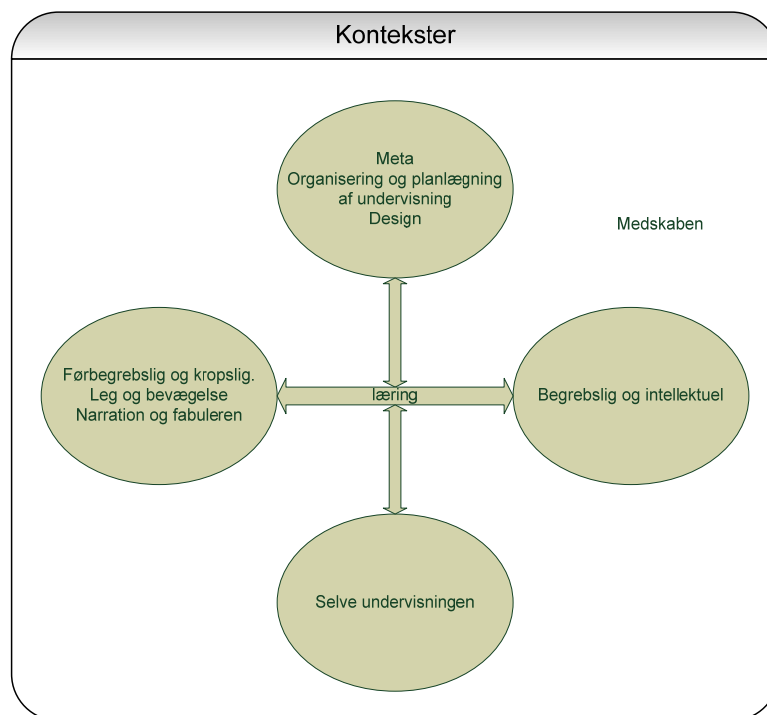
Fællesskab i forbindelse med idegenereringen var centralt, idet børnene ofte brugte hinandens ideer som springbræt til nye ideer eller de byggede videre og kvalificerede hinandens ideer.

---

### 6.6.2 KONTEKSTER OG REFLEKSION

---

Den fysiske kontekst for interventionerne var elevernes klasseværelse, og det var der undervisningen foregik. Denne kontekst var valgt for at eleverne skulle tænke i læring. Teoretisk er kontekster centrale i Batesons teori, og læring sker, når man bruger sin viden og erfaring i en ny kontekst. Denne ide har dannet grundlag for designet af brøkspillet, hvor ideen var at eleverne skulle præsenteres for brøker i en førbegrebslig kontekst og få en kropslig og legende erfaring med brøker. Denne førgrebslige viden om brøker blev under vejs igennem undervisningen transformeret til en begrebslig viden om brøker i en begrebslig og intellektuel kontekst, se nedenstående figur. Tilrettelæggelsen og gennemførelsen af undervisning påvirkede læreprocessen.



FIGUR 56 KONTEKSTER

### ***Læring: Når erfaringer bruges i en ny kontekst***

I casen legede børnene i første omgang med brøkgregningsspillet uden at have nogen særlig viden om brøker (med undtagelse af, at de fik en helt kort introduktion til overskriften "brøker"). Den viden, de tilegnede sig ved at spille spillet var en kropslig og i nogen grad uarticuleret viden. Når børnene så efterfølgende talte om brøker, fik denne kropslige viden ord og blev sat på begreb. I det der blev sat ord med oplevelserne foregik læringen. Børnene fik efter den fysiske leg, opgaver, hvor ord og tal om brøker indgik og dermed havde børnene to kontekster for brøker. Børnene kunne oversætte og tilpasse deres erfaringer til en ny kontekst.

At arbejde med de samme begreber i forskellige kontekster, kræver for det meste en form for intervention, det vil sige undervisning, og denne undervisning skal og tilrettelægges for at kunne støtte denne type af læreproces, se ovenstående figur.

### ***Eksternalisering fra tavs kropslig viden til eksplicit viden***

Eksternalisering er en proces, hvor tavs viden artikuleres til eksplicite koncepter (Nonaka, 1995:64). Det sker, når vi forsøger at beskrive, det vi gør og har oplevet. Vi forklarer det med f.eks. analogier, metaforer, hypoteser eller modeller. I følge Nonaka vil der altid være en forskel på det, vi gør, og det, vi siger, idet det kan være svært at eksplicitere det, vi gør. Det er f.eks. svært at forklare præcist, hvordan man bager et lækkert brød, og hvad det kræver af ælteprocessen, jævnfør kap. 2.4.

I forbindelse med det didaktiske design prøvede vi at fremme denne eksternaliseringsproces. På ovenstående figur ses pilen mellem tavs kropslig viden og eksplicit begrebslig viden. Eksternaliseringen bliver typisk triggeret af dialog og refleksion. Og i en undervisningssammenhæng vil der ofte kunne anvendes en kombination af induktion og deduktion (Nonaka, 1995:64). Dette kom f.eks. til udtryk i den didaktiske plan, jvf. Figur 51. Børnene legede i første omgang med brøkspillet og løste opgaver uden egentlig at vide, at det var brøker. Samtale og refleksion medvirkede til, at disse oplevelser blev omsat til en begrebslig forståelse. Når børnene f.eks. omsatte deres oplevelser med Fraction Battle til begreber om numerisk repræsentation af brøker, fik de ekspliciteret deres tavse viden om brøker.

### ***Meta niveau: Didaktik og design af digitale læremidler***

Planlægningen af undervisning er af central betydning for den måde, læreproces som skal foregå på, se ovenstående figur. Vi erfarede igennem interventionerne, at planlagte forløb var centrale i forhold til de erfaringer, som børnene fik med det digitale læremiddel.

I vores designproces skulle det besluttes, om didaktikken skulle integreres i værktøjet, eller om det skulle være op til underviseren. Fordelen ved at integrere didaktikken i værktøjet er, at det bliver nemmere for underviseren, idet han ikke selv skal tage stilling til den sammenhæng som hjælpemidlet skal bruges i. På den anden side bliver det også spændetrøje for underviseren, hvis han ikke kan bruge værktøjet i flere sammenhænge.

I denne type af primitive læremidler er der ikke så gode muligheder for at indbygge didaktikken, deres styrke ligger i en den kropslige og fysiske erfaring, som børnene får med værktøjet.

At deltage i en designproces er en unik oplevelse og særlig oplevelse for alle, især første gang. Designprocessen blev også en del af børnenes læreproces dels om, hvad teknologisk design er for noget, og dels fik de også en grundlæggende viden om brøker.

Meta-niveauet for børnenes læreproces er planlægningen af undervisningen, hvor underviseren f.eks. tilrettelægger, hvordan børnene nu skal bruge deres erfaringer i nye kontekster.

### **Refleksion og læring 2**

Refleksion og læring foregik hovedsageligt på Batesons niveau 2, hvilket giver en god og dyb læring, hvor elever tilpasser deres viden ved at overføre den fra en kontekst til en ny, som de gjorde, når de f.eks. omsatte en fysisk oplevelse til begrebslig viden, og når de gik fra grafisk til numerisk repræsentation. Der var ikke lagt vægt på, at børnene skulle bevidstgøres og tænke over deres måde at lære på, og der blev ikke konstateret sådanne refleksioner undervejs.

Elever gjorde sig dog undervejs en del praksisrefleksioner, f.eks. diskuterede de hvordan de nemmest kunne udføre spillene, og hvad der var hurtigst. Figur 53 viser, hvordan en elev planerlægger at løse sine opgaver ved Fraction Battle. Eleven siger f.eks. "hvis der ikke er en 4'ere så tager jeg 2 2'ere". Denne type refleksioner i situationen er af optimerende karakter (Schön, 2001). Optimerende refleksioner betegner Schön som refleksion i handling, se et konkret eksempel på Figur 53 fra fjerde iteration. I femte iteration var der desuden en del refleksion-over-handling (Schön, 2001), og læreren fortalte at børnene ofte refererede til brøkspillene, når der i klassen efterfølgende blev snakket fagligt om brøkdele og division.

---

### 6.6.3 EVALUERING AF FORSKNINGS- OG DESIGNPROCESSEN

---

Tilgangen til design adskiller sig fra både mål-orienteret og teknologidrevet design (se kapitel 0). Hvis en mål-orienteret tilgang havde været valgt, ville det ikke have været muligt at udforske teknologien tilstrækkeligt. Vi skulle have stillet os tilfredse med foruddefinerede mål. Foruddefinerede mål ville på den anden side have tvunget os til at redesigne hardwaren til vise anden en brøker der gik op i seksten.

Hvis vi havde valgt en teknologisk tilgang, havde vi ikke fået nogen erfaring med at udvikle og udføre forskellige didaktiske planer som spillede sammen med "Fraction Battle", og de konkrete læringsmål ville stadig have været uklare. Beta-testning udført i slutningen af et udviklingsforløb kan afsløre nogle læringsmål, men beta-test vil kun kunne belyse en meget begrænset del af potentialet.

Vi var tilfredse med, at forskningen skabte en unik læremiddelprototype, som kunne introducere brøker. Især var vi tilfredse med den ledsagende didaktik, som er tilpasset målgruppen. Igennem iterationerne fik vi et godt billede af potentialer og begrænsninger i hardwaren. Det viste sig, at hardwaren begrænsede læringsmålene på grund af den begrænsende grafiske repræsentation af brøker. Game-play'et, som er indlejret i softwaren, kan stadig forbedres, og der er udforskede potentialer her.

Den designbaserede aktionsforskning gjorde os mere åbne overfor udforskning af målgruppen. Det afsluttende interview i klassen var en standard-del af den designbaserede aktionsforskning. Formidlingen af forskningsresultater til børnene og deres lærer ved at vise video gav også ny information til forskningsprocessen f.eks. om langtidseffekterne af interventionerne og ny viden om hvordan børnene lærere og det gav os nye ideer til forskning.

---

### 6.7 OPSAMLING

---

#### **Opsamling: Hvad kan "Fraction Battle" som en bog ikke kan**

Det unikke ved at transformere en robotteknologisk legeplads til et læremiddel kan samles med følgende nøgleord: differentieret tilgang til undervisning og fleksibel didaktik; aktiv brug af børnenes spilkompetencer; kropslig oplevelse; fysisk bevægelse og træning; kollaboration og teknologisk forståelse.

Teknologi i klassen er et værktøj for læreren til at differentiere og variere undervisningen. Fraction Battle gør det muligt for underviseren at planlægge undervisningen til børnenes meget forskelligartede behov. Spillene er på forskellige faglige niveauer, og børnene kan bruge kortere eller længere tid ved de enkelte aktiviteter og stadig få feedback fra systemet. Underviseren kan planlægge sin undervisning som en kombination mellem traditionel undervisning og inkludere "Fraction Battle" som en ekstra resurse.

Mange digitale spil til brug i undervisning har en indbygget og fastlagt didaktik, det vil sige, at designerne har besluttet hvordan der skal undervises i det pågældende faglige område. Underviserne kommer på denne måde ud på et sidespor, hvor de overvåger undervisningen lidt fra sidelinjen uden at kunne påvirke og justere forløbet til klassen. I Fraction Battle er det underviseren der styrer slagets gang og tilpasser didaktikken, så den passer børns ofte meget forskelligartede forudsætninger.

Børnene kunne bruge deres erfaring med computerspil som løftestang for at læring om brøker. Desuden kendte børnene de initiale spil fra den udendørs edderkop. Børnene kunne fuldføre spillene i Fraction Battle, og de tænkte desuden flere regler ind i spillene for at forbedre gameplayet, f.eks. hvem der hurtigst kunne komme igennem et givent niveau, og hvem kunne løse opgaven ved at trykke på færrest satellitter.

Den kropslige oplevelse er beskrevet i det forrige afsnit med før-begrebslig tavs viden. Og den fysiske bevægelse kan iagttages, figurerne fra videooptagelserne. Se f.eks. Figur 50, som viser hvordan opgaverne ved Fraction Battle af og til blev løst i højt tempo og under store energiudfoldelserne.

Brøkspillet gav børnene en forståelse af, at teknologi kan være andet end computere, playstation og mobiltelefoner. Denne unikke testgruppe fik desuden en indsigt i design af teknologi, og de fik mulighed for at påvirke designprocessen. Konsekvensen af dette kan påvirke der forhold til teknologi i frem-



tiden. De ved nu at teknologi kan tilpasses deres behov, og at det ikke altid er dem der må tilpasse sig teknologien.

### Opsamling på analysen

Designet og brugen af Fraction Battle blev for eleverne en udforskning af et ny og abstrakt emne, brøkgregning. Teknologien gav muligheder for, at de kunne kombinere fysiske erfaringer med emnet med en mere begrebslig forståelse, at de kunne bevæge sig mellem forskellige refleksionsniveauer, og dette kunne ske i et konkret samarbejde, hvor eleverne kunne bruge hinanden.

Socialitet og praksisfællesskaber dannede grundlag for lære- og designprocessen. Elever, lærer og forskere fungerede som et praksisfællesskab for design af robotteknologiske læremidler. Elever og lærer skulle bidrage med ideer og erfaringer til designprocessen, dvs. de skulle være deltagere designprocessen. De prægede da også designprocessen undervejs, f.eks. med hensyn til hvordan man kunne implementere forskellige sværhedsgrader i spillene.

En af de bærende ideer i "Fraction Battle" var at eleverne skulle arbejde med brøker i forskellige kontekster. I første omgang en fysisk og interaktiv kontekst, som de skulle lære at kende inden de fik nogen fik nogen særlig introduktion til brøker. Dette var inspireret af Papert (Papert, 1993). Denne fysiske erfaring skulle så gøre det nemmere for eleverne arbejde med brøker i andre kontekster. Eleverne arbejdede med brøker i tre forskellige kontekster, grafisk-interaktiv, grafisk-papir og numerisk.

En del af læringen forgik på Batesons niveau 2, hvor elever tilpasser der viden, f.eks. ved at overføre den fra en kontekst til en ny som de gjorde når de gik fra grafisk til numerisk repræsentation. Det var ikke lagt vægt på at børnene skulle bevidstgøres over tænke over deres måde at lære, og der blev ikke konstateret sådanne refleksioner undervejs. Elever gjorde sig dog under vejs en del praksisrefleksioner f.eks. diskuterede de hvordan de nemmest kunne udføre spillene og hvad der var hurtigst. Denne type refleksioner i situationen er af optimerende karakter (Schön, 2001).

I forbindelse med designprocessen blev der lagt vægt på at eleverne skulle være medskabende, det vil sige de skulle deltage aktivt dels i designprocessen og dels i undervisningen med "Fraction Battle". Børnene skulle føle sig hørt, således at de blev stimuleret til deltagelse. I designprocessen bidrog børnene med konkrete ideer til det videre design. Det viste sig dog at børnene, at børnene havde svært ved at komme med konkrete ideer om matematik, idet de selv endnu var novicer på dette felt. Mere indirekte fik deres måde at arbejde med brøkspillene på, konsekvenser for den videre og udviklingsproces. Det blev i planlægningen af undervisningen fokuseret på aktiv deltagelse, f.eks. skulle børnene forløbet selv tegne brøker og konvertere mellem grafisk og numerisk repræsentation.

Eleverne var innovative og brugte deres fantasi og kreativitet i forbindelse med idegeneringen til spillene. Fra begyndelsen var der ideer mangeartede, og der var en tendens til at deres ideer blev mere udfoldede og præcise længere henne i forløbet, dels fordi de bedre forstod hvilke ændringer der var mulige og dels for de blev mere erfarne med idegenering. Denne pointe er væsentlig og vil kunne udnyttes i fremtidige designforløb i en læringskontekst med børn.

### Opsamling på forskningsmetoden

Der er et stort potentiale i at inddrage målgruppen fra begyndelsen som medskabere. Det er dog vigtigt at gøre dem bekendt med udviklingsprocessen, som ellers kan komme til at virke uoverskuelig.

At interventionerne fandt sted i klasserummet var en stor hjælp. Læreren hele tiden fungerer i sin naturlige lærerollen. Det blev nemmere at designe for undervisning i klassen. Og det sporede børnenes tanker i retning læring, selv om de forbandt den teknologi vi medbragte med leg, bevægelse og frikvarter.

Den afsluttende intervention i fase tre gav et godt fingerpeg om langtidsvirkningerne forsøget, og det viste sig at eleverne huskede en meget både fra designprocessen og om brøker. Og den afsluttende intervention bibragte dem en samlet forståelse af deres rolle som medskabere i designprocessen.

Den retrospektive analyse gav mulighed for at komme et spadestik dybere og for at betragte designprocessen igennem analysemodellens filter, hvilket gav en god strukturering og en dybere forståelse af hvordan refleksion, kontekster, medskaben og socialitet konkret udmøntedes.

### Perspektiver for Fraction Battle

Hvis "Fraction Battle" skulle udvikles videre, så skulle f.eks. hardwaren opdateres og gameplay'et videreudvikles. Og siden forsøgene med "Fraction Battle" er hardware platformen da også blevet opdateret.

Platformen er blevet videreudviklet, således at der nu er trådløs radioforbindelse imellem satellitterne. Den trådløse forbindelse stilles til rådighed af ZigBee-teknologi, som også i nogen grad anvendes i forbindelse med både I-BLOCKS, og de interaktive fliser som introduceres i afsnit 4.4 og 4.5.



FIGUR 57 TRÅDLØSE SATELLITTER

På figuren herover ses de trådløse satellitter. Til venstre ses opbevaringskufferten, som indeholder opladerfunktionalitet. På billedet i midten ses satellitterne frit på gulv, og på billedet til højre sidder de magnetiske satellitter fast på en whiteboard.

## Læreprocesser og robotsystemer

Dette åbner nye eksperimenter til brug i skolen, f.eks. til brug udendørs og i forbindelse med idræt. Man kan også forestille sig nye anvendelser inden for matematik, hvor man f.eks. kombinerer applikationer på mobiltelefoner og satellitter.

## 7 CASE 2: DESIGN AF ROBOTTEKNOLOGISK LÆREMIDDEL NUMBER BLOCKS

---

- DESIGN AF NYE ROBOTSYSYSTEMER SOM CENTRUM FOR LÆREPROCESSER

**Resume** Kapitlet beskriver udviklingen af et modulært robotsystem læremiddel til støtte for matematikundervisning i indskolingen. Konkret består læremidlet af interaktive klodser, og det kan bruges til at understøtte undervisning i positionssystemet og sammenligning af tal. På dansk er det særligt vanskeligt at lære at udtrykke tal, fordi vi i udtaleformen bytter om på de to mindst betydende cifre f.eks. siger vi en-og-tyve og ikke "tyve-og-en" (Majgaard, 2010). Udviklingen er foregået som en del af design based action research (jævnfør afsnit 5), og i samarbejde mellem DPU, DTU, Rosengårdskolen og SDU. Fra Rosengårdskolen deltog en anden klasse deres matematiklærer og en referencegruppe af matematiklærere fra indskolingen som aktive deltagere i designprocessen. Læremidlet forbinder fysisk interaktion, læring og øjeblikkelig feedback. Overraskende fandt børnene det sjovt at konkurrere om, hvem der kunne bygge det største tal. Dette eksemplificerer den tætte forbindelse mellem læringsmål, gameplay og læremidlet.

Kapitlet er skrevet med udgangspunkt i udviklingen af "Number Blocks" og nedenstående artikler.

Majgaard, G., Misfeldt M., og Nielsen J., "Robot technology and Numbers in the Classroom", IADIS CELDA 2010 Proceedings, 2010. (peer reviewed short paper)

Majgaard, G., Misfeldt M., og Nielsen J., 2011. "How Design-Based Research, Action Research and Interaction Design Contributes to the Development of Design for Learning", Artiklen er submittet til *Designs for Learning* (peer reviewed full paper)

### 7.1 INTRODUKTION

---

Kapitlet beskriver udviklingen af et modulært robotsystemlæremiddel til støtte for matematikundervisning i indskolingen. Konkret kan læremidlet bruges til støtte i forbindelse med undervisning i positionssystemet og sammenligning af tal. Positionssystemet er begrebet for hvordan tal udtales afhængigt af det enkelte ciffers position. På dansk er det særligt vanskeligt, at lære at udtrykke tal, fordi vi i udtaleformen bytter om på de to mindst betydende cifre f.eks. siger vi en-og-tyve og ikke "tyve-og-en" (Majgaard, 2010). På f.eks. engelsk og japansk udtales tal i samme rækkefølge som de skrives.

Læremidlet er udviklet i et samarbejde mellem DPU, DTU, Rosengårdskolen og SDU. Fra Rosengårdskolen deltog en anden klasse, deres matematiklærer og en referencegruppe af matematiklærere fra indskolingen som aktive deltagere i designprocessen.

Forsknings og udviklingsmetoden er foregået som en del af design based action research (jævnfør afsnit 5), og der er lagt vægt på, at målgruppen både børn og undervisere skulle være aktive deltagere. I det omfang det har været muligt har målgruppen været med-designere. Lærere og børn har f.eks. deltaget i brainstorming i de første faser af projektet. Børnene har også indtalt tallene, som brugtes til talesyntesen. Forløbet bygger videre på erfaringerne fra den tidligere case, Fraction Battle.

Læremidlet forbinder fysisk interaktion, læring og øjeblikkelig feedback. Det viste sig, at børnene fandt det motiverende og underholdende at konkurrere om, hvem der kunne bygge det største tal. Dette eksemplificerer den tætte forbindelse mellem læringsmål, gameplay og læremidlet.

I det følgende gøres der rede den konkrete teori der ligger til grund for Number Blocks. Derefter beskrives læremidlet Numberblocks. Dette efterfølges af et resume af udviklingsprocessen herunder en redegørelse for hvordan tidligere designerfaringer, har påvirket gennemførelsen af dette projekt. Til slut vil der være en retrospektiv analyse og en opsamling.

---

### 7.2 TEORI SOM LIGGER TIL GRUND FOR NUMBER BLOCKS

---

Komparative undersøgelser har vist sprogligt betingede forskelle i talord og forståelse af titalssystemet. (Ejersbo, 2010, Miura et al. 1989 (kilden er bestilt)). En af årsagerne til disse forskelle ligger i, om talordene bruges på en regelmæssig måde, og om talordene afspejler titalssystemet (Ejersbo 2010).

Danske ord for talord mellem en og 100 afspejler ikke systematisk titalssystemet. F.eks. forholder talordene mellem elleve og nitten (11,12,13 ...) og dekadetal (20,30,40. ...) sig ikke på nogen væsentlig måde til titalssystemet. Tallene halvtreds, tres, halvfjerds, firs og halvfems er de forkortede former af henholdsvis halvtredsindstyve, tresindstyve, halvfjerdsindstyve, firsindstyve og halvfemsindstyve. De ender alle på -indstyve der består af sinde, der betyder 'gange', og tyve. Der er altså i alle disse tal tale om en sneseberegning, hvor tallet ganges med tyve (Karker, 1959).

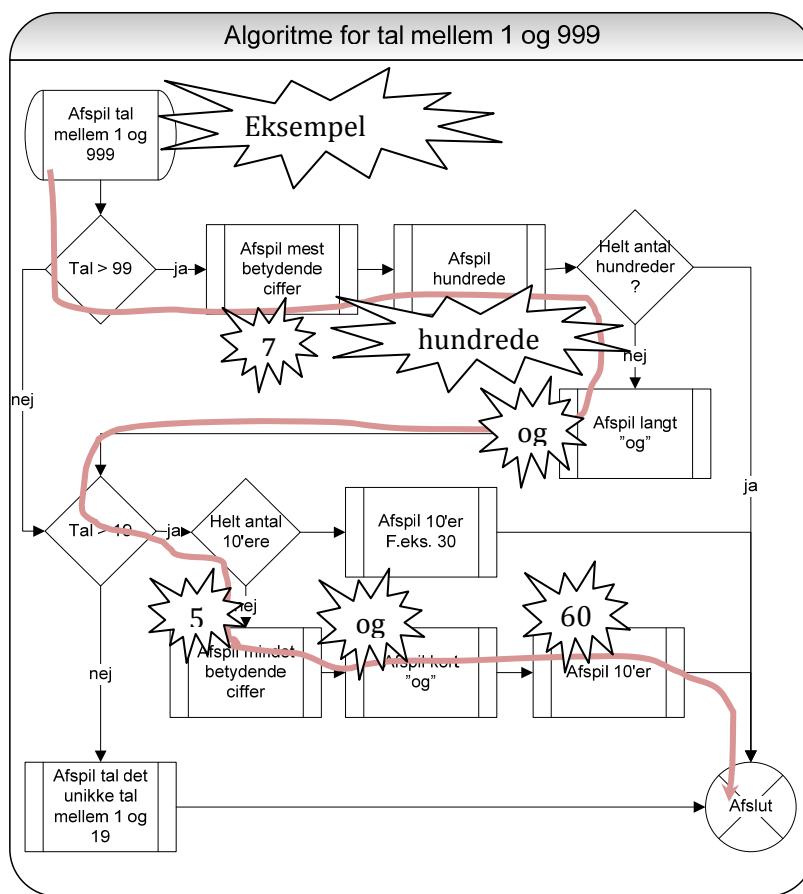
De særlige tal på halv- kommer af en række gamle talord som halvanden, halvtredje, halvfjerde, halvfemte, som betyder ' $1\frac{1}{2}$ ,  $2\frac{1}{2}$ ,  $3\frac{1}{2}$ ,  $4\frac{1}{2}$ '. I dag overlever kun halvanden som selvstændigt ord. De øvrige bruges udelukkende i de nævnte talord (Karker, 1959):

- Halvtredsindstyve: er dannet af halvtredje, sinde og tyve, altså ' $2\frac{1}{2}$  gange 20'.
- Tresindstyve: er dannet af tre, sinde og tyve, altså '3 gange 20'.
- Halvfjerdsindstyve: er dannet af halvfjerde, sinde og tyve, altså ' $3\frac{1}{2}$  gange 20'.
- Firsindstyve: er dannet af fire, sinde og tyve, altså '4 gange 20'.
- Halvfemsindstyve: er dannet af halvfemte, sinde og tyve, altså ' $4\frac{1}{2}$  gange 20'.

