

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 læringsteoretiske 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

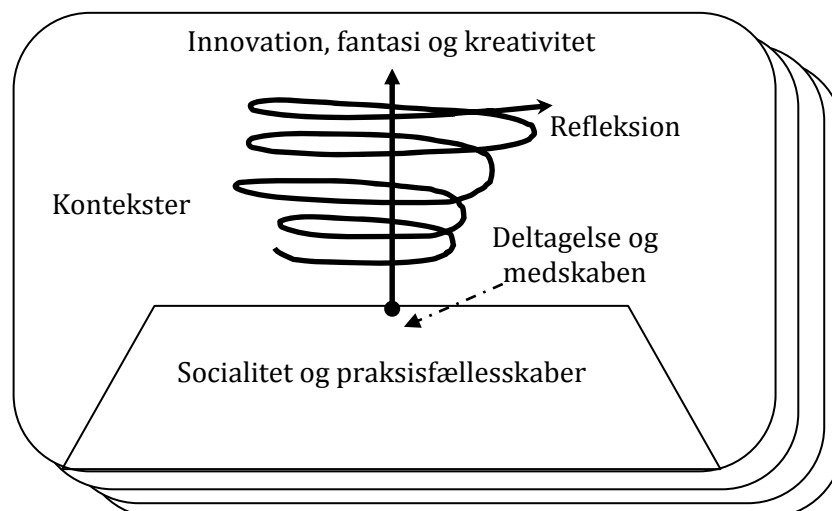
Først samles der op på det læringsteoretiske udgangspunkt med analysemodellen som udgangspunkt. Det læringsteoretiske udgangspunkt vil blive eksemplificeret med eksempler fra de eksperimentelle cases.

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-begrebslig 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

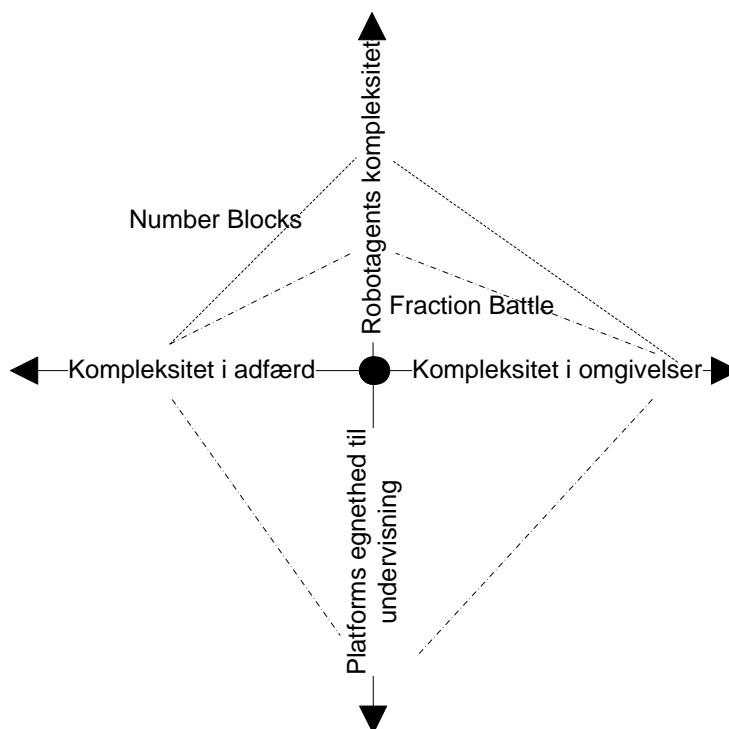
- *Hvordan kan robotteknologi og kropslig intelligens og udnyttes i digitale læremidler?*

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 eksplicit, 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 om-

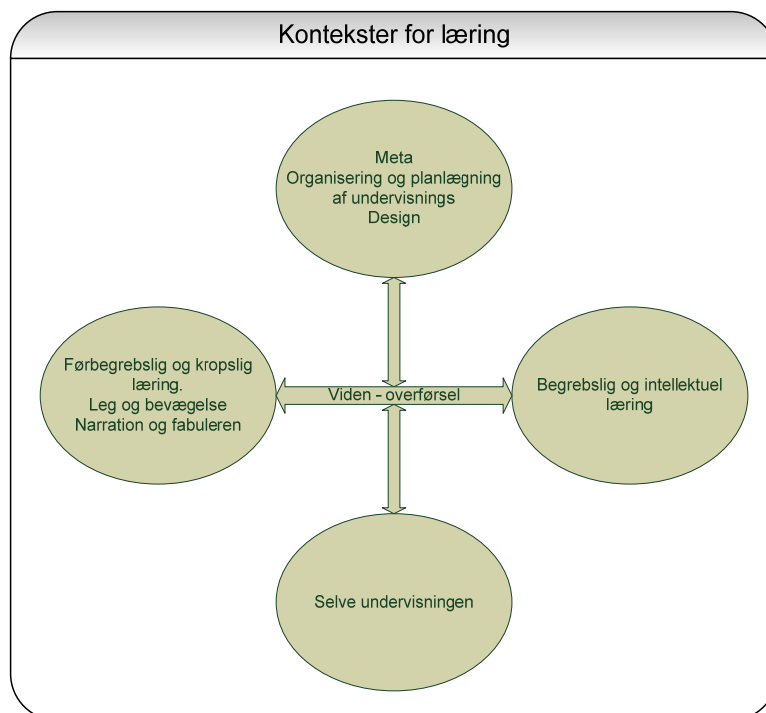
sætte deres oplevelser til eksplicitte begreber. Dvs. først leg ved Fraction Battle og derefter nogle opgaver, hvor de skulle tegne grafisk repræsenterede brøker, og så sidenhen opsætte grafisk repræsentation til numerisk repræsentation. En del af denne undervisningssituation kan beskrives som refleksion-over-handling. 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 eksplicitte 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 Gleerups 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 lærings-strategi, som blev anvendt i de senere iterationer som en del 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 design-processen, 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:



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 transformative 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 hastigt 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 den 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.

