

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@mmpi.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 Dyhr, 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 rådede 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

Læreprocesser og robotsystemer

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.....	202

INDHOLDSFORTEGNELSE – DEL 2 ARTIKEL BILAG

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

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 kropslig 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 (titalsystemet), 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.

Læreprocesser og robotsystemer

- *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.

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 indskolingen.

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 fokusere 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".

Robotters 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.

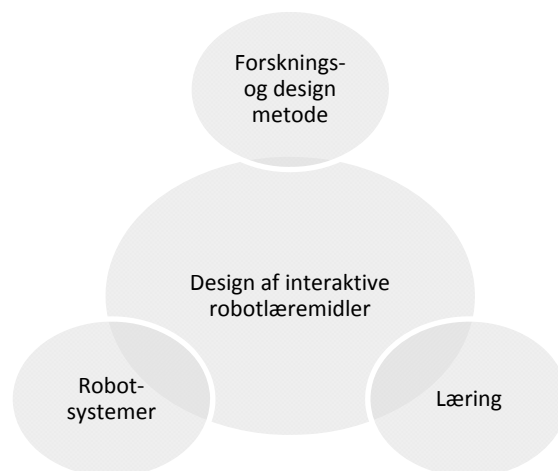
Designmetoden tænkes anvendt af fremtidige studerende på bl.a. uddannelsen i lærings- og oplevelsesteknologi på SDU.

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 eksperimenter og udforske uden at de har konsekvenser i den virkelige verden. Dette frirum 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 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 teori-afsnittene 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 (CELDA 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 bruger-drevet design. I det konkrete eksempel har designprocessen været brugtdrevet. 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. Misfeldt, M. Danish School of Education, Aarhus University, mami@dpu.dk. Nielsen, J. Center for Playware, Technical University of Denmark, 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. Jessen C., Center for Playware, Technical University of Denmark & The Danish School of Education, cj@dpu.dk / 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

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. Misfeldt, M., Danish School of Education, Aarhus University, mmi@dpu.dk. Nielsen, J., Center for Playware, Department of Electrical Engineering, Technical University of Denmark, 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, Misfeldt, M., Danish School of Education, Aarhus University, mmi@dpu.dk. Nielsen, J., Center for Playware, Department of Electrical Engineering, Technical University of Denmark, 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.