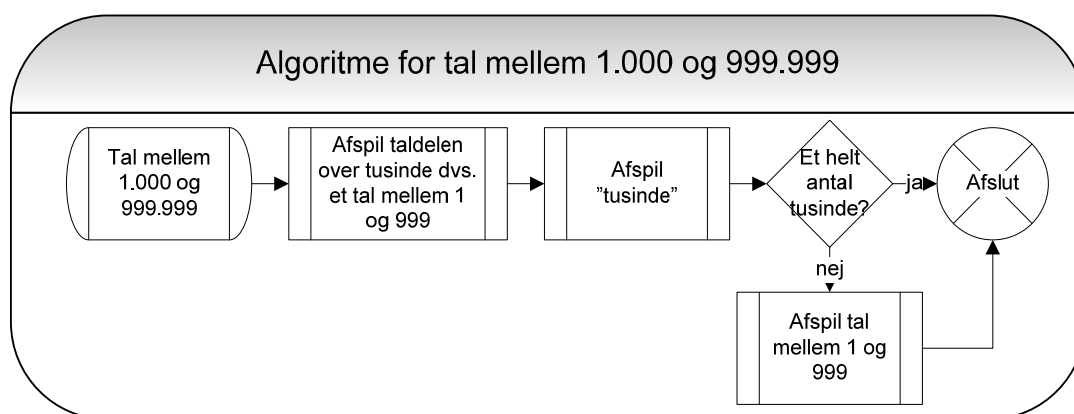
Undtagelsen er fyrre eller fyrretyve, som svarer til det gammeldanske fyrriughu, der betyder '4 tiere'. Ordet fyrretyve hører altså i virkeligheden til en titælling (Karker, 1959). Titælling er netop det, man har på f.eks. engelsk og japansk, og det skulle være nemmere dem for at forstå talord, da det er mere systematisk end de danske talord (Ejersbo, 2010).

Hundrederne og tierne udtales desuden i omvendt rækkefølge i forhold til, hvordan de er skrevet, som eksempel på problemerne udtales 65 som '5 og 60'. For tallet 765 udtales først det mest betydende ciffer, se Figur 58, dernæst det mindst og til sidst udtales tierne. Figur 58 udtrykker i øvrigt den komplekse algoritme, som blev brugt som grundlag for design af dele af softwaren i Number Blocks. Den

omvendte rækkefølge i udtale af cifre mellem 20 og 100 påvirker også større antal som f.eks. 27.000, Figur 59.



FIGUR 58 ALGORITME FOR TAL MELLEM 1 OG 999



FIGUR 59 ALGORITME FOR TAL MEL MELLEM 1.000 OG 999.999

### 7.3 BESKRIVELSE AF NUMBER BLOCKS

Number Blocks (Figur 60), som er udviklet i dette projekt, er baseret på den generelle platform I-BLOCKS, se 4.4 om I-BLOCKS platformen og deres brug i andre sammenhænge.



FIGUR 60 NUMBER BLOCKS

Number Blocks giver børn mulighed for at udforske tal og deres positioner i titalssystemet. Det foregår på en taktil måde, som fokuserer på, at børnene selv bygger tal ved at forbinde I-BLOCKS. Der er sat cifre på kuberne, og hver kube kommer til at repræsentere et ciffer i det konstruerede tal. Bemærk, at seks sider ikke er tilstrækkeligt til at repræsentere ti cifre, så derfor kan de enkelte kuber udgøre kun en delmængde af cifrene i titalssystemet. Cifret bliver registreret i det indbyggede accelerometer, som så afgør, hvilken side der i øjeblikket vender opad.

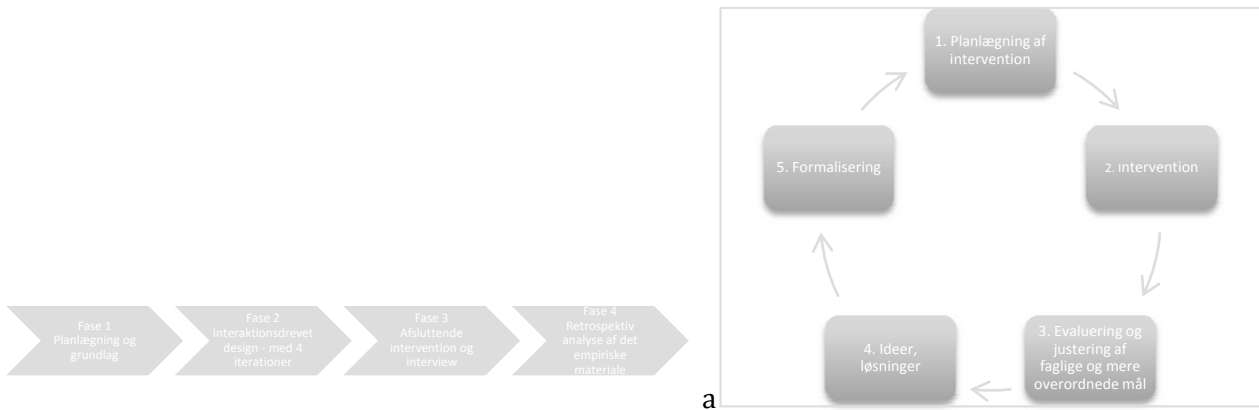
Brugeren forbinder kuberne på række for at skabe større tal, hvilket svarer til at skrive cifre i linjer for at skabe større skriftlige tal. Når børnene så forbinder den særlige master kube til talrækken, afspiller systemet det sammensatte tal.

Det komplette system består af 11 kuber, hvoraf den ene fungerer som en master. Denne master indeholder en Zigbee, som forestår radiokommunikation til en pc. PC'en fungerer som en audio afspilningsenhed for de sammensatte tal, og tallene er indspillet med målgruppens egne stemmer. En algoritme sikrer, at de enkelte cifre afspilles i den rigtige rækkefølge, se Figur 58 og Figur 59. Number Blocks kan også bruges til talsammenligning, f.eks. sammenligning af 3.456 med 4.356.

### 7.4 DEN KONKRETE BRUG AF FORSKNINGSMETODEN DESIGNBASERET AKTIONSFORSKNING

---

Den eksperimentelle forskning involverede en udviklingsproces, der blev udført i fire faser, se nedenstående figur til venstre.



Figur 61. (a) Overblik over den samlede forskningsproces (b) Iterativ cyklus i fase 2

Kort beskrivelse af de fire faser:

- 1) Fase 1 var Planlægning og grundlag, hvor udviklingsprojektet blev planlagt og grundlagt. Derudover blev erfaringer fra det tidligere projekt indarbejdet.
- 2) Fase 2 var den iterative og interaktionsdrevne proces, hvor der med hensyn til Number Blocks var seks iterationer. Hver iteration bestod af planlægning, intervention, evaluering, idegenering, formalisering af ideer og implementering, se Figur 61. (a) Overblik over den samlede forskningsproces (b) Iterativ cyklus i fase 2.
- 3) Fase 3 bestod af en afsluttende intervention med målgruppen, hvor de foreløbige resultater blev fremlagt. Herudover blev elever og lærer interviewet.
- 4) Fase 4 var den retrospektive analyse, hvor læringspotentialer og erfaringer med forskningsmetoden blev analyseret.

I Planlægning og grundlag blev det fastlagt, at alle interventioner med målgruppen skulle optages på video til senere forskningsmæssig efterbehandling og brug i den retrospektive analyse. Derudover blev der udformet en overordnet plan for antallet af interventioner. Endvidere udvalgte vi en konkret målgruppe, og denne samme gruppe var involveret i hele forløbet.

### 7.5 GRUNDLAG FOR PROJEKTET OG ERFARINGER FRA TIDLIGERE PROJEKT (FASE 1)

I det efterfølgende samles grundlaget for projektet. Herunder inddrages erfaringer fra det tidligere projekt om brøkregning i indskolingen. Derudover beskrives forskergruppen og målgruppen kortfattet. Og til slut beskrives forskningsmetoden kort.

#### **Erfaringer fra "Fraction Battle", som konkret indarbejdes i projektet**

Dette projekt har skullet bygge videre på erfaringerne fra "Fraction Battle" (jævnfør afsnit 7). "Fraction Battle" kom således til at danne et slags pilotprojekt for dette projekt. Noget af den kritik, der er blevet



givet i forbindelse med feedback fra parterne i udviklingsprojektet, konferencer, foredrag og vejledning, er så vidt muligt blevet indarbejdet i dette projekt.

Nøgleord for erfaringerne er: gradvis afklaring af læringsmål og udforskning af teknologiens potentialer; transparent planlægning og projektførløb i forhold til målgruppen; mere struktur i inddragelse af målgruppen; hardwarebegrænsninger i forhold til læringsmål, der potentielt kan føre til fejllæring; konkrete læringsmål og trinmål.

Med hensyn til design baseret action research var konklusionen fra "Fraction Battle", at metoden fungerede. Det var en fordel at være i dialog med målgruppen fra første færd, og netop dette medvirkede til at det faglige niveau og dynamikken i spillet kom til at matche. Derudover var det også målgruppens omgang med teknologien, som medvirkede til at afdække teknologiens potentialer. Den gradvise udforskning af potentialerne spillede konstruktivt sammen med den gradvise formulering af læringsmål. Inddragelse på den måde det blev gjort i "Fraction Battle" forudsætter, at man har den konkrete teknologiske platform ved hånden fra begyndelsen.

Vedrørende transparent projektstyring var der f.eks. nogle praktiske og konkrete erfaringer i forhold til samarbejdet med målgruppen. Målgruppen ville gerne vide, hvornår vi kom næste gang. Og de brød sig ikke så meget om, at der var for langet pauser mellem besøgene. I dette projekt blev der derfor efter hver intervention altid sendt en e-mail, hvor der blev orienteret om projektets aktiviteter og planer for det næste besøg. Der blev desuden sendt billeder til klassen, som blev taget i forbindelse med interventionerne. Transparens i forbindelse med udviklingsforløbet sikrer, at både forskere og målgruppen kender status på projektet, at alle ved hvad næste fase går ud på, og hvad der arbejdes på i mellem interventionerne.

I udviklingen af "Fraction Battle" var det ambitionen at inddrage børnene i en meget åben udvikling af ideer til emner og læremidler. Det viste sig, at inddragelsen var meget velegnet til at give en forståelse af børnenes motivation, deres læringspotentialer og måder at arbejde på. Derimod var det svært for børnene at komme med præcise forslag til emner og arbejdsmetoder, da de ikke på forhånd kendte til de emner, de skulle arbejde med. Vi valgte at forfølge deres interesse for at lægge tal sammen og trække tal fra hinanden. Men vi besluttede, at de skulle gøre dette med brøker.

Et af de største problemer med "Fraction Battle" var hardwarebegrænsninger i forhold til læringsmålene. "Fraction Battle" var begrænset af kun, at kunne vise multiplum af sekstendele. Hvis "Fraction Battle" skulle have været udviklet videre, ville det være essentielt at få udryddet denne begrænsning. En begrænsning af denne type vil kunne føre til frustration og forvirring hos målgruppen. Når børn i første omgang lærer om brøker er det ok at lære om halve, fjerde-, ottende- og sekstendele. Men det er en klar begrænsning, at f.eks. tredje-, femte- og syvendedele ikke er repræsenterbare. Målgruppen kan blive frustrerede og vise symptomer på forstyrrelse. Det er derfor vigtigt i læreprocessen at give børnene grundlæggende erfaringer om brøker, der komplementerer og supplerer hinanden, således at fejllæring og frustrationer undgås. Forstyrrelse og frustration kan undgås, hvis der er mange og tydelige kontekstmarkører (Bateson 2000 DK:298), og det vil for brøkers vedkommende f.eks. kunne være forskellige repræsentationsformer, det vil sige forskellige typer af grafiske repræsentationer eller decimaltal.

I forlængelse af idegenereringen af dette udviklingsprojekt blev dette forhold italesat, og det var vigtigt, at den udvalgte ide kunne understøttes fuldt ud af den valgte hardwareplatform, eller at platformen

kunne redesignes, så den matchede ideen. Det var essentielt af platformen ikke i sig selv dannede grundlag for fejllæring.

Det er vigtigt af have fokus på samspillet mellem læringsmål og trinmål. I forbindelse med "Fraction Battle" var der ikke fokus på trinmålene. Temaet med brøker passer dog med trin- og slutmål for tredje klasse (Folkeskolens trinmål: bilag 17). Børnene skal efter tredje klasse kende eksempler og brug af decimaltal og simple brøker. Slutmål og trinmål markerer det enkelte fags progression. Slutmål og trinmål er ifølge folkeskoleloven fælles nationale mål for, hvad undervisningen skal lede frem ved afslutningen af bestemte klassetrin (Folkeskolens trinmål: Indledning). I denne case har udviklergruppen haft fokus på trinmål i forbindelse med konceptualisering, og ideen til casen er først godkendt efter, at trinmålene er blevet gransket. I denne case er det særligt trinmål for de naturlige tals opbygning og ordning og titalssystemet (Folkeskolens trinmål: bilag 17), der har været fokus på.

### **Flerfagligt samarbejde og målgruppen**

Samarbejdet blev til mellem tre forskere: Jakob Nielsen, DTU, Morten Misfeldt DPU og undertegnede.

Det særlige ved samarbejdet var, at vi repræsenterede flere forskellige fagligheder. Jacob Nielsen havde erfaring med den konkrete platform og digitale systemer til leg og uformel læring. Morten Misfeldt havde erfaring med naturvidenskabsdidaktik, matematik og forskellige computerbaserede udviklingsprojekter. Og undertegnede har viden om teknologi, designmetoder og læring. Denne flerfaglighed gjorde det muligt at fokusere både på potentialerne i teknologien kombineret med læringsmål.

Målgruppen bestod af 2.a fra Rosengårdsskolen og deres matematiklærer. Der var i efteråret 2010 ca. 22 elever i 2.a. Under hele udviklingsprocessen fulgtes den samme klasse. Derudover blev der holdt møde med en gruppe af referencelærere, som underviste i matematik i indskoling.

---

## 7.6 RESUME AF UDVIKLINGSPROCESSEN (FASE 2)

---

Udviklingsprocessen kan opdeles i en konceptualiseringsdel og en egentlig udviklingsdel. I konceptualiseringsdelen blev det besluttet, hvilken ide der skulle udvikles, og der blev beskrevet scenarier for den konkrete brug.

Derudover var designprocessen iterativ, jævnfør designbaseret aktionsforskning (se 5 *Forsknings- og designmetode: Designbaseret aktionsforskning*). Processen omfattede seks interventioner med vores målgruppe, som hver varede cirka to timer. Hver intervention blev videooptaget. Temaerne for interventionerne var: (1) Lær hinanden at kende og teknologi (2) Brainstorming og beslutningstagning, (3) Optagelse af lyd, (4) Test af prototype, (5) Sammenligning af tal, (6) Brug af I-BLOCKS, hvor underviseren styrede klodserne.

I forlængelse af sidste intervention blev børn og underviser interviewet.

Efter hver intervention, evaluerede forskergruppen interventionen og besluttede, hvordan projektet skulle skride fremad, f.eks. hvilke ideer som skulle implementeres. Ideerne blev vurderet efter, hvor

centrale de var i relation til de besluttede læringsmål. Derudover blev ideerne afvejet efter, hvor kompakte eller tidskrævende de var at implementere på platformen.

### **Første intervention. Lære at kende hinanden og teknologien**

Børnene prøvede de eksisterende I-BLOCKS med en musikapplikation (Nielsen et al 2008b.). Målet med interventionen var at vurdere potentialet af I-BLOCKS og at lære hinanden at kende for at gøre det fremtidige samarbejde lettere for både børn og forskere. Børnene blev også inddraget i en helt indledende brainstorm, hvor de kunne fortælle om deres om deres ideer og erfaringer fra arbejdet med matematik. Denne inddragelse blev fulgt op i anden iteration.

Efter denne intervention afholdt forskergruppen en brainstorming, og en række ideer blev vendt, herunder læremiddel til støtte for udtale af tal, funktionalitet i stil med Zuckermans flow-blocks (Zuckerman, 2005) med en række ideer om flow, dynamik kontrol og balance, f.eks. kunne lys visualisere, hvordan vand vil fordele sig i en konstruktion. Derudover var der ideer om at brug klodserne til afstandsbedømmelse, sandsynlighed, 6-talssystemet etc. Der blev dog af metodemæssige årsager ikke taget stilling til, hvilken ide der var bedst. Det er fra anden forskning anbefalet, at man ikke med det samme udvælger ideer, men at man lader ideerne modne nogle dage (Fullerton, 2008). Derudover skulle målgruppe også have mulighed for at påvirke idegenereringen.

### **Anden intervention 2. Brainstorming og beslutningstagning:**

Målet med denne intervention var målgruppen skulle skabe ideer til et passende læremiddel på I-BLOCKS platformen. Børnene havde ideer om, hvordan man bruger de enkelte blokke til matematik, f.eks. at man kunne lægge sammen og trække ved hjælp af terningerne. Udover brainstorming med børnene havde vi også et møde med en gruppe af matematiklærere fra samme skole. De foreslog, at man kunne bruge I-BLOCKS til at hjælpe børn med at udtale tal. De nævnte desuden, at Montessori havde nogle øvelser med klodser, tal og positionssystemet.

Som resultat af de tre niveauer af brainstorming besluttede forskergruppen at designe et system, der støttede undervisning i ti-talssystemet og de enkelte cifres positioner. Senere var planen, at systemet skulle udvides til også at omfatte taloperationer som f.eks. sammenligning af tal.

### **Tredje intervention og iteration. Optage lyd og udvikling af den første prototype:**

Vores næste skridt var at optage de nødvendige tal for at udvikle talesyntese. For at inddrage børnene som medskabere i designprocessen, valgte vi at bruge børnenes egne stemmer. Det tog ca. to timer at optage de nødvendige tal. 1,2-19;20,30-90,100,200-900,1.000,2.000-9.000 ect. op til 9.000.000.000. Der udover skulle der optages "og" i kort og lang form, idet der er forskel på og'ets længde i tal som f.eks. 527: "femhundrede-(langt)og-syv-(kort)og-tyve".

Derefter implementeredes den første eksperimentelle prototype af Number Blocks. Herunder er highlights fra koden, som er medtaget, fordi den konkretiserer den særlige danske og germanske udtale af tal.

I Figur 62) ses, hvordan en del af algoritmen for udtale af tal ser ud i programmeringssproget JAVA. Koden fungerer for udtale af tal mellem 1.000 og 999.999, begge inklusive. Først afspilles den del af tallet, som er større end tusinde, dernæst afspilles talordet tusinde, og til sidste afspilles den del af tallet, som er under tusinde, f.eks. 27 – tusinde- 531. Dette afspejler, at tal udtales i klumper på tusinde. I øvrigt svarer Figur 59 til Figur 62, hvor den første er udtrykt med en slags flow-diagrammering og den sidst i JAVA-kode

<pre> If (tal&gt;999){     optil999( tal/1000);     Sounds.saytusinde.play();     if( tal%1000 != 0)         optil999(tal%1000);     else         return; }                 </pre>	<pre> //tal i området 1.000..999.999 afvikles i denne if-sætning (eksempel 27.515) //Der afspilles den del af talordet der er over tusinde f.eks. 27. //Der afspilles "tusinde" //Hvis tallet er forskellig fra et helt antal tusinde, så kaldes metoden for udtale af //tal mellem 0 og 999, f.eks. 531 //ellers afsluttes                 </pre>
--	--

FIGUR 62 KODEEKSEMPEL FOR AFSPILNING AF TAL MELLEM 1.000 OG 999.999 BEGGE INKLUSIVE

Algoritmen for afspilning af tal mellem 0 og 999, begge inklusive, er en smule mere indviklet, på grund af den særlige danske udtale af to-cifrede tal, se Figur 63. Den første del af if-sætningen specificerer en betingelse "if(tal>99)", og hvis denne er opfyldt afspilles en optagelse, hvor der benævnes et antal hundreder efterfulgt af "og". Resten af if-sætningen specificerer en situation, hvor den første del ikke er opfyldt: "else if(tal>19)" og "else (tal<=19)".

<pre> Public void optil999(int tal) {     if(tal&gt;99){         hent_op_til_19(tal/100);         Sounds.sayhundrede.play();         if(tal%100 == 0)             return;         else             Sounds.sayog.play();         tal = tal%100;     }     else if(tal&gt;19){         if(tal%10 == 0){             hent_10ere(tal);             return;         }         else{             hent_op_til_19(tal%10);             Sounds.saykortog.play();             hent_10ere(tal-(tal%10));         }     } }                 </pre>	<pre> //tal i området 0..999 afvikles i denne i metode // hvis tallet er større end 99, // afspil mest betydende ciffer dvs. antal hundreder //derefter afspilles hundrede //hvis et helt antal hundreder afsluttes  // ellers hvis tallet ikke er et helt antal hundreder // afspilles "og"  // cifret for hundreder pilles af tallet  // hvis tallet er større end 19 // og hvis tallet er en hel 10'er, f.eks. 30 // afspilles 10'eren, dvs. f.eks. sige 30  // eller hvis tallet er ikke er en hel hel ti'er, f.eks 31 // afspil eneren, f.eks. 1 // afspil og // afspil ti'eren, f.eks. 30                 </pre>
--	--

<pre> } else (tal&lt;=19)   hent_op_til_19(tal); } </pre>	<pre> //tallene mellem 0 og 19 udtales individuelt </pre>
---	---

FIGUR 63 KODEEKSEMPEL FRA AFSPILNING AF TAL MELLEM 1 OG 999 BEGGE INKLUSIVE

#### Fjerde intervention 4. Test af prototype:

Målet med denne session var at udføre usability test og at vurdere, om der var nok potentiale i designet til at gå videre. Vores indledende observationer viste, at børnene var interesserede i klodserne, at de understøttede eleverne i at udtale tal, og at de klart var interesseret i at bruge Number Blocks til at konstruerer så store tal som muligt, enten med alle klodserne eller med et bestemt udvalg.

Vores fokus var på tallene mellem 1 og 100, idet det er disse tal, som der er særligt fokus på i anden klasse, og det er disse tal, som er særligt udfordrende at udtale (Misfeldt, 2010). Det viste sig dog, at børnene var fascineret af store tal i millionstørrelsen som f.eks. 8.765.654.191. Og mange af børnene kunne med støtte udtale disse tal store tal. Dette faktum kom som en overraskelse for læreren, da klassen kun arbejdede med to og trecifrede tal på dette tidspunkt.

Intervention viste, at børn (i grupper på fire) var i stand til at skabe små spil og konkurrencer med I-BLOCKS uden at blive styret af forskerne. Det var en overraskelse i den forstand, at denne prototype var udformet uden indbygget gameplay. Desuden tyder observationerne på, at samarbejdet blev hjulpet på vej af blokkenes størrelse, idet børnene sammen kunne løse opgaver og snakke om tal.

Efterfølgende blev det besluttet at udvikle en ny version af prototypen, således at man også kunne sammenligne tal.





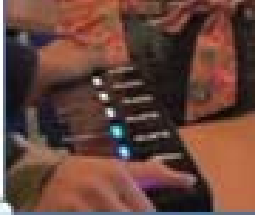

#### Femte intervention: Sammenligning af tal

Intervention blev afviklet over to timer med børnene fordelt i grupper på 3-4 mand. Øvelserne handlede i første omgang om at udtale og sammenligne tal. Børnene udtalte og sammenlignede to tal, f.eks. 217 og 318. Herefter blev masterklodsen monteret, og systemet udtalte, hvilket tal der var størst. Børnene kunne for de flestes vedkommende sammenligne tal med tre cifre og fortælle, hvilket der var størst. Børnene blev derefter opfordret til uden at vende klodsen om at gøre forskellen på talstørrelserne så stor som mulig. Børnene blev spurgt om, hvordan man kunne se, at det ene tal var større end det andet. Dette gav anledning til en diskussion om positionernes betydning. Børnene havde godt styr på, hvilken position der var den mest betydende.

Nedenstående tabel er medtaget for at vise eksempler på, hvordan interventionen med børnene foregik. Øvelserne blev indledt med to cifrede tal, som de udtalte og sammenlignede, herefter steg antallet af cifre:

## Læreprocesser og robotsystemer

TABEL 4 TEST MED NUMBER BLOCKS

<p>Børnene bliver bedt om at fortælle, hvilke to-cifrede tal de har foran sig. Det er 84 og 15. Til at begynde har de lidt svært ved at fortælle, at 8 og 4 er 84. Derefter blev de bedt om, at fortælle hvilket tal der er det største. Hvilket de nemt kan fortælle.</p>	 <p>(5:21-24)</p>
<p>Derefter byggedes der tal med hundrer og tusinder Her udtaler et af børnene 8.754. Herefter gentager robotten. Børnene bliver derefter bedt om at bygge det mindst mulige tal med klodserne, som 4.578. Dette udtales af børn og robot.</p>	 <p>(5:10-14)</p>
<p>Her bygges to tal, som er i størrelsesordenen hundrede og tusinder. Børnene vil gerne sætte de to tal sammen til et stort. Men de bliver i første omgang bedt om at udtale tallene hver for sig.</p>	 <p>(5:21-24)</p>
<p>Den ene pige lytter her spændt til udtalen af det tal, hun har bygget. Hun kan genkende at 40, som hun selv har indtalt i mikrofon, og som indgår i robotens udtale af tallet.</p>	 <p>(5:21-24)</p>
<p>Et af børnene siger: "hvad sker der hvis vi vender klodserne? - eller stiller dem op?"</p>	 <p>(5:21-24)</p>
<p>Børnene udtaler og peger på det sted de er nået til: 9.975.445 eller mere præcist det 9.995.445. Børnene lytter til robotens udtale</p>	 <p>(5:21-24)</p>

Børnene skriver 1, 2 og 3 millioner.  
Det ene af børnene kan skrive det uden støtte.