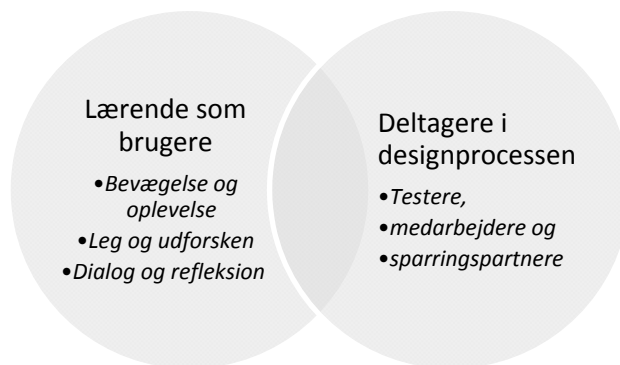
Man kunne måske forestille sig at Fraction Battle og Number Blocks fik sådanne interfaces, så eleverne og deres lærer kunne formulere missioner, spil eller opgaver til hinanden. Det vil sikre, at der også i fremtiden kan læres igennem deltagelse i designprocesser uden medvirken af et forskerhold.

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.

Læreprocesser og robotsystemer

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 indskolingen. 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

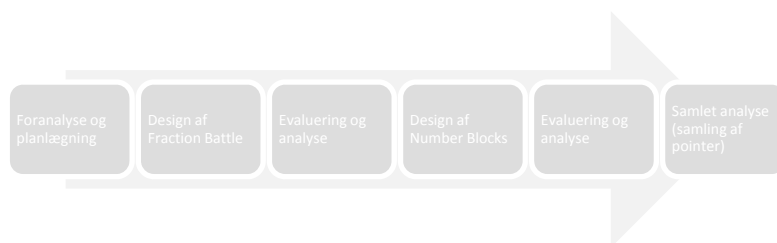
Til slut gøres der rede for erfaringerne med forsknings- og designmetoden, herunder hvordan tilrettelæggelsen af designprocessen tilgodeser potentialerne hos målgruppen og i teknologien. Først resumeres den anvendte forsknings- og designmetode.

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 vigtig 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 medskab 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 skærbaseret 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 er 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 læringssystemer.

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 læringssystemer, 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).

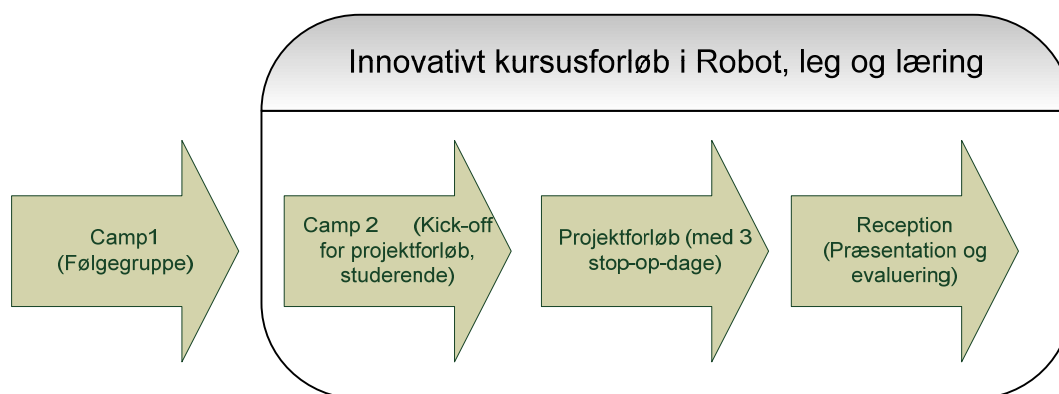
Kurset skal bygge bro mellem professioner og skabe grobund for nytænkning af fremtidens lærings- og velfærdsteknologi. De studerende skal kunne mestre at samarbejde i designprocesser på tværs af professioner og kunne berige designprocessen med deres egen professions faglighed.

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 251109)
- 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 (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. Vilkårene 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.

Fernaes, 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 samfundsvidenskaberne. 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

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.

Læreprocesser og robotsystemer

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): "Læringspil 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.

Majgaard, G., (2009): "Legepladsen i klasseværelset: robotten som omdrejningspunkt for læreprocessen." *On Edge*. Ting nr. 2 Oktober 2009, s. 11-13. Knowledge Lab DK.

Læreprocesser og robotsystemer

- 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 samfundsvidenskaberne. 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.
- Papert, Seymour, (1993): *Mindstorms Children, Computers, and Powerful Ideas*, Basic Books.

Læreprocesser og robotsystemer

- 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-balancebrat/> (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 (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.
- Stanton, D., et al (2001): "Classroom collaboration in the design of tangible interfaces for stroytelling." I *Proc. of CHI '01*, 482-489.

Læreprocesser og robotsystemer

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 Sprognævn: 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* (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)

Konference CELDA Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age 2010. <http://www.celda-conf.org/> (senest lokaliseret 171110)