(5:21-24)

Efterfølgende afprøvedes en anden version af sammenligningsfunktionaliteten, som fortalte, hvor meget det ene tal var større end det andet, f.eks. at 21 er 3 større end 18. Dette udfordrede børnenes regneevner, idet børnene ikke helt var nået til subtraktion endnu. Derfor var denne funktionalitet lidt vel svær. Børnene kunne sammenligne størrelsen på et- eller tocifrede tal, og de mere eller mindre intuitivt fortælle, hvor stor forskellen på tallene var. Børnene kunne imidlertid ikke skrive et minusstykke op, selv om nogle af børnene prøvede. De kunne således ikke metodisk regne sig frem til forskellene. Børnene blev opfordret til at udføre talsammenligninger, hvor det ene tal f.eks. var to eller ti større end det andet, hvilket lykkedes. Børnene skulle netop i gang med subtraktion, så vi besluttede at vende tilbage til denne funktionalitet og afprøve den igen ved sjette og sidste iteration.

I forbindelse med evalueringen af interventionen og planlægningen af den næste nåede vi frem til følgende pointer:

Funktionaliteten til sammenligning af tal kunne bruges som indgang til dels at udtale tal, dels at forstå princippet i sammenligning og dels til at indgå i dialog om positionssystemet.

Den mere avancerede funktionalitet, som viste forskelle mellem tallene størrelse, viste sig at være skudt lidt over målet her i begyndelsen af anden klasse. Det viste sig, at arbejdet med klodserne var deres første møde med at trække fra.

Der var desværre en del usability-problemer med klodserne, som virkede lidt forstyrrende på testen. F.eks. var der en klods, der ikke virkede ordentligt, og den forstyrrende testen, indtil den endelig blev taget ud af forsøget.

Det blev besluttet at holde en sidste intervention, hvor der skulle luges ud i småproblemerne, og hvor øvelserne til børnene skulle tilpasses deres faglige niveau og samtidig udfordre dem.

## Den 6. og afsluttende intervention

I 6. intervention blev læreren inddraget i udviklingen af udbyggede funktionaliteter.

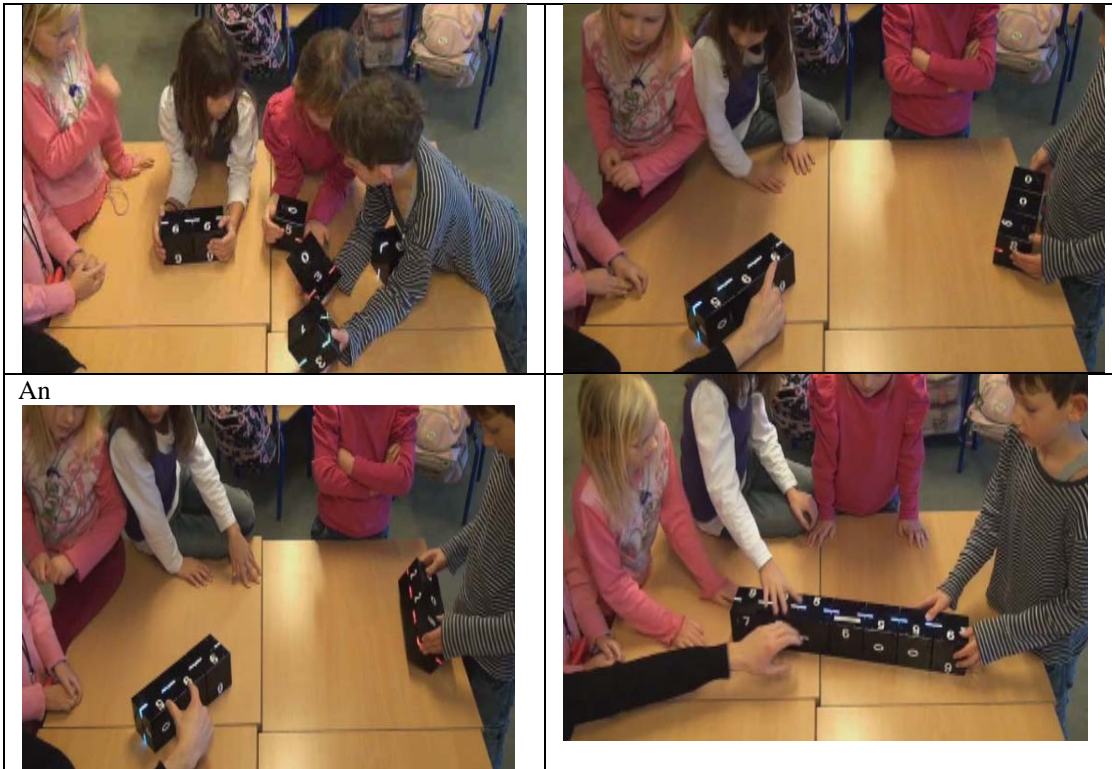
I denne intervention havde læreren en central rolle i forhold til at tale med børnene om tal og sammenligninger. I de tidligere interventioner underviste læreren en stor del af tiden de elever, som ikke deltog i afprøvningen af kuberne. Men i denne intervention havde læreren en aktiv rolle og gennemførte flere forskellige læringsaktiviteter sammen med børnene.

Heunder er der et eksempel, se Tabel 5, hvor børnene bygger trecifrede tal. Først bliver børnene bedt om at vælge tre klodser hver. Derefter bygger de det størst mulige tal med de givne klodser. Så udtaler



den første gruppe deres tal med støtte fra læreren, som peger på de betydende cifre. Dernæst udtaler den anden gruppe tallet uden støtte. Børnene kan uden tøven fortælle, hvilket tal der er det største. Derefter forbindes talkonstruktionerne med den særlige sammenligningsklods, og robotsystemet udtaler og sammenligner tallene. Dette bekræftede børnene i deres udtale, og de kommenterede, hvem det nu var af deres klassekammerater, hvis stemme robotsystemet talte med.

TABEL 5 LÆRER OG BØRN BYGGER TRECIFREDE TAL



### 7.7 RESUMÉ AF DE AFSLUTTENDE INTERVIEWS (FASE 3)

Seks af børnene og deres matematiklærer blev interviewet ud fra en design- og læringsvinkel. De blev bl.a. spurgt om, hvordan de havde følt sig inddraget i designprocessen, og hvordan de oplevede at deltage i teknologiske designprocesser. Derudover blev de spurgt om, hvordan man kunne lære om positionssystemet ved hjælp af klodserne, og læreren blev særligt spurgt om, hvordan klodserne kunne inddrages i den daglige undervisning, og hvilke læringspotentialer han så.

#### **Børnenes perspektiv**

Børnene syntes, at det var noget helt særligt, at deres egne stemmer blev brugt som en del af prototypen. Når børnene blev spurgt, hvordan de havde indflydelse, var det derfor særligt brugen af deres



stemmer de nævnte. Læreren fremhævede også, at brugen af børnenes stemmer havde styrket deres ejerskab til processen. Børnene kunne desuden kende deres egne og hinandens stemmer:

*Barn 2: "...I har lyttet til vores ideer, det med at bruge vores stemmer.... Man kan høre sin egen stemme og det er sjovt... Jeg siger noget med hundrede i spillet"(6:44)*

*Læreren: "De har glædet sig enormt meget, det er der slet ingen tvivl om. Det har ligget højt på deres ønskeliste. Børnene har også oplevet det som spændende og givende at være en del af processen..(1:02:52)"*

Alle børnene i interviewet ville gerne en anden gang deltage i teknologiske designprojekter, det være sig både som børn, eller når de blev voksne. De havde også ideer til, hvordan det eksisterende spil kunne blive sjovere, f.eks. ved at bruge computerskærmen mere aktivt og anvende filmklip af børnene som en del af spillet.

*Barn 3: (Skærmen)...kunne vise hovederne, som viste hvem der sagde det. Så det er sådan et lidt grønt hovedagtigt.. Ja og så kunne man f.eks. filme og så kunne man se sig selv i klassen, og så kunne man se det i klodsen (24:14)*

Normalt arbejdede børnene med tal, som maksimalt bestod af tre cifre.

*Barn 3: "til daglig arbejder vi højst med 100'er eller 1000'er" (16:00 – 28:30)*

Disse tal arbejdede de så med at udtale og lægge sammen. Og i den periode, vi kom i klassen, lærte de at trække fra. Børnene var desuden gode til at forklare, hvordan man gjorde tal større og mindre ved at tilføje eller fjerne cifre. Derudover forklarede de, at et tal gøres større ved at gøre det mest betydende ciffer større.

*Barn 3: "Hvis man sætter det højeste tal forrest og det mindste tal bagerst." "Det største tal vi har lavet er 95 nej 95.511" (16:00 – 28:30)*

Børnene mente desuden, at klodserne hjalp dem med at udtale tal, og at man kunne blive ved med at sætte klodserne sammen på nye måder.

*Barn 2: "man kan sætte tallene sammen på nye måder og blive ved og blive ved" (6:44-15:51)*

*Barn 3: "De høje tal hjalp den (robotsystemet) med at sige, hvor højt de var" (16:00 – 28:30)*

### Lærers syn på design og læring med klodserne

Klassens matematiklærer blev interviewet efter sidste intervention, og han udtalte bla.:

*Læreren: "... jeg synes, det er glimrende, at vi starter fra scratches og byder ind med nogle ideer, og at man er involveret i processen. Og på samme måde med eleverne, at I var ude og spørge om de havde nogle ideer til, hvordan vi kan lave det er spil eller system."(56:00)*

Både lærer og elever syntes, at det var værdifuldt, at de blev inddraget, og at der blev lyttet til deres ideer. Underviseren syntes, at det var vigtigt, at de ikke blot lagde elever til, men at lærere og elever og kunne få udbytte af forsøgene.

Læreren mente, at det var oplagt at anvende klodserne i forbindelse med værksstedundervisning. Matematiktimerne var i forvejen delt op i almindelig klasseundervisning og så værkstedsundervisning, hvor børnene gruppevis arbejdede med fysiske artefakter og mindre spil, som er knyttet til det anvendte undervisningssystem.

Læreren blev spurgt, om klodserne kunne noget, som papir og blyant ikke kunne. Og han fremhævede, at klodserne kunne kommunikere på flere kanaler:

*Læreren: ”.. at de (klodserne) taler til mange kanaler på en gang, de står med klodserne og føler dem. Så det er konkret for dem, de får det ind auditivt, fordi de hører lydene... Når de arbejder på den måde, de har gjort nu, er der basis for at få nogle gode snakke med eleverne. ...Det er så umiddelbart – det er så nemt at skifte rundt: Og så gør vi dét i stedet for. Så skifter vi det tal ud med det.”(1:06:10)*

Læreren mente, at klodserne appellerede til flere kanaler hos børnene både auditive og taktile kanaler. Derudover gav fælles fysiske konstruktioner et godt grundlag for at tale med børnene og talstørrelser. Og klodsernes modularitet gjorde det nemt at ændre tal og talstørrelse.

Klodserne kunne være til stor hjælp for både de børn, som har rigtig svært og rigtig nemt ved matematik, se underviserens kommentar:

*Læreren: ”Det har hjulpet dem, det er jeg helt sikker på det har. xx har rigtig rigtig svært ved at sige tal, og vi har fået hjælp fra hjælpecentralen for at indkredse, hvad der er galt. ... Bare det at hun fandt ud af, at hvis hun placerede de store tal forrest, så blev tallet større, og de små tal bagefter og sådan nogle ting. Nogen gange så er der bare sådan helt lukket, og man kan slet ikke få hende til at arbejde med noget matematik. Det at det var så konkret for hende, når hun står med de der klodser (38:39)”..*

*... de dygtigste som f.eks. yy og zz. De har godt kunne sige nogen af de store tal. Men den der rytme har givet dem en struktur til at sige de store tal.*

Der var en særlig rytme i den måde robotsystemet udtalte tallene på, som hjalp børnene med at strukturere udtalen af store tal. Læreren bed mærke i den rytme, og mente at den rytme kunne bruges pædagogisk på samme måde som rytme i stavelser og remser, som kan gøre det nemmere at huske noget nyt:

*Læreren: ”De har sådan en rytme f.eks. 99.999, det bliver ret tydeligt for dem med tusinderne hundrederne osv. Og man kan høre på dem, at den der rytme begynder de også selv at bruge, når de skal sige tallene. Og det tror jeg er rigtig godt for dem, det bliver konkret for dem, og så får de sagt den der rytme også .... Men rytmen har givet dem en struktur til at sige de store tal. At det ikke bare bliver ohhhh, når det skal sige store tal. At den(systemet) har hjulpet dem med at strukturere udtalen. ”(52:00)*

Opsummerende vurderer læreren læringspotentialerne til at være baseret på en kombination af rytme, fysisk og auditiv interaktion og kollaboration:

*Læreren: ...Gøre dem sikre i talsystemets opbygning, i høj grad pga. af rytmen, og at de står konkret med klodserne. De står konkret med klodser, og de hører tallene auditivt, fordi computeren udtaler tallene. Og de får en snak om, at det her er større og mindre og sådan nogle ting. (55:22)*

### 7.8 RETROSPEKTIV ANALYSE (FASE 4)

---

Den retrospektive analyse er opdelt i:

- analyse i brugen af klodser i relation til min lærings analysemodel
- og analyse af designprocessen

#### **Retrospektiv analyse i brugen af klodser i relation til min læringsanalysemodel**

Casen analyseres med udgangspunkt i analysemodelle i afsnit 2.6 *Analysemodel for medskabende, reflekterende og innovative læreprocesser*.

*Socialitet og praksisfællesskaber* - Number Blocks bygger på samme måde som Fraction Battle på kollaboration. Dialogen om klodserne, som foregår børn imellem og med deres lærer, var en central del læreprocessen. Klodserne var et værktøj, som kunne avendes i en kollaborative proces, de gav feedback afhængigt af, hvordan de blev samlet. Brugen af Number Blocks foregik i skoleklassen på samme måde som i forrige case. Number Blocks var her konkrete artefakter, som børnene og deres lærer anvendte i matematikundervisningen. Praksisfællesskabet omkring matematik og i dette tilfælde mere specifikt Number Blocks dannede rammen for børnenes og lærerens aktiv deltagelse, jævnfør afsnit 2.2 *Trin 2: Social praksisorienteret læring, handling og refleksion*. Børnene ønskede at være en del af dette fællesskab. Derfor deltog de gerne i alle de konkrete aktiviteter, der var i forbindelse med udviklingen af Number Blocks.

*Medskaben og kreativitet* - Børnene konstruerede selv de tal, som de skulle øve sig i at udtale. De fik f.eks. først tre klodser og fik gradvist flere og flere efterhånden, som de fik styr på udtalen. Systemet gav løbende svar på, hvordan tallene skulle udtales. Denne type læring kan sammenlignes med Paperts konstruktionisme, hvor den lærende lærer ved konstruktion og digital feedback, jævnfør afsnit 4.1 *Singulære robotsystemlæremidler: Paperts robotskildpadde*.

De udviklede selv konkurrencer, der handlede om at konstruere og udtale det største tal, hvilket var kreativt, idet der ikke var indbygget noget gameplay. Denne type kreativitet er legende og kan sammenlignes med Bateson begreb "det er bare leg", hvor de lærende eksperimenterede i en tryk ramme, jævnfør afsnit 2.5 *Trin 5: Leg, medskaben og eksperimenterende læreprocesser*.

*Refleksion* - Eleverne blev opfordret til at udtale tallene, inden systemet fik besked om at komme med den korrekte udtale. Og de sammenlignede tal og kom med bud på forskellen, før de egentlig kunne trække dem fra hinanden. Dette gav et vekselspil mellem en mere intuitiv og en mere bevidst og begrebslig tilgang til emnet.

Lyd og rytme spillede en stor rolle for børnenes fornemmelse for tallene. Rytmen lærte dem at strukturere udtalen af tallene, og det var i næste instans også med til at give dem en forståelse af logikken i opbygningen af tallene. Med hensyn til lyden havde det betydning, at børnene kunne genkende deres egne stemmer i robotens udtale. Ud over at dette oplevedes som sjovt og underholdende, var det med til at gøre børnene mere fortrolige og trygge ved robotsystemet.

Dette understøttede en løbende at reflektere over tal og deres udtale undervejs i øvelserne. Denne type refleksion kan benævnes som refleksion-i-handling, jævnfør afsnit 2.2 *Trin 2: Social praksisorienteret læring, handling og refleksion*. Denne type refleksion forekommer netop, når den lærende aktivt er i gang med en aktivitet.

*Kontekster* – At stykke tal sammen ved hjælp af klodser var ny kontekst for børnene. I en normal "klods-kontekst" ville de have brugt klodser til at bygge tårne eller finurlige LEGO-konstruktioner, dette kan beskrives som en legende kontekst. Nu skulle de overføre denne forudgående erfaring til en undervisningssammenhæng. Klodserne med tal på er en slags kæmpe terninger. Den nye kontekst for tal gav børnene mulighed for at kombinere tal og gøre dem større eller mindre blot ved at flytte en klods. Det gjorde det tydeligt for børnene, at cifrene var konkrete talkomponenter, og skulle et tal gøres større byttede de blot om på rækkefølgen. Læremidlet forbinder en legende kontekst med en matematikkontekst, og denne kobling mellem disse kontekster medvirker til, at børnene kan arbejde på en ny måde med positionssystemet.

I dette indgik også, som nævnt, ovenfor, en vekslen mellem en mere kropslig og intuitiv omgang med talene og en mere intellektuel og begrebslig forståelse. Børnene kunne komme langt ved at forsøge sig frem, lytte til rytmen i robotens udtale og lege med tallene. Men efterhånden dannedes et grundlag, som kunne give afsæt for "at snakke" om tal, sammenligninger og talsystemets opbygning. Altså en mere begrebslig og eksplicit læring.

Anvendelse af erfaringer og viden i nye omgivelser svarer til Bateson læring 2, jævnfør afsnit 2.1. *Trin 1: Refleksion i læring og læringstaksonomi*. Denne type læring giver den lærende en mulighed for igennem nye oplevelser gradvist at tilpasse og udvikle sin viden.

### **Retrospektiv analyse af designprocessen**

Herunder redegøres der for de særlige erfaringer, der var med designprocessen i forbindelse med udviklingen af Number Blocks

Designprocessen inddrog målgruppen som aktive deltagere, bragte dem med i et skabende praksisfællesskab. Praksisfællesskabet for design af Number Blocks kom således til at bestå af eleverne, deres matematiklærere og de tilknyttede forskere. I dette fællesskab fik alle nye erfaringer med teknologiske designprocesser om end i forskellig grad.

*Medskaben og kreativitet* - Børnene blev opfordret til at deltage i designprocessen inden for en række konkrete områder.

De bedt om at deltage i brainstormprocessen i begyndelsen af udviklingsprocessen. Børnene foreslog ikke uventet ideer om addition og subtraktion. De foreslog matematiske emner, de havde arbejdet med,

og da de gik i slutningen af første klasse ved første intervention, var deres matematiske erfaringer meget begrænsede. Derfor var det også i denne case ikke muligt at anvende børnenes konkrete ideer direkte. Deres ideer gav os dog en ide om børnenes matematikfaglighed. Derfor blev indholdet af læremidlet udvalgt på baggrund af ideer fra referencegruppen af matematiklærere og forskergruppen.

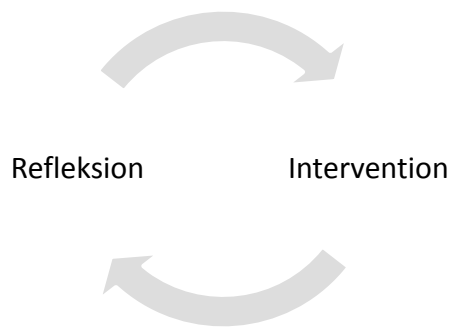
Derudover blev børnene bedt om at indtale stemmer til klodserne. Dette gav dem en konkret fornemmelse af at de bidrog til designprocessen, og det var en del af det, der senere gjorde det interessant for børnene at anvende klodserne, f.eks. at programmet kombinerede deres stemmer til udtale af de meget store tal. Derudover gav brugen af egne stemmer børnene et særligt ejerskab overfor projektet.

Deruden var børnene testere af systemet undervejs. Dvs. at de leverede konkret input til, hvad der fungerede, og hvad der ikke fungerede rent teknisk. Derudover gav den løbende test mulighed for præcist at tilpasse læremidlet til klassens faglige niveau. Desuden fik vi indtryk af, hvor meget støtte børnene havde behov i udtalen af tal, og hvor hurtig børnenes progression var, når de gik fra at udtale mindre tal til at udtale større tal.

Børnene fik en forståelse for de enkelte trin i designprocessen, idet de fra intervention til intervention kunne følge udviklingen af læremidlet. Dels fik læremidlet f.eks. nye features, og dels blev der rettet småfejl undervejs. Refleksionen var dog ikke bevidst, og børnenes rolle var af optimerende natur i forhold til udviklingsforløbet. Læremidlet blev gradvist optimeret som følge af børnenes deltagelse i processen.

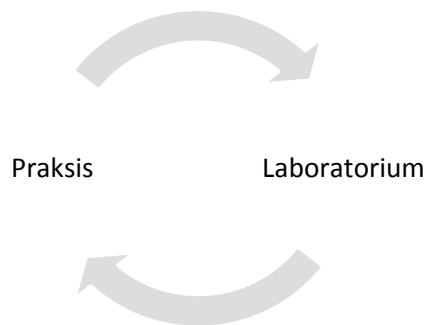
*Designmuligheder i fremtidige læremidler* - Designprocessen var central for børnenes læreproces, idet designprocessen gav dem nye og særlige muligheder for at være aktive deltagere. Dette var en unik mulighed for netop denne klasse, som var med til at designe læremidlet. Men hvad med kommende brugere, som ville møde læremidlet i mere færdig udviklet form? For nye læremidler kunne permanente designmuligheder tænkes ind, f.eks. kunne der udvikles et brugerinterface til Number Blocks, hvor fremtidige brugere selv kunne indtale tal og foretage andre designbeslutninger. Man kunne også forestille sig et programmeringsinterface, som det, der findes til Lappsets hinkeruder, jævnfør afsnit 4.3 *Singulære robotsystemlæremidler: Digitale legepladser til leg, læring og bevægelse*. I følge lokale erfaringer fra Rosengårskolen, kan børn fra 3. - 4. klasse programmere småspil til denne platform (Skoleteknologisk netværk, konference maj 2011). Læremidlet kunne altså præsenteres for nye brugere i delvis ufærdig form, så brugerne selv skulle tilpasse det i samarbejde med læreren.

*Betydningen af interventionerne for udviklingsprocessen* - De mange iterationer i designprocessen gjorde, at forskerne konstant kunne stille spørgsmålstejn ved, om spilideen fungerede hensigtsmæssigt, og hvad der skulle justeres undervejs. Derudover var det muligt at få nye ideer undervejs, som kunne afprøves i praksis. Den iterative proces var planlagte cyklusser af handling og refleksion over praksis, se Figur 64. Den refleksion, der sker i forlængelse af interventionen, kan som nævnt være af optimerende karakter, som Schöns refleksion-over-handling (Schön, 2001). Refleksionen kan derudover være af en mere kreativ og skabende karakter. Vekselvirkningen mellem refleksion og intervention var en proces, der skabte dynamik og kontraster i udviklingsprocessen. I denne dynamiske vekselvirkning opstod ny viden og nye erfaringer med, hvad der fungerer læringsmæssigt og teknologisk. Scharmer kalder den form for ny viden for transcenderende og beskriver den som blivende til i samspillet mellem at gøre og at vide (Scharmer, 2001).



FIGUR 64 VEKSELVIRKNING MELLEM INTERVENTION OG REFLEKSION

*Synergi mellem klassens og laboratoriets kontekst* – For forskergruppen var der to konkrete kontekster for designprocessen. Der var praksisfeltet og laboratoriet, se Figur 65. Praksisfeltet var klassen, hvor teknologien blev testet, og laboratoriet var der, hvor teknologien blev udviklet. Denne vekselvirkning mellem praksis og laboratorium gjorde det nemmere at overføre erfaringer mellem de to kontekster. F.eks. kunne softwareudvikleren ved konkrete iagttagelser af overraskende brug med klodserne udføre en slags indre debugging, som vil gøre senere fejlretning nemmere. Derudover kunne målgruppens konkrete brug af klodserne medvirke til fokusere på, hvilke ideer der skulle implementeres næste gang, og f.eks. hvordan klodserne skulle mærkes, således at de passede bedre til brugen.



FIGUR 65 VEKSELVIRKNING MELLEM PRAKSIS OG LABORATORIUM

## 7.9 OPSAMLING

---

Læreprocessen kvalificeredes, idet børnene nu havde mulighed for at fordybe sig i talkonstruktion og positionssystemet på en ny måde. De kunne bygge og kombinere tal, og samtidig fik de feedback på talordenes udtale. Børnene fik en håndgribelig interaktiv repræsentation af positionssystemet, hvilket gjorde at de fik en bedre forståelse med positionssystemet. Den fysiske og konstruerende håndtering af klodserne samt den rytmiske udtale af tallene var nogle af de særlige kvaliteter ved Number Blocks.

Designprocessen blev præget af vekselvirkningen mellem laboratorium og praksis, idet erfaringer fra praksis fik direkte virkning på designbeslutningerne. Specifikationer og læringsmål blev først gradvist fastlagt, idet brugen af number blocks i praksis påvirkede designbeslutningerne og dermed læringsmålene.

Børnene som medskabere medvirkede til at give et børneperspektiv på designprocessen. Børnenes måde at definere lege på med klodserne, blev en naturlig del af den måde klodserne skulle bruges på. Derudover havde børnene en vigtig rolle ved at teste klodsernes virkemåde i praksis og give fingerpeg om den overordnede ide fungerede.

---

### 7.10 FREMTIDSPERSPEKTIVER FOR NUMBERBLOCKS

---

Number Blocks er en prototype, som har gode potentialer for at blive videreudviklet med ny funktionaliteter. Prototypen er blevet præsenteret på faglige konferencer (CELDA Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age 2010)(FLUID om Pervasive læring), og der er her kommet mange gode forslag til videreudvikling og spørgsmål om f.eks. produktionspris.

Man vil kunne forestille sig at bygge videre på den matematikapplikation, der allerede er skabt, f.eks. udvide med regningsarter, eller udvikle applikationer som rækker mere ind i fysikkens verden.

Klodserne er dog stadig forskningsprototyper, og det ville kræve et særligt forskningsprojekt eller kommercialiseringsprojekt at gøre klodserne salgbare. Der ville skulle luges ud i de småfejl, og klodserne vil skulle igennem et redesign, således at der kun er den absolut mest nødvendige elektronik i dem.

## 8 SAMMENFATNING OG KONKLUSION

---

Det centrale spørgsmål, der skal opklares i denne afhandling, er:

*Hvordan kan læreprocesser kvalificeres ved hjælp af eksperimentel udvikling af robotsystemer til brug i undervisning? - og herunder hvordan tilrettelægges teknologiske designprocesser således, at potentialerne i teknologien udnyttes optimalt til gavn for slutbrugerne?*

Svaret sammenfattes her igennem tre trin:

**Trin 1:** Afhandlingens teoretiske udgangspunkt opsummeres og sammenfattes. Dette gøres i to dele, som repræsenterer de to fagligheder som er i spil læreprocesser og robotteknologi:

- a. Opsamling på det læringsteoretiske udgangspunkt, hvor der redegøres for det lærings-teoretiske udgangspunkt og herunder min analysemodel.
- b. Opsamling på det robotteknologiske udgangspunkt, hvor der redegøres for robotsystemer og hvordan de kan anvendes i undervisningen.

**Trin 2:** Derefter besvares hovedspørgsmålet med udgangspunkt i de eksperimentelle case. Der sættes fokus på elleve særlige pointer, som kvalificerer robotunderstøttede læreprocesser.

**Trin 3:** Til slut redegøres der for de særlige erfaringer, der er gjort med designprocesser i forbindelse med de eksperimentelle udviklingsforløb.

### 8.1 TRIN 1: SAMMENFATNING AF AFHANDLINGENS TEORETISKE UDGANGSPUNKT

---

Først samles der op på det læringsteoretiske udgangspunkt med analysemodellen som udgangspunkt. Det læringsteoretiske udgangspunkt vil blive eksemplificeret med eksempler fra de eksperimentelle cases.

Derefter samles der på det robotteknologiske udgangspunkt, hvor de særlige krav til læringsrobotter opsummeres.

---

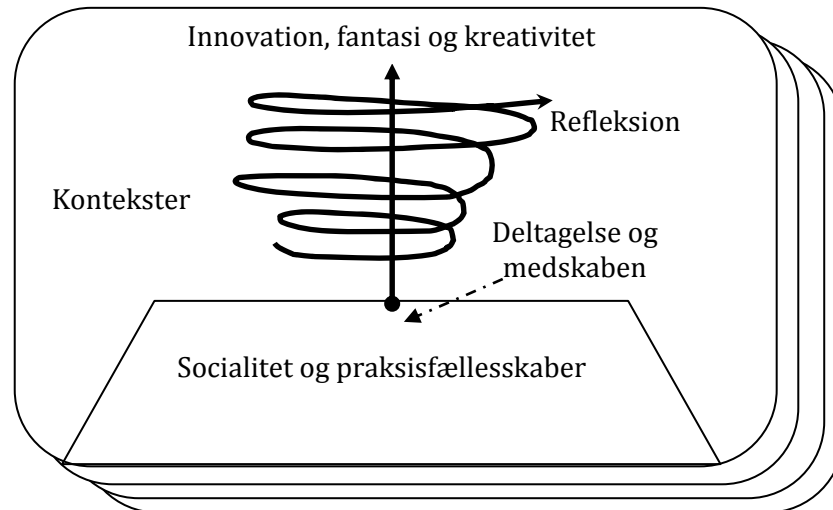
#### 8.1.1 OPSAMLING PÅ DET LÆRINGSTEORETISKE UDGANGSPUNKT

---

- *Hvad er kvalitet i læring – hvordan konstateres den? – hvorfor er medskaben og refleksion vigtig?*

Herunder sammenfattes mit læringsbegreb med udgangspunkt i kapitel 2 og den udviklede analysemodel for læreprocesser. Modellen illustreres herunder:





FIGUR 66 ANALYSEMODEL FOR LÆREPROCESSER

Grundlæggende finder læring sted i praksisfællesskaber og dermed i en social sammenhæng. Praksisfællesskabet kan være familien, skolen, klassen, arbejdspladsen eller fodboldklubben. Deltagelse er kernen i disse fællesskaber. Man deltager for at være en del af fællesskabet, for at finde sin plads og for at lære noget. På Figur 66 er socialitet og praksisfællesskaber illustreret som et fundament for læring.

Deltagelse er kernen i læreprocesser, og dermed bliver kvalitet i læring også forbundet med udviklingen af muligheder og former for deltagelse. Det er her centralt at skabe undervisningsformer, der frembyder mangfoldige deltagelsesmuligheder. På Figur 66 illustreres deltagelse med en vertikal pil. Deltagelse har mange former. Den kan være adaptiv, hvor den lærende tilpasser sig og tilpasser sin viden til en given kontekst af viden. Den lærende tilpasser f.eks. sin viden, når han anvender den i nye kontekster, som f.eks. når han anvender erfaringer fra computerspil i en undervisningssammenhæng. Dette forhold illustreres på Figur 66 med kontekstflader.

Wenger (1998) sidestiller deltagelse og læring, hvilket indebærer, at man ikke kan deltage uden at lære, jævnfør afsnit 2.2, *Trin 2: Social praksisorienteret læring, handling og refleksion*. Man kan derfor konstatere, at ønskværdig læring forekommer, når man konstaterer konstruktiv deltagelse i læreprocesser. Skolen og den læring, som sker her, sker ifølge Wenger i et designet praksisfællesskab. Dette praksisfællesskab er designet med henblik på at fremme deltagelse. I denne afhandling har det netop været målet at designe praksisfællesskaber, hvor teknologien kan medvirke til at fremme meningsfulde deltagelsesformer for de lærende.

Deltagelse kan også være kreativ og innovativ af karakter. Den lodrette pil på ovenstående Figur 66 går således fra passiv tilpasning til innovation og kreativitet.

I forbindelse med designprocessen deltog børnene som medarbejdere, sparringspartnere og testere. I brugen af Fraction Battle og Number Blocks deltog børnene med krop, bevægelse, før-begribelig erfaring, leg, udforsken, fysisk konstruktion, fysisk programmering, dialog og refleksion. Alle disse deltagelsesformer vil blive opsummeret i afsnit 8.2.8 *Mangfoldig deltagelse, mangfoldig læring*, som omhandler de deltagelsesformer, der blev observeret i de to designcases.

De to designcases i afhandlingen blev udviklet med henblik, at de skulle fungere i klassens matematiske praksisfællesskab. Derudover blev robotlæremidlerne udviklet med henblik på at fremme børnenes aktive deltagelse.

Medskaben er en særlig form for deltagelse, hvor den lærende er skabende, innovativ, kreativ og fantasifuld, jævnfør afsnit 2.4 *Trin 4: Innovativ og emergerende viden på baggrund af dynamik*. Denne medskaben konstateredes f.eks. i forbindelse med idegenerering i de to cases, omend ideerne måtte fortolkes og tilpasses for at kunne indarbejdes i læremidlerne. Medskaben var også, når børnene byggede talkonstruktioner med klodserne og omsatte en kropslig før-begrebslig erfaring til en for dem ny begrebslig forståelse af det matematiske emne. Medskaben er vigtig, idet det giver den lærende mulighed for at skabe ny viden, nye ideer og ny artefakter. Hvis medskaben ikke er en del læreprocessen, vil den lærende kunne reproducere, men ikke skabe nye ideer og koncepter. Reproduktion af viden og kunnen skal dog ikke negligeres, da denne er en grundlæggende form for læring. Reproduktion og medskaben skal supplere hinanden i læreprocessen.

Refleksion er en proces, hvor den lærende overvejer, hvordan processer kan optimeres og forbedres, og hvor man får en dybere faglig og metodisk forståelse. Dette kan forgå i den konkrete situation eller efterfølgende. Refleksion tænkes her som en slags dialog, hvor den lærende optimerer f.eks. udførelsen af opgaver i Fraction Battle. I Fraction Battle var der eksempler på, hvordan børnene, imens de ventede på at skulle løse opgaver, diskuterede, hvordan de hurtigst eller smartest kunne løse en given opgave. Denne type refleksion kan sidestilles med Schöns (2001) refleksion-i-handling og refleksion-over-handling, jævnfør afsnit 2.2, *Trin 2: Social praksisorienteret læring, handling og refleksion*.

Denne type refleksioner er med til at optimere læringen hos den enkelte, idet den lærende gennemtænker det faglige forløb og optimerer, hvordan det skal foregå i praksis. Optimering er en form for tilpasning, og meget læring foregår, når den lærende tilpasser og optimerer sine handlinger, jævnfør afsnit 2.1 *Trin 1: Refleksion i læring og læringstaksonomi*. Refleksion er vigtig, idet den lærende bliver bevidst om, hvad der fungerer, og hvad der ikke gør. Og det er en måde at optimere læreprocesser på.

Refleksion og deltagelse indgår desuden i en dynamisk duo. Dette illustreres på ovenstående

Figur 66, hvor refleksion spiralerer rundt om deltagelsen. Deltagelsen bliver i denne konstellation til medskaben og kan beskrives som viden-i-handling og løbende refleksion, som kan fremme innovative og kreative processer. Medskaben og refleksion bliver derfor vigtig, når det handler om at være innovativ og kreativ. Deltagelse og refleksion komplementerer dermed hinanden i læreprocesser.

I en undervisningssituation kan læring således konstateres i forbindelse med aktiv deltagelse, medskaben og refleksion.

For at udvikle analysemodellen har jeg anvendt en række forskellige læringsteorier, som har fokus på deltagelse og refleksion. Bateson (2000) bidrog med et simplistisk og abstrakt læringssyn, som kan beskrives som gryende konstruktivisme, hvor den lærende på interagerende og deltagende vis tilpasser sig omgivelserne i en læreproces. Derudover havde Bateson fokus på bevidst refleksion over læringsstrategier, og ikke mindst har han udviklet en læringstaksonomi, som har inspireret mange herunder Schön (2001), Glerup (2001) og Qvortrup (2006), som også er centrale i inspirationskilder til min læringsforståelse. Schön (2001) og Wenger (1998) tog deltagelse med ind i en social og situativ praksis, hvor der kom kød og blod på. Schön bidrog desuden med en operationel praksis refleksion,

om, hvordan den lærende løbende forsøger at optimere den forhåndenværende aktivitet eller produkt, han arbejder på. Gleerup og Qvortrup indgik, fordi de bragte Batesons teori ind i nutidig undervisningssammenhæng med eksempler fra nutidens uddannelsessystem. For at få greb om innovative og kreative læreprocesser blev Scharmer (2000) indført, han satte fokus på dynamikken mellem aktiv handlen og refleksion.

Når robotlæremidler skal udvikles og analyseres, er det vigtigt have et fokus på læringsformer, som kan observeres og operationaliseres, når målgruppen interagerer med robotten. Med afsæt i teorierne har det været muligt at skelne mellem forskellige iagttagelige former for læring – herunder former for deltagelse og niveauer for refleksion. Disse har kunnet indgå som kategorier i observationen af børnenes brug af robotlæremidlerne. Tilsvarende har kategorierne kunne anvendes i planlægningen af både design og didaktik. Teorierne og analysemodellen giver således en brugbar begrebslig ramme for dem, der arbejder med at kvalificere læreprocesser med brug af robotteknologi.

---

### 8.1.2 OPSAMLING PÅ DET ROBOTTEKNOLOGISKE UDANGSPUNKT

---

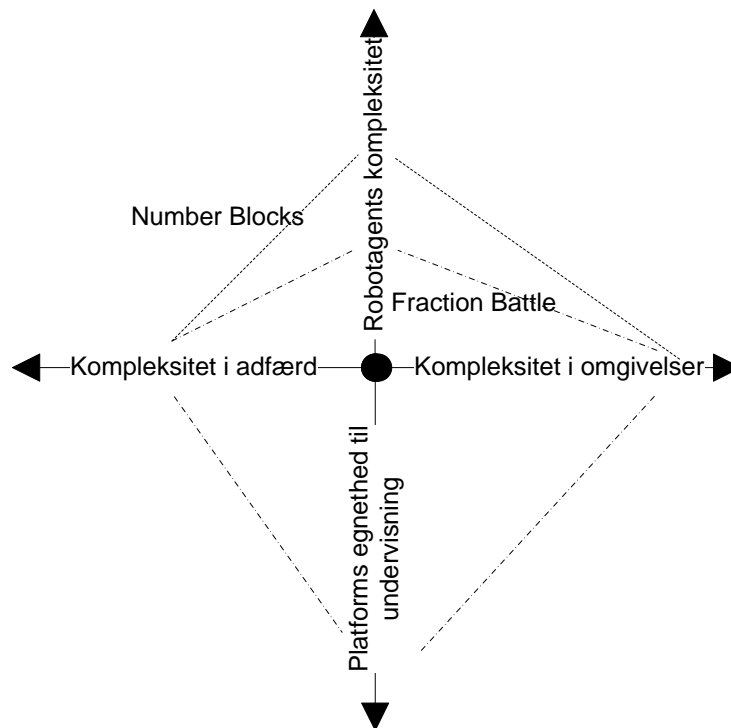
- *Hvordan kan robotteknologi og kropslig intelligens og udnyttes i digitale læremidler?*

Et robotsystem består af en robotagent, dens adfærd og dens samspil med omgivelserne, jævnfør kapitel 3 om *Situerede og kropslige robotter som grundlag for robotlæremidler*. Mennesker og dermed de lærende er en del af robotens omgivelser. Et robotsystem kan bestå af flere robotagenter, og sådanne systemer kaldes modulære robotter. Det er netop denne type robotter, som er anvendt i de eksperimentelle cases.

Robotsystemer, som egner sig til læremidler, skal være situerede og kropslig og adaptive. At en robot er situeret vil sige, at den forholder sig sig til 'her og nu' ændringer i omgivelserne (Brooks, 1991), jævnfør afsnit 3.2 *Stadier i robotens historie fra myte til interaktiv situeret kropslig intelligent robot*. Kropslighed eller såkaldt embodiment betegner en slags kropslig intelligens, som ekspliciterer, at intelligens kræver en krop, en robotkrop, som kan sanse omgivelserne direkte og dynamisk interagere med verden. Når robotten dynamisk tilpasser sig sine omgivelser, kan den beskrives som værende adaptiv. Den lærende vil opleve en situeret, kropslig og adaptiv robot, som er interaktiv på en anderledes fysisk betonet måde end en pc. F.eks. reagerede Number Blocks forskelligt alt afhængigt af, hvordan man vendte, drejede og forbandt dem.

Det blev desuden diskuteret, om robotagenter til brug i undervisning skulle være superkomplekse. Det blev i denne undersøgelse forudsat, at børnenes læring blev fremmet igennem aktiv deltagelse og dermed meningsfuld og kompleks interaktion med læremiddelrobotten. Fra et teoretisk synspunkt er en kompleks robotadfærd ikke nødvendigvis et produkt af en kompleks robotagent, men derimod snarere et produkt af interaktionen mellem robotten og omgivelserne, jævnfør afsnit 3.5 *Læring, interaktion og kompleksitet*. Det vil sige, at robotagenten til brug i undervisning sagtens kan være simpel og samtidig udfolde en righoldig interaktion med eleven. Robotterne i de eksperimentelle cases består af simple modulære robotagenter, som reagerer på tryk, orientering og sammensætning og reagerer kun ved hjælp af lys og lyd. Den simple konstruktion kan dem imidlertid en stor fleksibilitet til at kunne bruges på forskellige måder og muliggør derfor en kompleks anvendelse. Modsat kan en kompleks agent

rumme for mange bindinger til at kunne interagere fleksibelt med omgivelserne. Herunder illustreres det, hvordan forholdet mellem komplekse omgivelser med afspejles i en kompleks agent adfærd.



FIGUR 67 ADFÆRD MELLEM ROBOTLÆREMIDDEL, OMGIVELSER OG EGNETHED TIL UNDERVISNING

Ovenstående figur illustrerer, at de relativt simple robotsystemer Number Blocks og Fraction Battle er velegnede til at kunne indgå i undervisning. Number Blocks er en smule mere kompleks, idet Number Blocks både kan sanse kubens orientering, og hvordan kuberne er forbundet. Fraction Battle kan kun sanse, om der bliver trykket på dem eller ej. Interaktion med Number Blocks rummer derfor flere muligheder og dermed potentiale til at blive mere kompleks, idet den kan opfange en højere grad af kompleksitet i omgivelserne.

Det modulære aspekt i både Number Blocks og Fraction Battle gør at robotsystemets samlede adfærd bliver mere kompleks og uforudsigelig. I-BLOCKS, som er teknologien, der ligger til grund for Number Blocks, er en særlig fleksibel platform, som kan tilpasses til utallige læremidler, som kan være til støtte for f.eks. dansk, matematik, musik eller natur og teknik. I denne afhandling er det matematik, som er udfoldet.

Derudover er der eksempler i afhandlingen på andre lovende robotlæremidler, jævnfør kapitel 4 *Eksempler på robotsystemer til brug i undervisning*. Af singulære robotsystemer kan f.eks. nævnes Paperts historiske skildpadder, LEGO Mindstorm eller PicoCrickets. Papert har dannet skole i den moderne forståelse af, hvordan man kan bruge intelligente artefakter herunder robotlæremidler i undervisningen. Paperts grundholdning er, at den lærende skal kunne eksperimentere sig frem til en viden og en forståelse af et givent fagligt felt særligt indenfor matematik. F.eks. satte han børn til at eksperimentere med at konstruere geometriske figurer ved hjælp af et simpelt programmerings-interface. Dette gav børnene en eksperimenterende tilgang til både geometri og programmering ud over, at det gav børnene en intuitiv forståelse af geometriske sammenhænge. Papert forbinder den

fysiske konstruktion med den mere kognitive og Piaget-inspirerede konstruktion af viden. Dette har dannet grundlag for det læringssyn, der ligger til grund for f.eks. LEGO Mindstorm og Pico Crickets. Af modulære systemer kan f.eks. nævnes Zuckermans Flowblocks og Nielsens musikkuber. Disse systemer er i øvrigt skabt med inspiration fra Papert.

### 8.2 TRIN 2: HVORDAN LÆRERPROCESSER KAN KVALIFICERES AF ROBOTSYSYSTEMER

---

I de forgående afsnit blev der samlet om på, hvordan deltagelse, refleksion og socialitet fra et teoretisk synspunkt kvalificerede læreprocesser. Og vi fik samlet op på, hvilke krav man skal stille til robotteknologi for, at den er anvendelig i en undervisningssammenhæng. I de følgende afsnit besvares det, hvordan læreprocesser kan kvalificeres ved hjælp af robotsystemer med udgangspunkt i de eksperimentelle cases. Det gøres i en række pointer som kan ses i oversigtsform herunder, disse pointer er afhandlingens egentlige resultater.

De centrale pointer fra disse eksperimenter er som følger:

- *Forankring af faglig viden i kropslige erfaringer.* Brugernes samspil med robotterne gør det muligt for dem at få mere kropslige erfaringer med emneområdet – f.eks. fornemmelse af rytmen i udtalen af store tal eller af størrelsesforholdene i brøker. Disse erfaringer kan forankres som tavs viden og danne grundlag for den videre læring.
- *Fysiske oplevelser og begrebslig viden (Læring 2).* De kropslige erfaringer og den tavse viden kan gennem didaktiske greb oversættes til mere eksplicit og begrebslig viden. Læringen kommer således til at ske i et vekselspil mellem kropslige erfaringer og begrebslig indsigt.
- *Eksperimenterende og udforskende kompetencer.* I dette samspil med robotterne lærer børnene at undersøge nye emner og at kombinere forskellige kropslige, handlende og reflekterende tilgange. Herigennem udvikler børnene eksperimenterende og udforskende kompetencer.
- *Medskaben* Børnene er med til at designe didaktikken såvel som læremidlerne. Denne medskabende rolle befodrer lærerprocessen .
- *Undervisere, didaktik og robotlæremidler.* Didaktikken skal nytænkes, når der kommer teknologi i klassen, og det er vigtigt, at underviserne tager aktivt del i denne fornyelsesproces.
- *Leg, læring og robotsystemer.* Robotteknologien giver muligheder for et legende samspil mellem børn og læremidler, og dette er understøttende for udforskende og eksperimentelle læreprocesser.
- *Læring gennem design.* Teknologiske designprocesser introducerede nye måder for børnene at deltage på og dette betød nye måder at lære på.
- *Mangfoldig deltagelse, mangfoldig læring.* Mangfoldighed af deltagelsesformer skaber mangfoldige måder at lære på.

I relation til robotsystemer og designprocesser kan følgende pointer opsummeres:

- Robotsystemer er egnet til at konkretisere abstrakte og matematiske temaer. Robotlæremidler kunne gøre abstrakte koncepter som brøker konkrete og håndgribelige for børnene.

- Modulære robotter er særlig egnede til tilpasning af fleksible læringsmål tilpasse sig fleksible kontekster for læring. Disse robotter egner sig til brugerinddragende designprocesser, idet de appellerer til interaktion og er nemme at tilpasse til forskelligartede læringsmål. At en robotagen er kompleks og færdigudviklet, kan derimod betyde, at den er mindre fleksibel og egnet som medie i design af læremidler - fordi den er vanskelig at tilpasse til forskelligartede læringsmål og didaktik.
- Brugerinddragelse synliggør potentialer hos målgruppen og i teknologien. I case 2 viste det sig f.eks., at børnene fandt det motiverende og sjovt at sige store tal og imitere robotagents rytme i udtalen af disse tal, og dette åbnede didaktiske muligheder, som vi udnyttede i undervisningen.

I de efterfølgende afsnit udfoldes pointerne hver for sig.

---

### 8.2.1 FORANKRING AF FAGLIG VIDEN I KROPSLIGE ERFARINGER

---

Interaktion med robotsystemer medvirker i særlig grad til at forankre den faglige viden i en fysisk oplevelse.

Læreprocesser med robotsystemer byder på oplevelser, hvor den lærende bruger hele kroppen og ikke kun hovedet. Den lærende oplever og erfarer med kroppen det faglige, der er på spil i interaktionen med det konkrete robotsystem. Den kropslige viden kan beskrives som de erfaringer, som den lærende har fra interaktionen med robotsystemet. Pointen her er netop, at den kropslige viden og erfaring medvirker til at forankre den faglige viden.

I den eksperimentelle case Fraction Battle løb børnene rundt og trykkede på de enkelte robotmoduler og oplevede, hvordan systemet reagerede, jævnfør kapitel 6 *Case 1: Design af Fraction Battle et robotteknologisk læremiddel*. Fysisk bevægelse var en særlig del af at være i samspil med Fraction Battle. Børnene udtrykte proportionerne i brøkerne ved det antal gange, de trykkede på satellitterne. De blev i øvrigt meget opslugte af gameplayet. F.eks. sprang de over borde for at nå hurtigere frem til satellitterne. Arbejdet med brøkerne fik efterhånden sin egen koreografi, som gradvist blev optimeret, idet børnene blev bedre til spillet.

I Number Blocks satte børnene klodser sammen og byggede på den måde tal. Afhængig af, hvordan de vendte og drejede de enkelte klodser, og hvordan de forbandt klodserne til masterklodsen, udtalte systemet det tal, som vendte opad, jævnfør kapitel 7 *Case 2: Design af robotteknologisk læremiddel Number Blocks*. F.eks. konkurrerede to grupper af børn om, hvem der kunne bygge det største tal ved hjælp af tre klodser. De skiftede til at trække en klods. Derefter byggede de det størst mulige tal med de forhåndenværende klodser. Til slut udtalte børnene og robotsystemet så tallene. Denne øvelse blev udbygget med en sammenligning af de to tal. Det forgik ved, at børnene vurderede tallenes størrelse, og ved at systemet ved hjælp af sammenligningsklodsen vurderede tallenes størrelse i forhold til hinanden.

Desuden havde Number Blocks en særlig virkning på børnenes udtale af store tal. Systemet udtalte tallene langsomt og med lige lange "og"-forbindelser mellem cifrene undtagen for tierne, f.eks. udtaltes 720.516.313 med tydelige "og"-sekvenser som 700 "og" 20 millioner 500 "og" 16 tusinde 300 "og" 13.

Disse gentagne lange "og'er" hjalp børnene med og udtale tallene, og man kunne høre at børnene indoptog denne rytme. Dette gav børnene en auditiv struktur for at udtale store tal.

Disse konkrete oplevelser medvirkede til at forankre børnenes faglige viden i konkrete oplevelser. De konkrete oplevelser var baseret på børnenes interaktion og aktive handlinger. Det kan teoretisk beskrives som viden-i-handling og er en viden, som ikke på en fyldestgørende måde kan gøres eksplisit, jævnfør 2.2 *Trin 2: Social praksisorienteret læring, handling og refleksion*. Viden-i-handling er der, hvor vores handlinger og erfaringer smelter sammen. Det er en slags tavs tavs viden, som kommer til udtryk i handlinger i en konkret praksis. I gennem de fysiske oplevelser med Number Blocks indhøster børnene viden-i-handling om udtale af tal og brøkgregning.

---

### 8.2.2 FYSISKE OPLEVELSER OG BEGREBSLIG VIDEN (LÆRING 2)

---

Brug af robotsystemer som introduktion til faglige emner giver den lærende en trinvis læring, som kobler erfaringer og oplevelser med faglig og intellektuel viden, hvilket forklares herunder.

De fysiske oplevelser børnene fik med robotlæremidlerne, adskiller sig fra deres oplevelser med en computer, hvor læringsaktiviteten er virtuelt repræsenteret på en skærm. Børnene byggede konkret med Number Blocks, de vendte og drejede klodserne og satte dem sammen.

De fysiske oplevelser, som børnene fik i forbindelse med brug af robotlæremidlerne, kan som det blev beskrevet i foregående beskrives som viden-i-handling. Og denne viden var ikke i begyndelsen eksplicit og begrebsliggjort. Børnene kunne f.eks. ikke begyndelsen omsætte mellem numeriske repræsentation og grafisk repræsentation af brøker. Og de skulle i det hele taget have sat ord på, at det netop var brøker, de arbejdede med. Kropslig og ikke-begrebslig viden kan sammenlignes med Nonakas (1995) begreb for tavs viden som en kropslig erfaring, som opstår i forbindelse med konkrete handlinger, jævnfør *afsnit 2.4 om Trin 4: Innovativ og emergerende viden på baggrund af dynamik*. Den tavse viden og den eksplicite viden supplerer ifølge Nonaka hinanden. Den tavse viden bliver til eksplicit viden og vise versa i forbindelse sociale processer og kreative aktiviteter. I forbindelse med introduktion til f.eks. brøkgregning er det trinnet fra fysisk oplevelse og tavs viden til eksplicit begrebslig viden, som er i fokus.

En af de særlige pointer fra casen med Fraction Battle omhandlede transformation mellem før-begrebslig fysisk oplevelse og eksplicit begrebslighed. Her er et lille resumé som eksempel: I casen legede børnene i første omgang med brøkgregningsspillet uden at have nogen særlig viden om brøker. Den viden de tilegnede sig ved at spille spillet var en kropslig tavs viden og intuitiv viden. Når børnene så efterfølgende talte om brøker, fik dele af denne kropslige viden ord og blev sat på begreb. Idet der blev sat ord på oplevelserne, foregik en formalisering af oplevelser. Denne før-begrebslige viden om brøker blev undervejs igennem undervisningen transformeret til en begrebslig viden om brøker i en begrebslig og intellektuel kontekst.

Transformation fra før-begrebslig viden eller viden-i-handling til begrebslig viden skete, når børnene og deres lærer efterfølgende talte om oplevelsen og brugte den som referenceramme i forbindelse med f.eks. introduktion af teori og opgaver. Undervisningen var tilrettelagt således, at børnene skulle have en oplevelse med brøker, og derefter var der så være intervaller i undervisningen, hvor børnene

omsætte deres oplevelser til eksplicite begreber. Dvs. først leg ved Fraction Battle og derefter nogle opgaver, hvor de skulle tegne grafisk repræsenterede brøker, og så sidenhen opsætte grafisk repræsentation til numerisk repræsentation. En del af denne undervisningssituation kan beskrives som refleksion-over-handling. Når børnene skulle tegne brøker, omsætte brøker til numerisk værdi eller planlægge, hvordan de skulle udføre den næste Fraction Battle opgave, kunne de tænke tilbage på deres konkrete oplevelser med Fraction Battle, og det medvirkede til at danne en forbindelse mellem konkrete Fraction Battle oplevelser og eksplicite begreber om brøker. Det er, når forbindelsen mellem de konkrete erfaringer og den mere abstrakte teori smelter sammen, at børnene kommer til at besidde en ny faglig viden om brøker. Tilrettelæggelsen af undervisningen danner det nødvendige grundlag for at den en fysisk oplevelse kan omsættes til begrebslig viden. Og interaktionen med robotsystemer understøtter, at børnene får en fysisk og konkret oplevelse med brøker, og dette medvirker til, at børnenes viden om brøker får en fysisk forankring. Og denne fysiske forankring kan hjælpe børnene med trinvis at få faglig greb om abstrakte temaer.

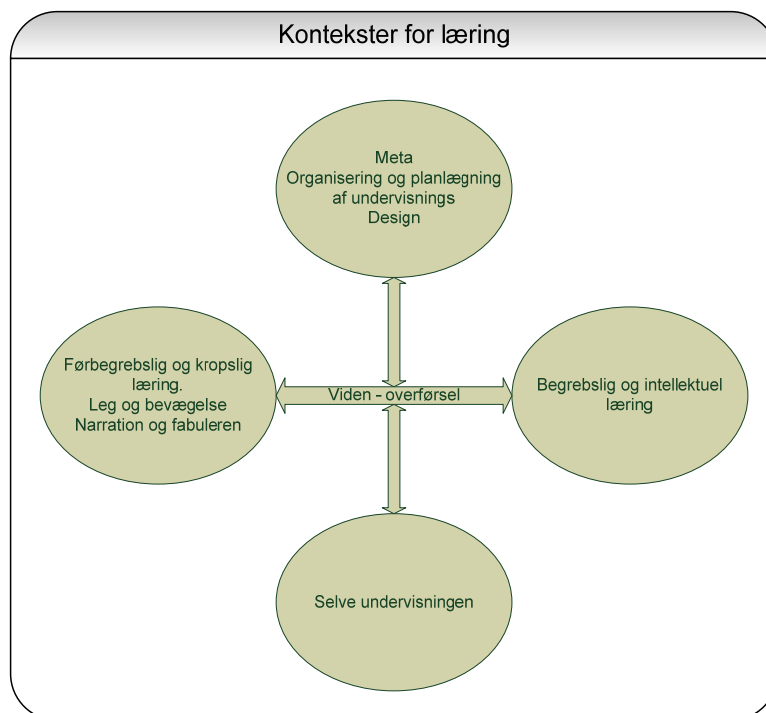
Tilsvarende transformation skete i brugen af Number Blocks. Her blev en fysisk oplevelse af at kombinere klodser og kopiere rytmen i robotens udtale af tal omsat til en mere begrebslig forståelse af logikken i talsystemets opbygning.

Den begrebslige læring bliver en læring, som bygger videre på allerede eksisterende erfaringer, og kan beskrives som læring 2 (jævnfør afsnit 2.1 om Batesons lærings taksonomi). Læring 2 er den slags læring, som foregår ved, at man tilpasser eksisterende viden til nye kontekster. Den eksisterende viden er her viden-i-handling og den nye kontekst er den faglige.

At tilpasse eksisterende viden til brug i en ny kontekst er et mindre læringsmæssigt skridt end at skulle begynde fra bunden. Skal den lærende begynde fra bunden skal han først finde ud af, hvad der er på spil både kontekstuel og indholdsmæssigt. Med læring 2 er det kun konteksten der justeres. Den før-begrebslige eksperimenteren og kropslige oplevelse giver altså børnene en mulighed for, at få en faglig indsigt trinvist.

Den særlige læring, der foregår i transformationen mellem før-begrebslig og begrebslig viden, illustreres med nedenstående figur. I den venstre boble er den før-begrebslige interaktion med robotsystemet, hvor den lærende lærer og i den proces udvikler en før-begrebslig tavs kropslig viden. I boblen til højre er den begrebslige og intellektuelle viden og læring. I transformationen mellem disse forgår der en læreproces, hvor dele af den kropslige viden ekspliciteres og bliver til en begrebslig intellektuel viden. Læreprocessen katalyseres af den undervisning, der foregår, imens læreprocessen står på. På metaniveau vil der også være planlægning af den særlige undervisning, som skal tilpasses læreprocessen.





FIGUR 68 FRA FØRBEGREBSLIG TIL BEGREBSLIG OG INTELLEKTUEL VIDEN FRA EN KONTEKSTUEL VINKEL (LÆRING 2)

### 8.2.3 EKSPERIMENTERENDE OG UDFORSKENDE KOMPETENCER

Den lærende udvikler i sin brug af robotsystemet eksperimenterende og udforskende kompetencer, se forklaring herunder.

I forbindelse med Number Blocks skulle børnene eksperimentere sig frem til at forstå, hvad der skete, når de vendte og drejede klodserne og satte dem sammen. Børnene eksperimenterede med små og store talkombinationer. For eksempel byggede to grupper af børn hvert et tal på tre og fire cifre, derefter satte de disse tal sammen og fik et tal i millionklassen. Dette er et udtryk for eksperimenteren med tal. *Tabel 4 Test med Number Blocks* i forrige kapitel viser netop, hvordan børnene kombinerede klodser og undersøgte deres muligheder.

I forbindelse med Fraction Battle skulle børnene i første omgang eksperimentere sig frem til, hvordan spillet virkede. Ideen var, at børnene i Paperts stil til at begynde med skulle eksperimentere sig frem til en forståelse af, hvordan man lagde brøker sammen. Papert er fortalende for, at matematik skal læres igennem konkrete interaktive eksperimenter, jævnfør afsnit 4.1 *Singulære robotsystemlæremidler: Paperts robotskildpadde*. Den første del af undervisningen foregik ud fra deisen, at børnene skulle inducere viden om brøker ved at anvende Fraction Battle. De lagde brøker sammen uden at det egentligt i første om begrebsligt at være introduceret til det. Opgaverne kunne løses på flere måder og børnene kunne selv eksperimentere sig frem til deres måde. Nogle børn gik efter at løse opgaven med færrest mulige tryk og andre ville anvende en bestemt brøkdelt.

Denne form for aktiv eksperimenteren indebærer en vigtig kompetence, når der skal læres noget helt nyt. Det kan beskrives som, at den lærende eksperimentelt prøver at finde ud af, hvad meningen er efter "trial and error" princippet, som finder sted på alle læringsniveauer, og som grundlæggende går ud på at forsøge sig frem indtil man lykkes, jævnfør afsnit 2.1 *Trin 1: Refleksion i læring og læringstaksonomi*. Konkret erfarede børnene, at hvis de trykkede for mange gange på satellitterne, så mislykkedes aktiviteten. De måtte derfor trykke et tilpas antal gange for i første omgang af nå frem til "en hel". Efterhånden fik de styr på, hvordan man lagde forskellige brøkdele sammen. I batesonsk forstand var kontekstmarkøren for denne aktivitet spil, og hvis de vandt spillet, det vil sige nåede frem til "en hel", responderede systemet med en fanfare. Hvis de derimod kom op på halvanden, var der et særligt signal som angav, at de skulle trække fra. I denne situation skal den lærende regne ud, hvad kontekstmarkøren er, og hvilken betydning den har. Børnene fik at vide, at de i første omgang skulle spille spillet om en hel - for at give dem en ide om, hvad meningen var.

"Trail and error" kan beskrives som at forsøge sig frem, og det er på den måde, som den lærende finder ud af reglerne i samspil med omgivelserne - ved eksperimenteren og ved, at nogle af eksperimenterne fejler. Læring sker på denne måde igennem fejltagelser. Fraction Battle var konstrueret sådan, at når børnene konstruerede en fejlløsning, så kunne Fraction Battle også bruges til at rette på fejlen og konkret justere resultatet hen i den rigtige retning. Børnene skulle blot aktivere minus-funktionen, og så kunne de arbejde sig frem til det korrekte resultat. Denne form for søgen kræver, at børnene reflekterer og fortolker den respons, de får fra omgivelserne, jævnfør *afsnit 2.3 om Glerups tolkning af Bateson* (Gleerup, 2003: 233).

At forsøge sig frem er altså en krævende proces, som kræver refleksion og fortolkning. At forsøge sig frem kræver også, at den lærende har en udforskende tilgang til robotten. Den lærende må eksperimentere sig frem for at se, hvordan robotten reagerer, og gradvist igennem "trial and error" princippet tilegne sig reglerne for interaktion med robotsystemet. Denne udforskning har for eleven karakter af at være opklarende, idet eleven vil forstå, hvordan systemet og spillet fungerer. Eleven forsøger at løse sin opgave ved at udforske robotens virkemåde.

Den lærende udvikler altså i sin brug af systemet eksperimenterende og udforskende kompetencer. Eksperimentelle kompetencer er nødvendige, når man skal lære noget helt nyt, f.eks. lære et nyt computersystem at kende.

---

### 8.2.4 MEDSKABEN

---

Når målgruppen inddrages i designprocessen af egne læremidler, får de også indflydelse på didaktikken. Og dermed mulighed for at designe deres egen læringsstrategi, se herunder.

I designet af de to robotsystemer var der lagt vægt på, at børnene og deres lærer skulle deltage i designprocessen. De skulle deltage på så mange planer som muligt. De skulle være med til at generere ideer til læringssystemet, være testere og om muligt medarbejdere. Designprocessen omfattede både design af teknologi og didaktik.

I forbindelse med Number Blocks var det børnene selv, der foreslog, at de gerne vil prøve at konkurrere om, hvem der kunne bygge det største tal. Børnene konkurrerede herefter to og to, om hvem der

kunne bygge og udtale de største tal med de klodser, de nu havde til rådighed. Dette er et eksempel på, hvordan disse børn foreslog og gennemførte en aktivitet med Number Blocks. Børnene så det nok ikke som valg af en særlig læringsstrategi. Men i realiteten var de med til udvikle en læringsstrategi, som blev anvendt i de senere iterationer som en del af didaktikken.

Bevidst at vælge en læringsstrategi er udtryk for en særlig reflekteret form for læring, hvor man kan vælge mellem kontekster for sin læreproces. At vælge læringsstrategi er udtryk for læring 3, jævnfør afsnit 2.1 om Batesons syn på reflekteret læring. Man kan sige, at børnene var med til at udvikle læringsstrategien, hvilket må være en særlig, mindre reflekteret afart af læring 3.

---

### 8.2.5 UNDERVISERE, DIDAKTIK OG ROBOTLÆREMIDLER

---

Det digitale læremiddel kan ikke stå alene, og det vil altid skulle indgå i en konkret undervisningssituation, som er styret af en underviser. Det er i princippet underviseren, der er ansvarlig for den didaktiske planlægning, som læremidlet skal indgå i. Nogle digitale læremidler har indbyggede spilleregler og dermed er en del af didaktikken indbygget. Det er oplagt at have underviser med i designprocessen, således at de kan præge didaktikken.

Undervisererne i de to cases deltog i designprocessen, hvilket også gjorde, at de fik sat fokus på, hvordan man kan designe didaktikken, når der er teknologi involveret. Det konkrete design af didaktikken fik underviserne til at tænke på didaktik og teknologi på en ny måde.

I casen med Number Blocks foreslog matematiklæreren, at Number Blocks kunne indgå som en del af værkstedundervisning og i tilknytning til deres matematiksystem. Klassen arbejdede i forvejen med særlige konkrete temaer i mindre grupper som supplement til den almindelige undervisning.

Det er centralt, at undervisere tænker sig selv om didaktiske designere. Lærerens rolle bliver anderledes, når der er teknologi i klassen, og det er værdifuldt at underviseren selv er med til at designe en ny didaktik, som passer til klassen og teknologien. Derudover var de konkrete spil og opgaverne i Fraction Battle og Number Blocks så åbne, at der var behov for, at underviseren skulle formulere den didaktiske ramme. Arbejdet med Fraction Battle var faktisk på vej til at blive kaotisk, indtil vi indså, at vi måtte udvikle og afklare en særlig didaktik. Klassen ikke kunne gøre som de plejede, når Fraction Battle fyldte halvdelen af klasserummet. Arbejdsformerne og rollerne måtte re-defineres.

I forbindelse med Fraction Battle udarbejdede og testede forskerne en didaktik. Den didaktiske plan er medtaget her i konklusionen for at sætte fokus på planlægning af undervisningen er vigtig og i særlig grad når der skal anvendes nye læremidler, som kan noget andet og som giver en anderledes dynamik i klassen.

Didaktikken var bl.a. baseret på induktion, deduktion, transformation, på at give børnene fysiske oplevelser med brøker og give plads til eksperimenteren og udforsken. Oversigten over den didaktiske plan er illustreret herunder:

## Læreprocesser og robotsystemer



FIGUR 69 DIDAKTISK PLAN

Ideen var, at børnene først skulle inducere sig frem til brøkbegrebet - ved først at lege og udforske brøkspillet, se første kasse på Figur 69. Det var her ideen af børnene skulle bruge deres udforskende kompetencer for at lære spillet at kende og for at få en fysisk oplevelse med brøker. Dernæst skulle børnene gå mere deduktiv til værks og planlægge, hvordan de ville løse brøkopgaver, se anden kasse på Figur 69. Børnene blev konkret sat til at tegne brøker og sat til at tegne, hvordan de skulle løse en bestemt opgave ved Fraction Battle. Børnene fik udleveret brøkskabeloner, som de skulle farvelægge. Og det viste sig, at det faktisk var en tidskrævende opgave for børn i anden klasse at farvelægge brøker. Dette var tænkt som en deduktiv tilgang, hvor børnene ud fra generelle principper skulle løse konkrete opgaver. Derefter var der igen en aktivitet af mere induktiv karakter. I fjerde fase blev børnene sat til at omforme brøker fra grafisk repræsentation til numerisk repræsentation - og vise versa. Det viste sig, at nogle af børnene på dette tidspunkt var lidt trætte af at tegne brøker og faktisk syntes, det var en lettelse at skrive brøkerne i tal. Dobbeltlektionen afsluttedes med lidt friere leg, hvor børnene valgte at skulle lege med det gamle rød-grøn spil, som intet havde med brøker at gøre.

Nonaka (1995) understøtter i øvrigt, at deduktion og induktion er ofte anvendte metoder i forbindelse med dannelse af konceptuel forståelse. Det vil sige den type viden, som udvikles når man går fra en tavs kropslig viden til en eksplicit viden. Dette var en vægtig grund til at fokusere på induktion og deduktion i planlægningen af undervisningen. Og den transformativ del lå med vilje til sidst i forløbet, idet det at omsætte mellem grafisk og numerisk repræsentation, krævede at børnene havde den god konceptuel forståelse af den grafiske repræsentation, før de kunne omsætte den til en repræsentation i en numerisk kontekst.

Vi erfarede i begge de eksperimentelle cases, at det var vigtigt at have en didaktisk plan i sådanne åbne digitale systemer, den gav en nødvendig struktur. Ikke alt kan være åbent i en design- og udviklingsproces. Den didaktiske plan fungerede som løftestang for at formulere præcise faglige mål. Og det blev enkelt i undervisningssituationen at vurdere om børnenes niveau og de faglige mål passede sammen.

Ud over at underviserne i vores cases gerne vil designe deres egen didaktik, så vil de også gerne have gode eksempler på anvendelse af teknologien, som er enkle at integrere i den daglige undervisning. Det er derfor vigtigt at holde begge muligheder åbne i teknologiske designprocesser.

---

## 8.2.6 LEG, LÆRING OG ROBOTSYSTEMER

---

Robotsystemerne gav børnene en mulighed for at forbinde leg og læring. Robotsystemerne i de to cases appellerede til leg. Og legen fik børnene til - i overført betydning - at strække sig på tå, og pludselig kunne de noget, som de ellers ikke kunne i det daglige, jævnfør afsnit 2.5 om Vygotsky, leg og nærmeste udviklingszone (Vygotsky, 1978). Børnene lærte således at sammenlægge brøker og danne store tal på et relativt tidligt tidspunkt i forhold til trinmål. Legen fik desuden børnene til at udforske og eksperimentere inden for de faglige temaer.

For eksempel kom teknologien i Fraction Battle oprindeligt fra et digitalt legestativ, som i designprocessen blev transformeret til et digitalt læremiddel. Det betød, at det stadig havde en legende appel for børnene. Og det var tydeligt, at børnene forbandt brugen af Fraction Battle med leg og bevægelse, jævnfør kapitel 6 *Case 1: Design af Fraction Battle et robotteknologisk læremiddel*. Den første gang vi medbragte den teknologiske platform, som Fraction Battle er baseret på, blev legenpladsen i bogstavelig forstand bragt ind i klassen. Klassen afprøvede de spil, som de kendte fra legepladsen, og der var en festlig og legende stemning i klassen. Børnene heppede på hinanden og løb hurtigt rundt om bordet – eller smed sig henover bordet - for at vinde i spillene. Da vi senere medbragte de første versioner af Fraction Battle, var det stadig en meget legende brug af systemet, som dominerede. F.eks. kan man på Figur 50, se to drenge, der konkurrerer om hurtigst muligt at løse en brøkgave. Denne lidt voldsomme leg fremprovokerede et behov for at formulere en didaktik, som sikrede, at børnene ind i mellem fik ro til at fordybe sig i brøker andre måder.

I de to cases havde leg en appeal, således at børnene tilgik læreprocessen fra en anden vinkel, end de plejede. Matematiktimerne, hvor Fraction Battle indgik, blev af børnene forbundet med, at nu skulle de lege med robotsystemer snarere end at lære matematik. Dette kunne medvirke til at gøre matematik attraktivt for børn, som ellers ikke normalt var aktivt deltagende i matematiktimerne.

Leg kan fungere på flere måder i forbindelse med læreprocesser som eksemplificeret herover. Teorien i kap. 2.6 om leg og læring belyser dette. Legen kan give børnene et frirum, hvor det er ok at begå fejl, og hvor de frit kan eksperimentere, jævnfør 2.5 om Batesons (2000) begreb "det er bare leg". Som man kan se af ovenstående eksempel var vi nødt til at indkapsle dette frirum, da legen ellers havde tendens til at overtage klassen.

Leg kan også være et frirum, der får børnene til at strække sig på tå og kunne noget, som de ellers ikke kan uden for legen, f.eks. legede de med brøker og udtalte usædvanligt store tal. I lyset af afsnit 2.5 (om Vygotsky og leg som nærmeste zone for udvikling) kan disse lege fortolkes som eksempler på nærmeste zone for udvikling. At de lærende gør noget, som ligger på kanten af det, de forventes at kunne. Og det er kernen i det, undervisere kredser om i deres metier. Derfor er det vigtigt at eksperimentere med at intergrere leg i undervisningen.

Børnenes leg i forbindelse med brug af robotlæremidlet var også eksplorativ og udforskende. F.eks. i forbindelse med at finde på nye udfordringer i forbindelse med brug af Number Blocks, jævnfør *Tabel 4 Test med Number Blocks* i kapitel 7 om design af Number Blocks. Her vises det empirisk, hvordan børnene byggede tal i millionstørrelsen. Efter at have bygget og udtalt et sådant tal, spurgte en af drengene om, hvad sker der, hvis vi vender den (underforstået rækken af klodser). Eller i en anden situation, hvor nogle piger har bygget hver sit tal i et antal tusinder, og hvor de efterfølgende spørger, hvad

sker der hvis vi sætter dem sammen. Herefter afprøvede de så dette og fik et tal i millionstørrelsen. Dette eksemplificerer en udforskende tilgang. Dette kan forstås via Paperts konstruktions tilgang til læring, hvor børn igennem fysisk konstruktioner eksperimenterer sig frem til en forståelse af deres omverden. Denne legende og udforskende aktivitet kan også forbindes med "trial and error" læring, jævnfør afsnit 8.2.3 *Eksperimenterende og udforskende kompetencer*. Denne type læring finder sted på alle trin i Batesons taksonomi og er derfor en type læring læring, som kan anvendes, når man skal lære noget helt nyt, og når man skal tilpasse eksisterende viden. Denne måde at lære er krævende, idet den lærende hele tiden skal fortolke, hvad der sker med robotten og finde på nye måder at stimulere den på.

At være udforskende er en forudsætning for at kunne lære, men også for at være kreativ (Scharmer, 2000), og legen er netop med til at skabe denne forudsætning.

Derudover kan robotteknologi og anden teknologi i sig selv have en legende tiltrækningskraft på nogle børn, således at de får lyst til at deltage. Denne faktor er en slags 'motivation persuasion', som den som beskrives i forbindelse med persuasive design (Fogg, 2003).

Deltagelse i form af leg og bevægelse kan bruges som værktøj for læring. Børnene har nogle erfaringer fra legens verden, som kan bruges i en læringsammenhæng. Det kan f.eks. dreje sig om udforskende og eksperimenterende proceser som nævnt ovenfor. For børn i anden klasse er det nemt at lege. For børnene i vores cases var leg var en naturlig adfærd, og når læreren ikke fastholdt dem, så var de fulde af leg og bevægelse. I forbindelse med udvikling af Fraction Battle blev de typisk flere gange i løbet af en dobbeltlektion sendt ud til skolens flagstang og tilbage igen for at løbe energien ud af kroppen. Robotlæremidlet medvirkede i nogen grad til at kanalisere den lege- og bevægelsesenergi over i læringsorienterede aktiviteter. Leg kunne dermed fungere som en ventil for overskudsenergi, som kunne udledes i løb til flagstangen. Eller alternativt kunne leg fungere som en kanal for læringspil. For ældre børn og voksne er leg nok ikke det naturlige modus i formelle læringsituationer, og de skal overvindes til at acceptere leg og bevægelse som en del af læreprocessen.

---

### 8.2.7 LÆRING GENNEM DESIGN

---

En god del af læreprocessen i de eksperimentelle cases hænger sammen med den designproces, som børnene deltog i. Og der er ingen tvivl om at denne form for deltagelse bidrager til børnenes læring både om det matematisk faglige, men også om, hvad design og innovation er for en størrelse. Se f.eks. resume af udviklingsprocessen for Fraction Battle i afsnit 6.4.

Denne form for læring gennem design er svær at rekonstruere i den beskrevne form, hvis der ikke er knyttet nogen design-, teknologi- og fagdidaktikforskere til.

Deltagelse i forbindelse med designprocessen kan dermed være vanskelig at rekonstruere. Der er dog eksempler på, at børn kan deltage i digitale udviklingsprocesser, hvis den givne applikation er tilrettelagt med det formål. I kapitel 4.3 *Singulære robotsystemlæremidler: Digitale legepladser til leg, læring og bevægelse* blev Lappsets legepladser introduceret. Disse består af udendørs programmerbare hinkeruder og løbebaner. Til dette system er der en særlig brugergrænseflade, som børn fra 3. – 4.

klasse kan programmere med støtte fra en lærer. Dette giver børnene en mulighed for at deltage som designere af digitale medier.

Man kunne måske forestille sig at Fraction Battle og Number Blocks fik sådanne interfaces, så eleverne og deres lærer kunne formulere missioner, spil eller opgaver til hinanden. Det vil sikre, at der også i fremtiden kan læres igennem deltagelse i designprocesser uden medvirken af et forskerhold.

---

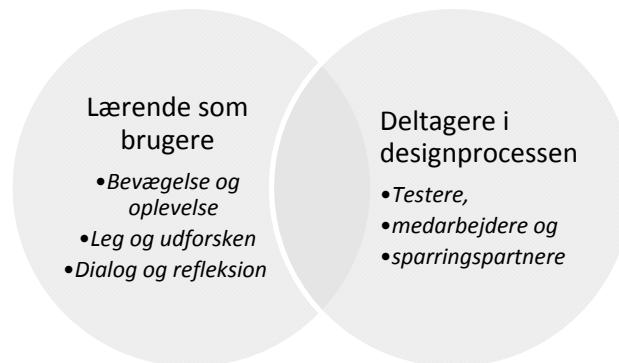
### 8.2.8 MANGFOLDIG DELTAGELSE, MANGFOLDIG LÆRING

---

Noget af det særlige ved robotsystemer er den mangfoldighed af deltagelsesformer, som bliver tilgængelige for den lærende. Aktiv deltagelse og handlen skaber læring, jævnfør kap 2.2 *Trin 2: Social praksisorienteret læring, handling og refleksion*. I følge Wenger er deltagelse i orkanens øje af læring, og han mener at den lærende deltager for at være en aktiv del af et praksisfællesskab. Derfor har det i denne afhandling handlet om at udvikle læremidler også til at handle om at skabe nye deltagelsesformer.

Herunder opsummeres eksempler på forskellige deltagelsesformer i forbindelse med de to eksperimentelle cases.

Medskaben og deltagelse foregik på mange måder i forbindelse med de to cases. Det kunne være at konstruere ideer eller fysiske artefakter, eller deltage i en dialog, hvor den lærende prøvede at forstå et nyt begreb. Nedenstående figur viser en oversigt over de to hovedkategorier af deltagelse i de to cases, nemlig børn som deltagere i designprocessen og børn som lærende brugere af robotsystemet.



FIGUR 70 DELTAGERE I DESIGNPROCESSEN MED LÆRENDE BRUGERE

Børnenes deltagelse i forbindelse med designprocessen var konkret brugbar og udbytterig, når børnene fungerede som testere og som en slags medarbejdere. Når børnene fungerede som sparringspartnere var deres input i forhold til designprocessen kun indirekte anvendelige, idet børnene stadig var novicer i matematikken verden. Dette gjorde det vanskeligt for børnene at bidrage med faglige ideer. I de senere iterationer kunne børnene dog komme med ændringsforslag eller ideer, som var mere præcise og brugbare, se f.eks. fjerde iteration i Fraction Battle.

Børnenes deltagelse i forbindelse med den faglige læreproces medvirkede til at justere læringsmålene, således at de passede til målgruppen. Derudover var børnenes refleksioner og brug af prototyper



medvirkede til at vurdere, hvordan læremidlet bedst kunne bruges i en undervisningssammenhæng. Derudover kunne børnenes brug også afdække mulige lege og motivationspotentialer i læremidlet.

Herunder beskrives de to deltagelseskategorier mere detaljeret.

### ***Deltagelse i forbindelse med brug af læremidlet***

I forbindelse med den faglige læreproces som omhandlede de konkrete læringsmål forekom følgende deltagelsesformer hos børnene:

- Bevægelse og fysiske oplevelser. Jævnfør afsnit 8.2.1 *Forankring af faglig viden i kropslige erfaringer*
- Refleksion i form af faglig dialog i forbindelse med undervisning og herunder om brug af robotlæremidlet. Det kunne også være optimerende strategier for, hvordan børnene kunne løse opgaven på andre måder. Jævnfør afsnit 8.2.2 *Fysiske oplevelser og begrebslig viden (Læring 2)*
- Eksperimenteren og udforsken. Jævnfør afsnit 8.2.3 *Eksperimenterende og udforskende kompetencer*.
- Leg og udforsken i brugen af robotlæremidlet. Jævnfør afsnit 8.2.6 *Leg, læring og robotsystemer*
- Design af læringsstrategi. Jævnfør afsnit 8.2.4 *Medskaben*.

Disse deltagelsesformer er beskrevet i de foregående af afsnit.

### ***Deltagelsesformer i forbindelse med designprocessen***

I forbindelse med designprocessen forekom følgende deltagelsesformer. Børnene fungerede som:

- Testere af de konkrete versioner af prototyperne.
- Udviklere. Jævnfør afsnit 8.2.7 *Læring gennem design*
- Medarbejdere, som f.eks. når de indtalte lyd.
- Sparringspartnere, som formulerede nye ideer til spillet og byggede videre på hinandens ideer.

Børnene testede først og fremmest de forhåndenværende prototyper. Fordelen ved at lade den samme gruppe teste systemet var, at de blev mindre generte, og det var nemmere at få dem til arbejde lidt dybere med læremidlet. Ulempen ved bruge den samme brugergruppe igennem et helt udviklingsforløb var f.eks., at de lærte at omgå diverse usabilityfejl, som derfor ikke blev rettet.

Derudover deltog børnene som medarbejdere i udviklingsprocessen, idet de f.eks. indtalte stemmer i forbindelse med tale syntese i forbindelse med Number Blocks.

Desuden deltog børnene som sparringspartnere i den del af designprocessen, hvor der skulle idegenereres. Det var dog det vigtige, at børnene havde noget konkret at bygge videre på. Børnenes ideer blev mere udfoldede og operationaliserbare i de senere interventioner, f.eks. drengen der ville udvikle et vendespil i forbindelse med Fraction Battle.



Disse fire måder at deltage i designprocessen på udgør også nye måder at lære på, idet deltagelse ifølge Wenger er i orkanens øje af læring, jævnfør afsnit 2.2 *Trin 2: Social praksisorienteret læring, handling og refleksion*. Deltagelse i designprocesser giver dermed nye måder at lære på til børnene i indskolingen.

Deltagelse i designprocesser giver desuden børnene en viden om, hvordan de kan være med til at udvikle teknologi, og hvordan teknologiske udviklingsprocesser foregår. Det giver dem en oplevelse af, at de ikke blot er forbrugere af teknologi, men at de kan være med til at forme fremtidens teknologi. Innovative og designmæssige kompetencer er vigtige at besidde i det moderne samfund, som bygger på innovative teknologiske frembringelser.

---

### 8.2.9 ROBOTSYSYSTEMER ER EGNET TIL AT KONKRETISERE ABSTRAKTE OG MATEMATISKE TEMAER

---

Der skal være en naturlig forbindelse mellem det faglige indhold og den digitale konstruktion. En sådan sammenhæng består f.eks. i, at robotklodser egner sig til kombinatorik og matematik. I afsnit 4.6 *Modulære robotsystemlæremidler: Tangibles til matematik og fysikundervisning* understreges det desuden, at abstrakte matematiske og fysiske temaer med fordel kan forbindes med konkrete og fysiske oplevelser. Eksperimenteren og leg med robotsystemer bliver på denne måde i vigtig brik i undervisningen i forbindelse med abstrakte temaer, som ellers er vanskelige at få konkrete erfaringer med.

---

### 8.2.10 MODULÆRE ROBOTTER ER SÆRLIG EGNEDE TIL TILPASNING AF FLEKSIBLE LÆRINGSMÅL

---

#### **Design**

Modulære konfigurerbare robotter egnede sig særligt til brugerinddragende designprocesser, idet de appellerer til interaktion, og er nemme at tilpasse til forskelligartede læringsmål. En robotagent, som er meget kompleks og færdigbearbejdet, kan have en del bindinger og dermed være relativt ufleksibel i forhold til at kunne indgå i forskellige læringssituationer med forskelligartede mål.

Derudover er der ikke en sammenhæng mellem, at en robotagent skal være ekstremt kompleks for at udvise en kompleks adfærd og dermed egne sig til sig til undervisning. En robot kan derimod være simpel, men agere komplekst, idet omgivelserne opfører sig komplekst, jævnfør afsnit - *Hvordan kan robotteknologi og kropslig intelligens og udnyttes i digitale læremidler?* og 3.5 *Læring, interaktion og kompleksitet*. Når det gælder robotlæremidler, vil disse befinde sig i komplekse omgivelser. Idet f.eks. børnene og deres lærer opførte sig komplekst, f.eks. i samspil med Fraction Battle og Number Blocks.

De modulære robottyper, som blev anvendt i de eksperimentelle cases Fraction Battle og Number Blocks, er en slags modulære robotplatforme, hvis faglige og didaktiske indhold kan tilpasses i indhold

til den konkrete målgruppe. F.eks. blev den digitale legeplads forvandlet til Fraction Battle. Som de modulære platforme ser ud i dag, er der dog behov for software engineering, lege- og læringskompetencer for at kunne håndtere en sådan transformation.

### Undervisning

Modulært sammenkoblede robotter er desuden særligt anvendelige til undervisning, idet systemets effektorer opfører sig forskelligt afhængigt af, hvordan modulerne er koblede. De har en rigere form for adaptivitet, idet de kan forbindes på forskellig vis, og har en distribueret organisering.

I Number Blocks var hver enkelt klods et modul, som afhængig af hvad side som vendte opad, var i en bestemt tilstand. Når to forbundne klodser med f.eks. 1 og 2 opad, blev forbundet til master klodsen, så ud talte robotten "12". Adfærden blev yderligere kompleks, hvis man drejede klodserne eller anvendte de særlige større og mindre end klodser. Den lærende konstruerer en adfærd for det samlede robotsystem ved at sætte de enkelte robotdele sammen. De lærende får en forståelse af de enkelte modulers virkemåde og det samlede system. Man kan sige, at den lærende tilpasser siden viden om tal til de talkonstruktioner han bygger, på den måde får læreprocessen karakter af at være adaptiv i Batesons læring 2 forstand.

En af hovedpointerne i succesfuld brug af modulær robotteknologi som interaktivt læremiddel hænger sammen med, at agenterne hver især har en enkel og gennemskuelig adfærd, hvorimod de, når de sættes sammen, kan udvise en kompleks og uventet adfærd. Dette blev udnyttet i Fraction Battle og Number Blocks. Hvilket uddybes i kapitel 6 og 7 design af Fraction Battle og Number Blocks. Man kunne godt i fremtidige testscenarier sætte mere fokus på denne kompleksitet og dens betydning for læreprocessen.

---

### 8.2.11 BRUGERINDDRAGELSE SYNLIGGØR POTENTIALER HOS MÅLGRUPPEN OG I TEKNOLOGIEN

---

Brugerinddragelse i designprocessen synliggør potentialerne i teknologien, hos brugerne og dynamikken i interaktionen. F.eks. kom det frem i designprocessen af Number Blocks, at store tal har en særlig fascinationskraft for børn i indskoling. Dette forhold blev udnyttet teknologisk og didaktisk. Systemet blev designet til at kunne udtale tal i millionstørrelsen.

Derudover medvirkede brugerinddragelse til sætte fokus på læringsniveau på en tilpasset og dynamisk måde. Når anvendelse af teknologien er ny og uprøvet, er det svært uden brugerinddragelse at vurdere, hvor meget børnene kan flytte sig fagligt, og hvordan teknologien appellerer til de børnenes forskelligartede faglige niveauer, selv om de er på samme klassetrin. Konkret kunne nogle børn relativt nemt udtale tal i milliardstørrelsen, mens andre var tilpas udfordret, når de skulle udtale tal mellem 40 og 99, se Tabel 4 i kapitel 7 om Number Blocks. Modulariteten i klodserne betød, at det var muligt at udfordre både de fagligt stærke og de fagligt svage børn i klassen.

### 8.3 TRIN 3: ERFARINGER MED FORSKNINGS- OG DESIGNMETODEN

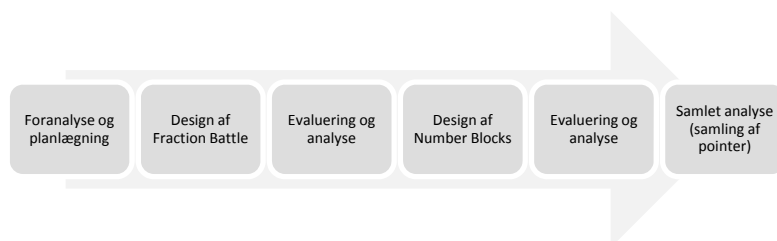
Til slut gøres der rede for erfaringerne med forsknings- og designmetoden, herunder hvordan tilrettelæggelsen af designprocessen tilgodeser potentialerne hos målgruppen og i teknologien. Først resumeres den anvendte forsknings- og designmetode.

I begyndelsen gjorde jeg mig en række overvejelser om, hvilken designteknik der egnede sig bedst til udvikling af robotlæremidler. Der var tre veje at gå, man kunne vælge en teknologisk drevet tilgang, en læringsdrevet tilgang eller en interaktionsdrevet tilgang. Det teknologisk drevne til ville indebære, at udviklingen foregik på et laboratorium, evt. med en afsluttende beta-test i felten. Denne tilgang ville være dikteret af, hvilke teknologier man ønskede at udvikle og afprøve. Et produkt udviklet på denne måde vil først nå målgruppen i slutningen af udviklingsforløbet, og det ville så kunne konstateres om, en given teknologi havde potentialer til brug i undervisningen. Kvaliteten af disse potentialer ville typisk ikke kunne vurderes med denne teknik, og teknikken blev derfor forkastet.

Den læringsmåldrevne tilgang ville have været en mulig tilgang. Med denne tilgang ville projekt have været styret efter konkrete faglige læringsmål. Med en sådan tilgang ville det ikke være muligt at justere på læringsmålene, hvis det viste sig at teknologien havde potentialer i en anden retning. Og da robotlæremidler er et forholdsvist nyt fagligt område, vidste jeg ikke i forvejen, hvor teknologiens potentialer lå. Derfor blev den læringsmål drevne tilgang også forkastet.

Den interaktionsdrevne tilgang bragte den lærende i centrum af designprocessen, og den lærende blev inddraget i alle faser af udviklingsprocessen. Teknologi- og læringsmål skulle med denne tilgang tilrettes konkrete erfaringer med målgruppen. Derudover kunne denne teknik også synliggøre, hvilke læringskvaliteter teknologien besad, hvis forskningsprocessen blev tilrettelagt med henblik på dette. Den interaktionsdrevne udviklingsteknik skulle dermed komme til at komplementere afhandlingens forskningsmetode.

Afhandlingsforskningsmetode tog udgangspunkt i elementer fra aktionsforskning og Design-based Research. Aktionsforskningen havde fokus på brugerinddragelse og aktiv deltagelse. Dette understøttede mit lærings syn, som netop forbandt læring og deltagelse. Design-based Research er en forskningsmetode, som er skabt med henblik på forskning i design af digitalt støttede læreprocesser. Og procesmodellen for Design-based Research kom til at ligge til grund for denne afhandling. Forskningen i denne afhandling afviger dog fra metoden, idet vi ikke ønskede at formulere præcise læringsmål, inden designet påbegyndtes. Derfor blev der i afhandling hentet inspiration fra begge forskningsmetoder.



FIGUR 71 PROSESMODEL FOR FORSKNINGSPROCESSEN

Herover ses en figur, som viser en oversigt over forskningsforløbet opdelt i faser. I den første fase afklaredes den teoretiske for-forståelse af læring og robotteknologi. Det vil sige, at det var i denne fase, at grundskitserne af kapitel 2 *Læring, refleksion og medskaben*, 3 *Situerede og kropslige robotter som grundlag for robotlæremidler* og 4 *Eksempler på robotsystemer til brug i undervisning* blev udarbejdet. Disse kapitler blev gennemskrevet flere gange i forløbet, og der kom f.eks. flere eksempler med på robotsystemer til brug i undervisningen. Læringsafsnittet blev også gennemskrevet flere gange for at sikre, at der var en rød tråd i brugen af de mange forskellige læringsteorier. Og for at være helt sikker på, at f.eks. praksislæring og refleksion nu også kunne kombineres. Robotafsnittet blev også skrevet igennem af flere omgange for at sikre, at det fik den rigtige vinkel i forhold til robotlæremidler.

Derefter fulgte processuelt udviklingen af Fraction Battle og Number Blocks. Efter hvert enkelt udviklingsforløb fulgte en retrospektiv analyse. Og erfaringer fra Fraction Battle bidrog til planlægningen af forløbet med Number Blocks. F.eks. blev folkeskolens Fællesmål studeret, inden vi lagde os fast på, i hvilken retning læringsmålene skulle gå.

I forlængelse af udvikling og analyse af de to eksperimentelle cases indhøstede de forskningsmæssige pointer, som er beskrevet i del 2 af dette kapitel.

Herunder gøres der rede for samspillet mellem forskningsmetode og læringsperspektiv.

### **Forskningsmetoden gjorde det mulig at sætte fokus målgruppens deltagelse.**

Deltagelse er essentiel i forbindelse med læring og, det er derfor vigtigt have fokus på den lærendes deltagelse fra dag ét i designprocessen. Den lærende kan deltage dels som bruger af produktet, som er under tilblivelse og dels som medskaber. Inddragelsen giver udviklerne en forståelse af, hvordan målgruppen arbejder med det nye digitale materiale. Den viden skal man have så tidligt i designforløbet, at man kan ændre og udvikle det digitale materiale til f.eks. at kunne omfatte flere typer af deltagelse eller justere og optimere de eksisterende deltagelsesformer.

Medskaben og refleksion sker desuden som følge af, at der didaktisk bliver skabt rum og motivation for dette. F.eks. blev der i forbindelse med Fraction Battle udarbejdet en didaktik, som fremmede praksisrefleksion, og som fremmede transformation mellem tavs kropslig viden og konceptuel intellektuel faglig viden. Der er altså dermed to ben i et sådant udviklingsforløb: Det ene ben har fokus på udvikling af læremidlet og det andet ben har fokus på udvikling af didaktikken.

I begge cases forløb designet som en iterativ udviklingsproces med interventioner med målgruppen, dvs. lærer og elever. I den sidste case var der også sparring med skolens øvrige matematiklærere for at høste deres ideer. Desuden styrede matematiklæreren i forbindelse Number Blocks sidste intervention didaktikken. Dette gjorde, at testscenariet fik en større autenticitet i relation til den daglige undervisning. Number Blocks mulige potentialer blev og synlige og håndgribelige for underviseren. Og fra forskerside fik vi mulighed for at iagttage brugen af læremidlet i et realistisk scenarie i en almindelig folkeskoleklasse.

For at fremme praksisrefleksion er det vigtigt, at underviseren er med til at tilrettelægge undervisningsforløb med brug af robotsystemer, så en refleksionsfremmende didaktik kan udvikles og afprøves i samspil med udviklingen af selve læremidlet. Underviseren er en vigtig del af målgruppen.

## 9 PERSPEKTIVER: ET PRAKSISFELT DANNES

---

I dette kapitel perspektiveres design af robotlæremidler på meta-niveau.

Den forudgående undersøgelse har handlet om design af robotteknologiske læremidler til brug i matematikundervisningen i indskoling. Fokus har været på selve udviklingsprocessen og på de pædagogiske kvaliteter, der realiseres, når læremidler udvikles i tæt samspil med eleverne. Især elevernes medskaben og kropslige interaktion med læremidlerne har været set som grundlaget for udvikling af refleksion og dybde i læreprocesserne.

I denne perspektivering ønsker jeg at åbne en vidererækkende diskussion, som bl.a. vil kunne udpege genstandsfelter for nye undersøgelser. Undersøgelsen tegner konturerne af et nyt praksisfelt for en ny type af designere – nemlig de, der involverer sig i at skabe digitale læremidler sammen med allehånde typer af deltagere i læreprocesser. Men hvad er det for en grundlæggende metier, der er under dannelse? Hvad kendetegner denne metier som et praksis- og professionsfællesskab? Hvilke kompetencekrav og uddannelsesformer afgrænser og kendetegner dette fællesskab?

Dette fører til nye perspektiverende spørgsmål: Hvordan spiller forskellige faggrupper og professioner sammen inden for dette praksisfelt? Hvor er der mulighed for at realisere tværfaglige synergier?

I forhold til undersøgelsens specifikke designcases udgør disse diskussioner et meta-niveau. De omhandler nemlig betingelser og rammer for designprocesser. Og de omhandler karakteren af den faglighed, som er i spil i de specifikke designforløb.

De to klynger af spørgsmål vil jeg belyse gennem to konkrete eksempler.

### **Eksempel 1: Om metieren at udvikle læremidler i dialog med målgruppen**

Der sættes fokus på hvilke kompetencer en designer af digitale læremidler bør besidde. Dette eksemplificeres med en konkret case "Design af civilingeniøruddannelsen lærings- og oplevelses-teknologi". Med denne perspektivering løftes design af robotlæremidler op på meta-niveau, og der sætter fokus på den særlige metier det er at designe digitale læremidler og læreprocesser. Følgende spørgsmål diskuteres:

- *Hvad er det grundlæggende for en metier at udvikle robotteknologiske læremidler i dialog med de lærende? Hvad skal man kunne – både med hensyn til faglig viden og processuelle færdigheder?*

### **Eksempel 2: Om designprocesser i det tværprofessionelle felt**

Her beskrives et eksempel på, hvordan tværprofessionelt samarbejde kan fremme design af robotsystemlæremidler. Det giver forskeren ny viden om designprocesser i dette tværfaglige felt, hvor viden om læring og teknologi skal gå hånd i hånd. Design af læremidler i en tværfaglig kontekst eksemplificeres med en konkret case "Robotter og Leg". Følgende spørgsmål diskuteres:

- *Hvordan kan tværprofessionelt samarbejde fremme designet af robotsystemlæremidler?*

Først introduceres og diskuteres eksempel 1 og dernæst eksempel 2.

## 9.1 OM METIEREN AT UDVIKLE LÆREMIDLER I DIALOG MED MÅLGRUPPEN

---

Her præsenteres en diskussion af hvilke særlige krav der stilles fremtidens designere af digitale læremidler for, at de kan honorere udvikling af læremidler, som fremmer medskaben, deltagelse og refleksion brugeren. Dette sker med udgangspunkt i designet af civilingeniøruddannelsen lærings- og oplevelsesteknologi.

De to eksperimentelle cases i kapitel 6 og 7 har behandlet udviklingen af to robotteknologiske læremidler til undervisning i matematik i indskolingen.

I dette afsnit rettes fokus derimod på de professionelle designere af læremidler, altså på os selv. Hvad skal man kunne – både med hensyn til faglig viden og processuelle færdigheder? Og hvordan opstår og vedligeholdes et praksis- og professionsfællesskab på dette område?

Spørgsmålet er aktualiseret af ønsket om at etablere en ny uddannelse for civilingeniører inden for lærings- og oplevelsesteknologi på Syddansk Universitet. Jeg fik opgaven at udforme et uddannelsesdesign. Når dette er relevant for denne undersøgelse, beror det på, at det indebærer en højere ordens refleksion og læreproces om, hvad det vil sige at være en professionel designer af robotteknologiske læremidler. Uddannelse handler, med Wengers perspektiv, om, at de studerende socialiseres som medlemmer af et praksisfællesskab. Netop ved at afdække indholdet og formerne i denne socialisering, kommer vi tæt på, hvad der kunne ses som kernen i professionalismen.

Man kan opdele designet af uddannelsen indholdselementer og proceselementer. Indholdselementerne beskriver de faglige kompetencer, kandidaterne skal besidde for at kunne udvikle læremidler. Proceselementerne omhandler, hvordan uddannelsen tilrettelægges med undervisning, projektarbejde og eksperimenter. Indholdselementerne og proceselementerne skal tilsammen socialisere kandidaterne til et praksisfællesskab for udviklere af fremtidens robotteknologiske læremidler.

Målgruppens deltagelse og medskaben er et af kernebegreberne i forbindelse med design af digitale læremidler, derfor skal læremiddeldesigneren også på egen krop have fornemmet deltagelse og medskaben i forbindelse med læreprocesser. Det er derfor essentielt, at designerne selv undervises og lærer på en måde, som fremmer deltagelse. Hypotesen er altså, at designerne som er deltagende på en aktiv og skabende måde nemmere bringer dette videre i deres konkrete designs og praksis.

Designet af uddannelsen lærings- og oplevelsesteknologi fandt sted i 2008 og 2009. Og de første studerende begyndte i efteråret 2010. Uddannelsen består af en treårig bachelor- og en toårig kandidatdel.

Uddannelsens teknologiske udgangspunkt er software design, indlejrede systemer og robotteknologi. Domænet for teknologien er læring, spil, leg, interaktion og oplevelse. Det vil sige, at de kommende ingeniører skal blive eksperter i at udvikle teknologi til brug i undervisning på f.eks. skoler og arbejdspladser; teknologi til genoptræning og rehabilitering; teknologi til brug i oplevelsessegmentet, f.eks. til brug derhjemme, på museer eller biblioteker. Derudover vil de kunne arbejde bredt som systemudviklere og projektleder, idet studerende får en god solid teknologisk ballast.

Uddannelsen er udviklet i tværfagligt samarbejde mellem Det Tekniske og Humanistiske fakultet på Syddansk Universitet. Derudover har dele af erhvervslivet også deltaget med input, ideer og erfaringer.

ger. Af virksomheder og interessenter som har deltaget kan f.eks. nævnes Mikroværkstedet, PlayAlive, IO-Interactive, Dadiu og Kompan.

Læringsteoretisk er uddannelsen baseret på min analysemodel (jævnfør afsnit 2.6), som er anvendt som grundmodel for uddannelsesdesignet. Der er derfor lagt vægt på socialitet og praksisfællesskaber som grundlag (jævnfør afsnit 2.2). Og kernen bygger på, at de studerende skal være aktive og medskabende i deres uddannelse. Der bliver lagt vægt på, at de studerende skal opbygge erfaringer og viden igennem praksisrefleksion og refleksion over egne læringsstrategier (jævnfør afsnit 2.1). Derudover vil de studerende skulle arbejde kreativt og innovativt med deres fag. Dette fremmes f.eks. igennem tværfaglige designprocesser, hvor faglige kontekster mødes, og hvor projektarbejdet bygger bro i mellem teknologiske og humanistiske discipliner (jævnfør afsnit 2.3 og 2.4).

Uddannelsens tværfaglighed kommer til udtryk dels i tværfaglige projekter, som forbinder teknologiske og humanistiske fagligheder. Og dels i at underviserne består af både teknologer og humanister. Både uddannelsens opbygning og den måde, den praktiseres på, forbinder teknologien med dens anvendelsesdomæne. Tværfaglighed i forbindelse med innovative designprocesser giver læringsmæssige synergieffekter, hvis undervisningen tilrettelægges ordentligt (Ejernæs, 2001).

Den designede uddannelse i lærings- og oplevelsesteknologi har et bredere sigte end læreprocesser og robotteknologi. Men i dette kapitel fokuseres der særlig på de elementer, som har med afhandlingens tema at gøre.

Afsnittet består af overvejelser i forhold til indholdselementer og proceselementer, hvilket eksemplificerer den tværfaglige metier det er at udvikle digitale læremidler.

---

### 9.1.1 OVERVEJELSER I FORHOLD TIL INDHOLDSELEMENTER

---

I dette afsnit sættes der fokus på, hvilke kompetencer det kræver at udvikle robotteknologiske og digitale læremidler. Hvad skal man kunne med hensyn til faglige færdigheder og kompetencer?

I forbindelse med designet af uddannelsen blev der nedsat en tværfaglig udviklingsgruppe, og her blev der bl.a. identificeret følgende fokusområder som havde fokus på design af digitale læremidler (Referat 100108 og 060208):

- Et særligt fokus på design og udvikling (anvendelsesorientering) og ikke kun analyse.
- Fokus på slutbrugere og brugerdreven innovation
- Fysisk interaktion er helt central i tillæg til normal skærm-baseret interaktion
- Kombination af pervasive computing, kunstig intelligens, robotteknologi ("robotter i alting")
- Leg, læring, æstetik, spil, ...
- Iværksætter, ledelse
- Tværprofessionelisme – mulighed for kombination med applikationsdomæner (f.eks. idræt, sundhed, ...)

Områderne robotteknologi, programmering og teknologiforståelse var af tekniske af natur. Teori om leg, spil og læring var humanistisk af natur. Design, interaktion, brugerdreven innovation og projektledelse var områder, som både lå i den teknologiske og humanistiske portefolie.

Viden om design- og udviklingsmetoder er essentiel, når der skal designes ny læremidler. Designprocessen bringer både teknologiske og humanistiske discipliner i spil, f.eks. programmering og viden om læringsteori under inddragelse af målgruppen som testere og aktive deltagere. Dette gøres for at sikre, at potentialerne i koncept, teknologi og målgruppe kan bringes i fokus, jævnfør afsnit 5.1 om forskellige design tilgange.

Da metieren for udvikling af robotlæremidler var forholdsvis ny, var det desuden vigtigt at få ny viden, som kan fremkomme ved brugerdreven innovation, jævnfør afsnit om Scharmers perspektiv på innovation i afsnit 2.4. Innovative metoder kan åbne op for nye perspektiver på læremidler og interaktive læreprocesser i en dette nye felt.

Viden om fysisk interaktion var helt centralt i tillæg til normal skærmbaseret interaktion. Viden om fysisk interaktion eller Human Robotic Interaction (HRI) bygger oven på en lang tradition af Human Computer Interaction (HCI), jævnfør afsnit 3.3 om HRI i forbindelse med robotsystemlæremidler.

For at blive ekspert i at udvikle digitale læremidler var det vigtigt at kunne styre projekter og arbejde sammen med forskellige faggrupper, jævnfør afsnit 6 og 7. Der vil f.eks. i sådanne tværfaglige projekter ofte være flere forskellige interessenter med forskelligt fokus på designprocessen. Det blev derfor vurderet som en del af metieren af kunne styre sådanne processer.

Derudover blev viden om og beherskelse af pervasive computing, kunstig intelligens, robotsystemer, den teknologiske kerne. I afsnit 3.1, som beskriver robotsystemer og robotagenter, består sidstnævnte kort fortalt af mekanik, hardware og software. For at kunne udvikle robotlæremidler er det derfor vigtigt at have kompetence på et eller flere af disse felter. I forbindelse med uddannelsesdesignet blev det diskuteret, hvor det teknologiske fokus skulle ligge, idet man ikke kan blive maskin- elektro- og software-ingeniør på én gang. Det blev besluttet, at hovedfokus skulle ligge på software engineering, altså på systemudvikling og programmering. Herunder ses de teknologiske felter, hvor kernekompetencer skulle udfolde sig (Referat 060208):

- Software Engineering kompetencer (systemudvikling, programmering) – rettet mod domænet
- Hardwarekompetencer – rettet mod domænet – brug af eksisterende komponenter.
- Indlejrede systemer
- Pervasive computing, kunstig intelligens, robotteknologi – rettet mod domænet (f.eks. multi-agent systemer, adaptivitet)

Det blev altså ikke anset som en del af metieren at skulle udvikle sine egne sensorer, men at man skulle kunne anvende eksisterende. Hovedfokus på software engineering gav den bedste mulighed for at styre robotternes interaktive adfærd.

Og endelig var de domænespecifikke kompetencer, som bringes i spil når der skal designes robotlæremidler. Der er derfor vigtigt, at have en god forståelse læreprocesser, og hvad der sker når undervisningsteknologi anvendes i praksis. Det er vigtig i forbindelse med designprocessen at gøre sig klart, hvilken læringsstrategi og hvilken didaktisk strategi, der skal indarbejdes i undervisningsforløbet. I afsnit 2.6, beskrives analyse/designmodellen, som ligger til grund for de konkrete design cases.



For at kunne forme sådanne strategier er det vigtigt at have kompetencer om læring. Leg, spil og oplevelse bliver ofte forbundet med digitale læreprocesser, jævnfør afsnit 2.5 Som udvikler af digitale læremidler er det derfor vigtigt vide, hvornår og hvordan det kan integreres i designet.

Digitale læremidler kan bruges af andre end folkeskoleelever som i case 1 og 2, jævnfør afsnit 6 og 7. Det kan være i forbindelse af undervisning af andre målgrupper i uddannelsessystemet, og man kan forestille sig tværprofessionelle med applikationsdomæner som f.eks. idræt, sundhed, rehabilitering. Det blev endvidere fremhævet på et aftagerpanelmøde, at kompetencerne i uddannelsen også kunne anvendes i forbindelse med kommunikation eller visualisering, f.eks. i forbindelse med digital information mellem borgere og offentlige myndigheder (Referat aftagerpanel møde 5).

---

### 9.1.2 OVERVEJELSER I FORHOLD TIL PROCESELEMENTER

---

Proceselementer omhandler, hvordan uddannelsen tilrettelægges med undervisning, projektarbejde og eksperimenter. Målet er, at den professionelle designer får en aktiv og reflekteret praksis, jævnfør afsnit 2.2

Uddannelse handler, i Wengers perspektiv, om, at de studerende socialiseres som medlemmer af et praksisfællesskab, jævnfør afsnit 2.2 om Wengers perspektiv. Praksisfællesskabet består i dette tilfælde af studerende, professionelle designere af robotlæremidler og praksisfeltet.

Herunder vil det blive beskrevet, hvilke proceselementer der skal til for at forme den ønskede socialisering:

- Medskaben og deltagelse
- En blanding af traditionel undervisning, projektarbejde og eksperimenter
- Projektarbejde, deltagelse og tværfaglighed
- Interventioner med praksis, eksperter, forskere og virksomheder
- Progression og sammenbinding af fagligheder.

Grundlaget for valg af proceselementer er min analyse model, jævnfør afsnit 2.6. Socialitet, aktiv deltagelse og refleksion er grundlaget for de valgte proceselementer.

*Deltagelse.* Der er særlig fokus på Wengers teori om uddannelsesdesign se, afsnit 2.2, hvor det understreges, at man ikke kan designe læring, men at man kan skabe rammer for, at læring bliver mulig. Og det understreges, at læring sker ved aktiv deltagelse i praksisorienterede rammer. Det drejer sig dermed om at skabe deltagelsesmuligheder på tværs af fagligheder, og deltagelsen former den studerende til professionel udvikler af digitale læremidler.

Deltagelse og medskaben spiller en særlig rolle for oplæringen af læremiddeldesigneren, idet det også er hans rolle at skabe teknologi, som understøtter aktiv deltagelse og medskaben hos brugerne. Læring sker ifølge Wenger netop ved deltagelse, - deltagelse kan sågar betegnes som læring in action, jævnfør afsnit 2.2.

På uddannelsen er der en lang række af forskellige deltagelsesmuligheder f.eks. dialog, design, projektarbejde etc. F.eks. har Det Tekniske Fakultet i sit pædagogiske manifest beskrevet, hvordan en særlig strukturering af undervisningen kan fremme deltagelse (Det tekniske fakultet, 2006). Det drejer sig om de såkaldte "firtimers blokke", som bruges til at afvikle den mere traditionelle undervisning. En studerende har typisk fire eller fem firtimersblokke om ugen. Firtimers blokkene er med til at sikre de studerendes aktive deltagelse, idet det i praksis er vanskeligt for en underviser at forelæse i fire timer. Strukturen gør, at underviseren er nødt til at tilrettelægge undervisningen som en vekselvirkning mellem forelæsning, øvelser, opgaver, studenteroplæg mv.

*Projektarbejde, deltagelse og tværfaglighed.* Metieren som designer indebærer tværfaglige kompetencer. Der skal derfor være nogle processuelle elementer, som understøtter disse. Det er et krav, at der skal bygges bro i mellem disse tværfaglige kompetencer. Det gøres f.eks. ved projektarbejde, hvor tværfaglighed er en medfødt komponent. Kreative og innovative processer fremmes desuden af forskellige faglige konteksters møde, jævnfør afsnit 2.4, hvor Scharmer introducerer denne sammenhæng.

Projektarbejdet understøtter en række processuelle elementer i læreprocessen: (1) Deltagelse; (2) Tværfaglighed; (3) Kreativitet og eksperimenteren; (4) Samarbejde med praksis.

Samspelet mellem de studerende, deres fag og projektets ide sætter rammer for aktiv deltagelse. I forbindelse med netop denne uddannelse vil der være tilbagevendende semesterprojekter, hvor de studerende afprøver faglig teori i praksis. Dette vil særligt forgå vha. designprocesser, hvor de studerede f.eks. interaktive læremidler.

Projektarbejdsformen er uundværlig til beherskelse af tværfaglige sammenhænge, f.eks. vil de studerende i projekterne bygge bro mellem de meget forskellige faglige elementer, som deres uddannelse består af, f.eks. vil webprogrammering og læreprocesser kunne forbindes i design af læringsystemer.

Projekterne bør formuleres så åbne, at de appellerer til skabertrang og kreativitet (Det Tekniske Fakultet, 2006)(Wenger, 1998). Det er dog i den forbindelse vigtigt at formulere præcise faglige krav og rammer, således at skabertrangen og kreativiteten flugter med læringsmålene for projektet. Efterhånden som de studerende modnes, er det desuden vigtigt, at de studerende udvikler deres projekter i samarbejde med målgruppen og relevante virksomheder.

*Progression og sammenbinding af fagligheder.* Uddannelsesprocesserne bør tilrettelægges således, at der er både en horisontal og vertikal sammenhæng af fagelementerne (Det tekniske fakultet, 2006). Den horisontale sammenhæng kommer til udtryk i semestertemaer, som er det emne, som binder de forskellige fagligheder på et semester sammen, og de vil typisk også være det, som semesterprojektet handler om. F.eks. vil temaet for andet semester være design af webbaserede læringsystemer, og dette binder konkrete fagligheder om læringsteori sammen med viden om design af websystemer. Den vertikale sammenhæng er et udtryk for den planlagte faglige progression, som sker fra semester til semester.

---

### 9.1.3 OPSAMLING

---

I dette eksempel blev der rettet fokus på de professionelle designere af læremidler, altså på os selv. Hvad er det grundlæggende for den metier at udvikle robotteknologiske læremidler i dialog med de lærende? Hvad skal man kunne – både med hensyn til faglig viden og processuelle færdigheder? Og hvordan opstår og vedligeholdes et praksis- og professionsfællesskab på dette område?

De faglige fokusområder kan anskues fra et teknologisk og et læringsmæssigt perspektiv. Fra et teknologisk perspektiv er der fokus på robotteknologi, software engineering (systemudvikling, programmering), hardware og indlejrende systemer rettet mod domænet. Fra et humanistisk perspektiv er det særligt teori om læring og didaktik, der er i fokus. Det, som fagligt forbinder de to perspektiver, er kompetencer i Human Robotic Interaction (HRI) og Human Computer Interaction (HCI). Dette inkluderer og design og udviklingsmetoder, som tager udgangspunkt brugernes interaktion og læringsbehov.

HRI, HCI og designmetoder er tværfaglige felter, hvor både fagfolk med en teknologisk og humanistisk baggrund regner sig som eksperter. Disse kompetencefelter kan betegnes som en særlig art brobygningskomponenter, som bliver kernekompetencer for læremiddeldesignere.

Fra en processuel vinkel er det i høj grad den projektorienterede arbejdsform, som er med til at forme læremiddeldesigneren. Projektarbejdsformen fordrer deltagelse og medskaben og kan under gunstige forhold fremme innovation og kreativitet.

Derudover er det vigtigt, at de kommende læremiddeldesignere fra begyndelse er en del af et praksisfællesskab for digitale designere. De studerende skal deltage i udviklingsprojekter med inddragelse af målgruppens praksis og virksomheder.

Metieren er i høj grad tværfaglig, og dens processuelle og faglige elementer skal på sin vis bygge bro mellem faglighederne.

---

## 9.2 OM DESIGNPROCESSER I DET TVÆRPROFESSIONELLE FELT

---

Her perspektiveres det, hvordan design af digitale læreprocesser kan kvalificeres ved hjælp af tværfaglige designprocesser. Det konkrete spørgsmål som besvares i det efterfølgende er:

- *Hvordan kan tværprofessionelt samarbejde fremme designet robotlæremidler?*

Spørgsmålet besvares igennem et eksempel på tværfagligt kursus om udvikling af robotlæremidler og artefakter til rehabilitering. Kursister skulle på tværs af tekniske, pædagogiske og sundhedsfaglige professioner skabe fremtidens robotlæremidler. Det tværfaglige kursus satte lærer-, pædagog-, fysioterapeut- og ergoterapeutstuderende i stand til på en naturlig måde at tænke brug af teknologi ind i deres professionelle praksis. Dette fremmede f.eks. læreres kompetencer i at designe didaktiske forløb med teknologi som omdrejningspunkt. De ingeniørstuderende fik i det tværfaglige samarbejde input til at afklare krav og udvikle teknologiske prototyper, som er tilpasset målgruppen. Alle faggrupperne fik desuden ny viden om udvikling digitale læreprocesser i tværprofessionelle teams.

Eksemplet er beskrevet med udgangspunkt i et samarbejde mellem UCL, Designskolen i Kolding og Det Tekniske Fakultet. Der kan i øvrigt henvises til artiklen i bilag 6 ”Robotteknologi og leg som arena for tværfagligt samarbejde”, for flere detaljer (Majgaard, 2010).

Kurset skal bygge bro mellem professioner og skabe grobund for nytænkning af fremtidens lærings- og velfærdsteknologi. De studerende skal kunne mestre at samarbejde i designprocesser på tværs af professioner og kunne berige designprocessen med deres egen professions faglighed.

I dette tilfælde er det hensigten, at de studerende (og undervisere) på de social og sundhedsvidenskabelige uddannelser skal få en større forståelse for design af teknologi, og at de selv får indflydelse på, hvordan fremtidens teknologi til deres praksisfelt skal være.

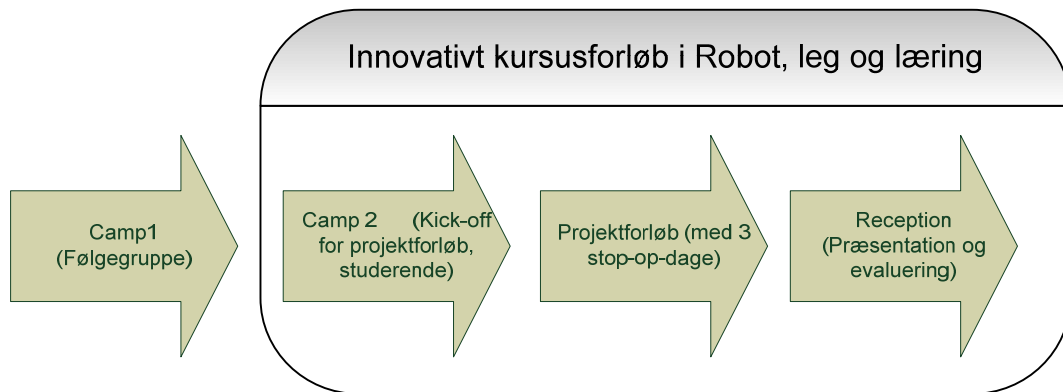
For de ingeniørstuderende er samarbejdet en genvej til at få en større forståelse af, hvilken type teknologi der egner sig til det pædagogiske og sundhedsfaglige område, og hvordan teknologien skal udformes og tilpasses således, at den passer bedst muligt til formålet og målgruppen. Begge grupper af studerende vil desuden få konkrete erfaringer med samarbejde på tværs af uddannelser.

---

### 9.2.1 BESKRIVELSE AF DE TVÆRFAGLIGE AKTIVITETER OG PRODUKTESR

---

Kursusforløbet blev designet og tilrettelagt i et samarbejde mellem forskere, designere og lektorer fra det tekniske fakultet på Syddansk Universitet, Designskolen i Kolding og University College Lillebælt. Figur 72 viser en oversigt over kursusforløbets proces.



FIGUR 72 PROCESOVERBLIK

Formålet med Camp 1 var at bringe erhvervsliv, undervisere og praktikere sammen for at generere ideer til teknologiske læremidler eller hjælpemidler, som skulle kunne anvendes i det pædagogiske og sundhedsfaglige praksisfelt. Repræsentanterne fra erhvervslivet var folk, som arbejdede med udvikling og produktion af produkter til brug i det konkrete praksisfelt. Det var f.eks. Kompan og PlayAlive, som designer og producerer digitale legepladser, læremidler og intelligente fodbolde. Fra praksisfelter var der f.eks. socialpædagoger, som arbejdede med udviklingshæmmede.

Metoden på Camp 1 var den kreative platform (en metode til udvikling og udvælgelse af ideer), og den blev afviklet på 7-8 timer. Der blev genereret ideer som: "Den intelligente bold" med forskelligt indhold afhængig af målgruppe, "Den nøgne robot" som mere var en æstetisk og eksistentiel forholden sig til feltet; "Det robotteknologiske kæledyr", som skulle fremme udviklingshæmmede sociale kompetencer.

De bedste ideer fra camp 1 var input for de studerende i deres designproces, dels for at kvalificere de studerendes ideer, og dels for at de studerende som en del af læreprocessen skulle have en konkret relation med det praksisfællesskab, som de er på vej ind i (Wenger, 1998).

Kursusforløbet blev afviklet over 13 uger med 5 interventioner, og derudover var der vejledningsmøder (Se figur herover):

- Første intervention bestod af to dages camp. Den første dag var de studerende på den kreative platform, hvor de som inspiration fik input fra Camp 1. Næste dag fik de med faglige input om designprocesser, robotik, leg og læring. Campen afsluttedes med tværprofessionel gruppedannelse og projekt kick off, hvor det blev gjort klart, hvilke forventninger der var til de studerende og hvilken hjælp de kunne regne med undervejs.
- Anden til fjerde intervention bestod af tre stop-op-dage á tre timer, hvor der var fagligt input, status og feedback på projekter. Til disse dage var der udover studerende og vejledere også foredragsholdere. På den anden stop-op-dag var der desuden repræsentanter fra praksisfeltet og producenter, således at der kunne knyttes en tættere forbindelse, og for at de studerende kunne få en anden type feedback end den som vejledere og medstuderende gav.
- Femte og sidste intervention bestod af en reception, hvor de studerende dels præsenterede deres prototyper, og dels præsenterede, hvordan deres faglighed kom til udtryk i designprocessen og prototypen. Følgegruppen med repræsentanter fra virksomheder og praksisfelter stillede spørgsmål. Og de kårede det mest innovative projekt, og det projekt der var tættest på noget, der med succes vil kunne realiseres i praksis.

### **Teknologiske prototyper og tværfaglighed i praksis**

De studerende udviklede i det tværfaglige forløb tre prototyper (Studerende sætter strøm på leg, læring og rehabilitering, 2009) (Pilmærk, 2010): (1) Henny Benny Bolden; (2) Balance Board Game; (3) Intelligente fliser til brug i folkeskolen.

Henny Benny Bolden var navnet på en intelligent bold, der selv kunne foreslå simple boldspil og børnelege. Målgruppen var 6-10 årige børn, der ikke selv opsøgte boldlege eksempelvis på grund af motorisk usikkerhed, utryghed ved voldsomme lege eller sociale årsager. Den var udviklet af pædagog, ergoterapeut og fysioterapeutstuderende, som undervejs har hentet sparring og vejledning med hensyn til både teknik og design. De studerende fik deres inspiration til at udvikle bolden fra en børnehave i Ringe, som har motorisk stimulering som særligt indsatsområde. (Se Figur 73)

Gruppen brugte mange kræfter på at finde ud af, hvad der kunne lade sig gøre rent teknologisk, fordi der manglede ingeniører i gruppen. Til gengæld blev deres koncept kåret som det mest nytænkende, blandt andet fordi de måske ikke var helt bevidst om hvad der var realistisk fra begyndelsen.



FIGUR 73 SKITSE AF "HENNY BENNY BOLD" OG "BALANCE BOARD GAME"

Balance Board Game blev skabt af en gruppe af designingeniør-, maskiningeniør, lærer- fysioterapeut- og ergoterapeutstuderende, som havde fokus på ældres posturale kontrol. Ved at træne musklerne i benene kunne man forebygge faldskader, og det kom der et balancebræt ud af. Balancebrættet koblede til stuens tv eller computer, hvor man kunne spille interaktive spil – og støttehåndtaget gjorde det trygt at bruge brættet. I designet blev der lagt vægt på, at hjælpemidlet skulle være diskret, flytbart og nemt at bruge.

I designprocessen bød de studerende ind med deres faglige kompetencer. De ingeniørstuderende skulle bruge en tredjedel af semestret på at udvikle konceptet, og de skulle blandt andet udarbejde forretningsplan og tekniske løsninger (Fagbeskrivelse for Experts in teams, 2009). F.eks. tegnede og byggede de vippebrættet med ergonomisk korrekt støtte. De ergoterapeutstuderende bidrog med viden om, hvordan vippebrættet konkret skulle udformes for, at det var ergonomisk korrekt, og at vippebrættet skulle kunne bruges fra siddende position. Dette førte til at vippebrættet blev designet med justerbar støttestrang. (Se Figur 73)

Intelligente fliser til brug i folkeskolen blev skabt af den tredje gruppe. Fliserne blev udviklet til folkeskolen som et puslespil af brikker, der sluttedes til en pc. Gruppens lærerstuderende producerede spilkoncepter, som passede til forskellige klassetrin. Gruppens ergoterapeutstuderende havde fokus på samspillet mellem motorik, kommunikation og indlæring. De ingeniørstuderende var mere optaget af, hvordan produktionen af flisen kunne gøres billig.

---

### 9.2.2 OPSAMLING

---

- *Hvordan kan tværprofessionelt samarbejde fremme designet af robotsystemlæremidler? - og hvordan kvalificeres læreprocesser med robotteknologi og leg som løftestang i forbindelse med tværprofessionelt kursusdesign?*

De forskellige faglige perspektiver kunne virke som en aktiv drivkraft i designprocessen, og de bragte designet nye meningsfulde steder hen. Det tværfaglige samarbejde gav de studerende flere perspektiver på, hvordan robotik og leg kan bruges i det pædagogiske og sundhedsfaglige praksisfelt. De stude-

rende oplevede, at de fik en viden forærende, som de ellers ikke ville have fået. De ingeniørstuderende fik en klarere forståelse af, hvordan teknologi kan anvendes i det konkrete praksisfelt. Og de studerende fra pædagogiske og sundhedsfaglige felt fik en bedre forståelse for teknologiske designprocesser og for, at de kan have indflydelse på, hvordan teknologi skal indgå i deres arbejdsliv. De studerende oplevede tværfagligheden som en succes.

Mødet mellem forskellige faglige kontekster gav de studerende en dybere forståelse af deres egen faglige kontekst og profession. Derudover fik de studerende en forståelse af andre faglige kontekster, som var relevante i forbindelse med designprocesser. Og endelig skabtes der i mødet mellem faglige kontekster en ny fælles kontekst og platform for udvikling af ny viden og teknologisk design for det pædagogiske og sundhedsfaglige felt.

Den kreative platform gav en legende tilgang til designprocessen og kickstartede samarbejdet og idegenereringen i de tværfaglige grupper. Og legen indhyllede de studerende i en kontekst, hvor det var i orden at tage chancer og gøre fejl.

Leg og robotteknologi viste sig i høj grad at kunne bruges som design element i artefakter til læring og genoptræning. Robotteknologi styrkede den fysiske og interaktive komponent i artefakterne. Fysisk udfoldelse og leg var to komponenter der går godt i spand i forbindelse med motorisk læring, fysisk genoptræning og mere abstrakt læring.

Fremtidens nyskabende teknologiske artefakter til brug i undervisning og rehabilitering bør skabes i et fællesskab mellem faggrupper, således at flere perspektiver kan berige det teknologiske design og skabe nye forståelser for anvendelsesfeltet.

### 9.3 PERSPEKTIVER FOR NYE UNDERSØGELSER OG DESIGN

---

I forlængelse af denne afhandling kan man forestille en række nye forskning- og designprojekter. Det kunne være projekter som omhandler udvikling af konkrete teknologiske prototyper eller analyser.

Herunder beskrives mulige design- og forskningseksperimenter i punktform:

- Nye designeksperimenter med singulære og modulære robotter
- Før og efter test ved brug af robotlæremidler for at måle den faglige læringseffekt
- Analyse af, hvordan robotlæremidler som f.eks. LEGO-Mindstorm indgår som læremiddel på ingeniøruddannelser
- Analyse af, hvordan den digitale legeplads integreres i undervisningen f.eks. med udgangspunkt i Lappset, jævnfør 4.3 *Singulære robotsystemlæremidler: Digitale legepladser til leg, læring og bevægelse*
- Robotlæremidler til brug af andre dområder f.eks. til genoptræning og rehabilitering
- Nye designeksperimenter med smartpones, som besidder mange af robotens egenskaber
- Følgforskning på den nye uddannelse i lærings- og oplevelsesteknologi for at undersøge, hvordan det nye praksisfællesskab for læring og robotik og teknologi udvikler sig

## Læreprocesser og robotsystemer

- Forskning i tværprofessionelle udviklingsprocesser på tværs af professioner med henblik på udvikling af lærings- og velfærdsteknologi
- Udvikling af kurser på seminarier, som fremmer læreres og pædagogers kompetencer i design af didaktik med teknologi som omdrejningspunkt.



## 10 REFERENCER SAMLET

---

- Adams, B., et al, (2000): "Humanoid Robots: A New Kind of Tool", I *IEEE Intelligent Systems and Their Applications: Special Issue on Humanoid Robotics, Vol. 15, No. 4, July/August 2000*, pp. 25-31.
- Andersen, Ib, (2003): *Den skinbarlige virkelighed – vidensproduktion inden for samfundsvidenskaberne*. Samfundslitteratur.
- Apter, M. J., (1991): "A Structural Phenomenology of play" in J.H. Kerr & M.J. Apter (red.): *Adult Play: A Reversal Theory Approach*, Swets & Zeitlinger Amsterdam/Lisse 1991
- Argyris C., Schön A. Donald, (1978): *Organizational learning: A theory of action perspective*. Reading, MA: Addison-Wesley
- Asimov, I., (1950): *I, ROBOT*. A Bantam Spectra Book.
- Avison, D. et al, (1999): "Action Research", *Communications of the ACM*. 1999; vol. 42, nr. 1, s. 94-97
- Bateson, Gregory, (2000 (1972) ): *Steps to an Ecology of Mind: Collected Essays in Anthropology, Psychiatry, Evolution, and Epistemology*. Forlaget Chicago Press. ISBN 0-226-03906-4
- Barab, Sasha og Squire, Kurt, (2004): "Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground", *The Journal Of The Learning Sciences*, 13(1), 1–14. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Baskerville R. & Wood-Harper A.T., (1996): "A Critical Perspective on Action Research as a Method for Information Systems Research", *Journal of Information Technology*, Vol. 11, No. 3, pp. 235-246.
- Beck, Kent, (2001): *Extreme Programming explained. Embrace Change*. Addison Wesley.
- Bernsen, N.O. og Ulbæk, Ib, (1993): *Naturlig og kunstig intelligens. Introduktion til Kognitionsforskningen*. Nyt Nordisk forlag Arnold Busck
- Breazeal, Cynthia, (2003): "Social Interactions in HRI: The Robot View," *IEEE Transactions in Systems, Man, and Cybernetics, Part C*, 34(2), 181-186.
- Brooks R. A., (1986): "A Robust Layered Control System for a Mobile Robot," *IEEE Journal Of Robotics And Automation*, Vol. Ra-2, No. 1, March 1986
- Brooks A. G., et al, (2004): " Robot's play: interactive games with sociable machines". I *Proceedings of the 2004 ACM SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology*. pp. 74-83 Singapore.
- Brooks, R. A., and L.A. Stein, (1994): "Building Brains for Bodies", I *Autonomous Robots* (1:1), November 1994, pp. 7–25.
- Brooks, R. A., (1990): "Elephants Don't Play Chess", I *Robotics and Autonomous Systems* (6), 1990, pp. 3–15.
- Brooks, R.A., (1991a): "Integrated Systems Based on Behaviors", *SIGART Bulletin* (2:4), August 1991, pp. 46–50.
- Brooks R. A., (1991b): "New Approaches to Robotics". ", I *Science* (253), September 1991, pp. 1227–1232.
- Byrge C., Hansen S., (2007): *Den Kreative Platform 2. Udgave*. Kreativitetslaboratoriet, Aalborg Universitet. <http://www.idea-nord.dk/index.php?id=291> (senest lokaliseret Lokaliseret den 25/11/09)
- Caspersen, M. E., (2000): "Here, There and Everywhere – On the Recurring Use of Turtle Graphics in CS1" I *ACE2000. Proceedings of the Fourth Australasian Conference on. Computing Education*, 2000.
- Csikszentmihalyi, M., (2005): *Flow – Optimaloplevelsens psykologi*. København: Munksgaard.

## Læreprocesser og robotsystemer

Decker, Walker, (2006): "Toward productive design studies", van den Akker et al (red): *Educational Design Research*. Routledge.

DeLuca D. et al, (2008): "Furthering Information Systems Action Research: A Post-Positivist Synthesis of Four Dialectics", I [Journal of the Association for Information Systems](#)

Det tekniske fakultet, (2006): "Den Syddanske Model for Ingeniøruddannelser"  
[http://www.sdu.dk/~media/Files/Om\\_SDUFakulteterne/Teknik/Politik%20og%20strategi/DSMI.pdf.ashx](http://www.sdu.dk/~media/Files/Om_SDUFakulteterne/Teknik/Politik%20og%20strategi/DSMI.pdf.ashx) (senest lokaliseret den 101209)

Dillmann R., Berns K., Asfour T., (1998): "Concept and Prototype Implementation of a Humanoid Robot." The 1st Intern. Workshop on Humanoid Robots and Human Friendly Robots. (IARP'98), Japan, Oct. 1998

Dourish P., (2001): *Where the action is. The foundation of embodied Interaction*. The MIT Press.

Ejrnæs, M., (2004): *Faglighed og tværfaglighed. Vilkaere for samarbejdet mellem pædagoger, sundhedsplejersker, lærer og socialrådgiver*. Akademisk forlag.

Ejersbo L., R., og Misfeldt Morten, (2010): "Danish number names and number concepts". DPU, AU

Engelberger J., F., (1989): *Robots in Service*. First MIT Press edition.

Fernaesus, Y. & Tholander, J., (2005): "Looking at the computer but doing it on land": Children's interactions in a tangible programming space. *Proceedings of HCI2005*, Edinburgh. p. 3-18. [pdf](#)

Figueiredo, A.D. and Cunha, P. D., (2007): "Action Research and Design in Information Systems: Two Faces of a Single Coin," I *Information Systems Action Research: An Applied View of Emerging Concepts and Methods*, N. Kock (ed.), Springer, 2007, pp. 61-96.

Fuglsang, Lars, (2004): "Aktør-netværksteori eller tingenes sociologi", Lars Fuglsangs og Poul Bitsch Olsen(red): *Videnskabsteori i samfundsvidenskabene. På tværs af fagkulturer og paradigmer*. Roskilde Universitetsforlag.

Fullerton, Tracy, (2008): *Game Design Workshop. A playcentric approach to creating innovative games*. Morgan Kaufmann.

Gee, J. P., (2003): *What Video games have to teach us about learning and literacy*. New York: Palgrave-McMillan.

Girouard A. et al., (2007): "Smart Blocks: A Tangible Mathematical Manipulative". I *Proc. TEI'07 Feb 2007 Baton Rouge*, LA, USA pp 183-186 [pdf](#)

Gleerup, Jørgen, (2003): "Gyldighed, oprigtighed og ærlighed – om viden og læreprocesser." I Hermansen Mads (red.), *Læring – en status*. Klim

Gleerup, J., (2005): "Gyldighed, oprigtighed og ærlighed – om viden og læreprocesser." I *Læring – en status*. Klim.

Habgood, M. P. J., (2007): *The effective integration of digital games and learning content*. Thesis submitted to the University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy July 2007

Hallam, John og Bruyninckx, Herman, (2006): "An Ontology of Robotics Science". I *European Robotics Symposium 2006*. Springer Berlin / Heidelberg. <http://www.springerlink.com/content/xx364w34286u7007/> (senest lokaliseret den 140711)

Hermansen M., (2005): *Læringens univers*. 5. Udgave. Forlaget Klim

## Læreprocesser og robotsystemer

Højberg, Henriette, (2004): "Hermeneutik. Forståelse og tolkning i samfundsvidenskaberne", Lars Fuglsangs og Poul Bitsch Olsen(red): *Videnskabsteori i samfundsvidenskaberne. På tværs af fagkulturer og paradigmer*. Roskilde Universitetsforlag.

Huizinga, J., (2006): *Homo Ludens a study of the play in culture*. Beacon Press

Illeris, Knud, (2001): *Læring – aktuel læringsteori i spændingsfeltet mellem Piaget, Freud og Marx*. Roskilde Universitets Forlag.

Ishiguro, Hiroshi et al, (2001): "Robovie: an Interactive Humanoid Robot" <http://www.irc.atr.jp/~kanda/pdf/ishiguro-industrials-robotics-robovie.pdf> (senest lokaliseret den 010610)

Jessen, Carsten, (2008): "Læringsspil og leg." I *Digitale medier og didaktisk design : Brug, erfaringer og forskning*. Danmarks Pædagogiske Universitets Forlag, 2008. p. 46-63.

Jessen, Carsten et al, (2003): "Børnekultur, leg, læring og interaktive medier." *The changing face of children's play culture*. Lego Learning Institute 2003. <http://www.carsten-jessen.dk/LegOgInteraktiveMedier.pdf> (senest lokaliseret den 030608)

Juul J., (2001): "Games Telling stories? -A brief note on games and narratives." *Game studies the international journal of computer game research volume 1, issue 1 July 2001*, July 2001. <http://www.gamestudies.org/0101/juul-gts/> (senest lokaliseret 120411)

Keiding, T. B. & Laursen, E., (2005): *Interaktion og Læring. Gregory Batesons bidrag*. Kbh.: Unge Pædagoger.

Kvale, Stainer, (1997): *Interview - en introduktion til det kvalitative forskningsinterview*. 1. udgave, Hans Reitzel. ISBN-13 978-87-412-2816-7

Lewin, Kurt, (1946): "Action research and minority problems", I *Journal of Social Issues*. Vol. 2, No. 4, 1946, s 34-46.

Lillemyr, Ole Frederik, (2005): *Leg-oplevelse-læring i børnehave og skole*. Klim

Lund Henrik. H. et al, (2009): "Modular robotic tiles experiments for children with autism." I *Life Robot.*, vol. 13, no. 2, pp. 394-400, 2009.

Lund H., H., (2001): "Co-evolving Control and Morphology with LEGO Robots". I *Morpho-functional Machines*. Springer-Verlag, 2001.

Lund , H., Pedersen, M., Beck, R., (2007): "Modular Robotic Tiles – Experiments for Children with Autism." I *Artificial Life and Robotics*. Side 394 – 400. Volume: 13. Springer Japan

Larsen, L. J., & Majgaard, G., (2010): „Pervasive technology in the classroom.” I *Proc. Global Learn Asia Pacific 2010: Global Conference on Learning and Technology Association for the Advancement of Computing in Education*.

Majgaard, G., Misfeldt M., og Nielsen J., (2011): " How Design-Based Research and Action Research Contributes to the Development of Design for Learning", Artiklen er submittet til *Designs for Learning* (peer reviewed full paper)

Majgaard, G., (2010): "Design based action research in the world of robot technology and learning". *The Third IEEE International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning: DIGITAL 2010* (s. 85-92). IEEE Press.

Majgaard, G., Misfeldt M., og Nielsen J., (2010): "Robot technology and numbers in the classroom", I *Cognition and Exploratory Learning in Digital Age*, IADIS CELDA 2010 Proceedings.

Majgaard, G., (2010): "Robotteknologi og leg som arena for tværfagligt samarbejde." *MONA 2010-2: Matematik og Naturfagsdidaktik*, s 42-58. Det Naturvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet.

Majgaard, G., (2009): "An outline of interaction types in physical serious games." IADIS International Conference Game and Entertainment Technologies 2009, Carvoeiro, Portugal.

## Læreprocesser og robotsystemer

- Majgaard, G., (2009): "Legepladsen i klasseværelset: robotten som omdrejningspunkt for læreprocessen." *On Edge*. Ting nr. 2 Oktober 2009, s. 11-13. Knowledge Lab DK.
- Majgaard, G., Jessen, C., (2009): "Playtesting The Digital Playground." I *Proc. IADIS International Conference in Game and Entertainment Technologies 2009* (s. 87-92). International Association for Development, IADIS.
- Majgaard, G., (2009): "Eksempler på robotter i en læringsammenhæng". *On Edge*, særnummer November 2009-3, s.11-16. Knowledge Lab DK. <http://www.knowledgelab.dk/publikationer/onedge>
- Majgaard, G., & Thisted, A., (2009): "Motivation og refleksion i e-learning: En begrebslig ramme". I Konnerup, U., & Riis, M. (red.). *IKT og læring: reflekteret praksis* (s. 81-100). AUC: Aalborg Universitetsforlag.
- Majgaard, G., (2009): "The Playground in the Classroom - Fractions and Robot Technology." I *Cognition and Exploratory Learning in Digital Age* (s. 10-17). International Association for Development, IADIS.
- Mathiassen L. et. al., (2001): *Objektorienteret analyse og design (UML)*, 3. udgave, Forlaget Marko
- Marshall Paul, (2007): "Do tangible interfaces enhance learning?" I *Proceedings of Tangible and Embedded Interaction 2007*: 163-170
- Mead, George Herbert, (1896): "The Relation of Play to Education", *University Record 1, No. 8*, (1896): 141-145.
- Mead, George H., (1934): *Mind, Self, & Society*. University of Chicago.
- Morales A., Asfour T., et al, (2005): "Towards an anthropomorphic manipulator for an assistant humanoid robot." I *Robotics: Science and Systems - Workshop on Humanoid Manipulation*. June 11, 2005, MIT, USA. <http://i61www.ira.uka.de/users/asfour/publications/whm05.pdf> ( senest lokaliseret den 010910)
- Mouritsen, Flemming, (1996): *Legekultur. Essays om børnekultur, leg og fortælling*. Syddansk Universitetsforlag.
- Nehaniv, C. L., et al, (2007): *Imitation and Social Learning in Robots, Humans and Animals. Behavioral, Social and Communicative Dimensions*. University Press, Cambridge. ISBN 978-521-84511-3
- Nielsen, J., (2008a): *User Configurable Modular Robotics - Control and Use*. Ph.D. thesis, University of Southern Denmark.
- Nielsen, J., Jessen, C. & Bærendsen, N.K., (2008b): "RoboMusicKids – Music Education with Robotic Building Blocks." I *Proc. The 2nd IEEE International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning (DIGITEL)*, s. 149-156.
- Nielsen, J. & Lund, H.H., (2008c): „Modular robotics as a tool for education and entertainment." I *Computers in Human Behavior*, 24, s. 234-248.
- Nielsen, J., (1987): "Introduktion til erkendelsesprocesser" i *Datamater og erkendelsesprocesser*, Danmarks Lærerhøjskole, s. 140- 154
- Nielsen, Kurt Aagaard, (2004): "Aktionsforskningens videnskabsteori", I Lars Fuglsangs og Poul Bitsch Olsen(red): *Videnskabsteori i samfundsvidenskabene. På tværs af fagkulturer og paradigmer*. Roskilde Universitetsforlag.
- Nieuwdorp, Eva, (2007): "The pervasive discourse: an analysis" I *Computers in Entertainment (CIE) Volume 5, Issue 2* (April/June 2007). ACM
- Nonaka, I., and H. Takeuchi. (1995): *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Ogawa, K. et al, (2009): "Can An Android Persuade You?", in *Proc. 18th International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2009)*, pp. 553-557, 2009.

## Læreprocesser og robotsystemer

- Papert, Seymour, (1993): *Mindstorms Children, Computers, and Powerful Ideas*, Basic Books.
- Pfeifer, Rolf og Bongard, Josh, (2006): *How the body shapes the way we think – a new view of intelligence*. MIT Press. ISBN 978-0-262-16239-5
- Pfeifer, R., Iida, F. (2005): "Morphological computation: Connecting body, brain and environment." *Japanese Scientific Monthly*, Vol. 58, No. 2, 48-54. [pdf](#)
- Pfeifer Rolf and Scheier C., (1999): *Understanding Intelligence*. MIT Press, Cambridge, MA, 1999.
- Piaget, Jean, 2001 (1947). *The Psychology of intelligence*. (1947) Routledge Classics in 2001. ISBN 978-0-414-25401 -4
- Pilmark, V. (2010). "Studerende har udviklet en intelligent legebold og et wii-balancebræt." *Fysioterapeuten nr. 1, 2010*. <http://fysio.dk/Fysioterapeuten/Argange/2010/Studerende-har-udviklet-en-intelligent-legebold-og-et-wii-balancebræt/> (Senest lokaliseret 070210 )
- Piper, B. and Ishii, H., (2002): "PegBlocks: a Learning Aid for the Elementary Classroom." I *Proceedings Extended Abstracts of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '02)*. Minneapolis, Minnesota, USA, April 20 - April 25, 2002
- Qvortrup, Lars, (2006): *Knowledge Education and Learning – E-learning in the knowledge society*. Samfundslitteratur Press.
- Rao, Rajesh et al, (2007): "Imitation and Social Learning in Robots, Humans and Animals. Behavioral, Social and Communicative Dimensions." I *A Bayesian model of imitation in infants and robots*. I Nehaniv, Christopher L. and Dautenhahn, Kerstin (Ed.) (2007). University Press, Cambridge. ISBN 978-521-84511-3
- Riel, M., (2007): *Understanding Action Research*, Center For Collaborative Action Research. Pepperdine University. <http://cadres.pepperdine.edu/ccar/define.html> (Senest lokaliseret den 010109)
- Rompelman, O og Graaff, E., (2006): "Active learning and curriculum design", I *Innovative Teaching and Learning in Engineering Education*, side 37-47
- Rusk, N., Resnick, M., Berg, R., & Pezalla-Granlund, M., (2008): "New Pathways into Robotics: Strategies for Broadening Participation." I *Journal of Science Education and Technology*
- Salen K., Zimmerman E., (2004): *Rules of Play: Game Design Fundamentals*. MIT Press 2004
- Schaffer, D. W., (2006): *How Computer Games Help Children Learn*. Palgrave Macmillan
- Scharmer, C. O., (2000): "Self-transcending knowledge: Sensing and Organizing Around Emerging Opportunities." in: *Journal of Knowledge Management - Special Issue on Tacit Knowledge Exchange and Active Learning*. [http://www.ottoscharmer.com/docs/articles/2000\\_STK.pdf](http://www.ottoscharmer.com/docs/articles/2000_STK.pdf) (senest lokaliseret den 230311)
- Scharmer, C. O., (2007): *Executive Summary: Theory U: Leading from the Future as it Emerges (17 pages)*. <http://www.ottoscharmer.com/publications/articles.php> (senest lokaliseret den 080209)
- Sharp Helen, (2007): *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. John Wiley & Sons Ltd.
- Schlattmann, Markus et al., (2009): "Real-time Bare-hands-tracking for 3D games", I *Proceedings IADIS International Conference Game and Entertainment Technologies*.
- Schön, A. Donald, 2001 (1983): *Den reflekterende praktiker. Hvordan professionelle tænker, når de arbejder*. Klim.
- Støy, Kasper, Shen, Wei-Min and Will Peter, (2002): "Using Role Based Control to Produce Locomotion in Chain-Type Self-Reconfigurable Robots." *IEEE Transactions on Mechatronics, special issue on self-reconfigurable robots, 7(4)*, pages 410-417, 2002.

## Læreprocesser og robotsystemer

Stanton, D., et al (2001): "Classroom collaboration in the design of tangible interfaces for stroytelling." I *Proc. of CHI '01*, 482-489.

Schweikardt E., Gross M.D., (2008): "Learning about Complexity with Modular Robots." I *Proceedings of the 2008 Second IEEE International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning* pp 116-123

Takanori, Shibata, (1999): "Artificial Emotional Creature Project - Creation of Subjective Value through Physical Interaction", <http://www.aist.go.jp/MEL/soshiki/robot/biorobo/shibata/aec.html> (senest lokaliseret den 070910 )

Taylor, A. A., (2009): "Acceptance of Entertainment Systems in Stroke Rehabilitation." In *IADIS International Conference Game and Entertainment Technologies proceedings 2009* s. 75-83

Turing, A.M. , (1950): "Computing machinery and intelligence". I *Mind*, 59, 433-460.

van den Akker, J. (2006): *Educational Design Research*. Routledge.

Vinje, Poul Staal, (2007): Scrum. Downloaded fra <http://www.agile-metoder.dk/ScrumArtikel.pdf> (senest lokaliseret 250909 )

Vygotsky, L., S., (1978): *Mind in Society. The Development of Higher Psychological Processes*. Havard University Press.

Wenger E., (1998): *Praksisfællesskaber. Læring, mening og identitet*. Hans Reitzels Forlag, på dansk 2004

Yin, Robert K., (1994): *Case Study Research. Designs and Methods. Second Edition*. I *Applied Social Research Method Series. Volume 5*. Sage Publications. International Educational and Professional Publisher.

Zuckerman, O. Arida, S. Resnick, M., (2005): "Extending Tangible Interfaces for Education: Digital Montessori-inspired Manipulatives" I *Proceedings of CHI '05*, ACM Press.859-868

Zuckerman O., Resnick M., (2005): "Children's Misconceptions as Barriers to Learning Stock-and-Flow Modeling." I *Proceedings of the 23rd International Conference of the System Dynamics Society*.

### Links

Aalborg universitet. *Geminoid laboratorium*, <http://c.aau.dk/geminoid.html> (senest lokaliseret den 130910)

Dansk Sprognavn: talord, <http://dsn.dk/sproghjaelp/ofte-stillede-spoergsmaal/de-danske-tal-halvtreds-tres-halvfjerds-firs-og-halvfems?searchterm=talord> og [http://dsn.dk/nyt/nyt-fra-sprognaevnet/1987-1\\_OCR.pdf/view?searchterm=talord\\*](http://dsn.dk/nyt/nyt-fra-sprognaevnet/1987-1_OCR.pdf/view?searchterm=talord*) (senest lokaliseret den 211010 )

DTI. *PARO*, <http://www.dti.dk/inspiration/26231> (senest lokaliseret den 100910)

Flickr. *Unimate*, <http://www.flickr.com/photos/hollywoodplace/3292765357/> (senest lokaliseret den 200810)

Flickr. *Terminator*, <http://www.flickr.com/photos/14531705@N00/4241088247/> (senest lokaliseret den 200810)

Folkeskolens trinmål: bilag 17 <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=125973#B19> (senest lokaliseret 211010)

Folkeskolens trinmål: Indledning

<http://www.uvm.dk/Uddannelse/Folkeskolen/Fag%20proever%20og%20evaluering/Faelles%20Maal%202009/Indledning.aspx> senest lokaliseret 211010 (senest lokaliseret 211010 )

Industryweek. *Joseph Engelberger*. <http://www.industryweek.com/slideshows/HallofFame2009/Joseph-Engelberger-2009.asp> (senest lokaliseret den 200810)



## Læreprocesser og robotsystemer

Konference CELDA Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age 2010. <http://www.celda-conf.org/> (senest lokaliseret 171110)

Konference FLUID om Pervasive læring. <http://www.fluid.dk/arrangementer/p-laering.aspx> (senest lokaliseret 171110)

Lappset *SmartUS*, <http://www.lappset.com/loader.aspx?id=94686205-0add-4878-b7f7-3607e5e72837> (senest lokaliseret den 311010)

MIT. *Tofu*, <http://robotic.media.mit.edu/projects/robots/tofu/overview/overview.html> (senest lokaliseret den 100910)

Modrobotics *roBlocks*, <http://www.modrobotics.com/cubelets> (senest lokaliseret den 281010)

PlayAlive, [www.playalive.dk](http://www.playalive.dk) (senest lokaliseret den 100910)

PICO. *PicoCricket*, <http://www.pienetwork.org/ideas/> og <http://www.picocricket.com/> (senest lokaliseret den 210610)

Robotpodcast. *TeleNoid*, <http://www.robotspodcast.com/forum/viewtopic.php?f=3&t=927> (senest lokaliseret den 100910)

Serious Play. <http://www.seriousplay.com/> (senest lokaliseret den 260111)

Skoleteknologisk netværk. Konference i maj 2011. <http://www.skoleteknologi.dk/> (senest lokaliseret den 150511)

Stop-op-dag for kreative sjæle. <http://www.robodays.dk/nyheder/stop-op-dag-for-kreative-sjaele.aspx> (senest lokaliseret den 071209)

Studerende sætter strøm på leg, læring og rehabilitering. <http://www.ucl.dk/composite-5242.htm> (senest lokaliseret den 071209)

Undervisning a la 'Hvem vil være Millionær', videnskab.dk. <http://videnskab.dk/teknologi/undervisning-la-hvem-vil-vaere-millionaer> (senest lokaliseret den 260611)

Universität Karlsruhe. *HumanoidsGroup*  
<http://i61www.ira.uka.de/users/asfour/HumanoidsGroup/content/cooperation/content.html> og  
<http://i61www.ira.uka.de/users/asfour/HumanoidsGroup/content/manipulation/content.html> (senest lokaliseret den 100910)

Wikipedia, *Surrogates*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Surrogates\\_\(film\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Surrogates_(film)) (senest lokaliseret den 100910)

Wikipedia. *Talos*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Talos> (senest lokaliseret den 200810)