

Læring med Lego-robotten

af Povl-Otto Nissen

Det interessante ligger ikke i at få en robot til at udføre et ensformigt, tidskrævende, snavset eller farligt arbejde for sig. Ud fra en læringsmæssig synsvinkel ligger det interessante i, hvad der sker med den person, som bygger robotten og får den til at udføre et arbejde for sig. Personen tvinges til at analysere opgaven både på det mentale og det fysiske plan, og ender med at arbejde i en kvalitetssøgende syntese, der udvikler personens egen problemløsningskompetence.

Betragtninger vedrørende arbejde/leg med Lego-robotten samt rapport over nogle oplevelser gjort under Novo Nordisk Projektets studietur til Boston, april 2000.

Man siger, at børn lærer en masse af at lege med Lego.

Det står imidlertid ikke helt klart, hvad læringsproduktet er? Men det står fast, at det er sjovt og appellerende. Hypotesen kunne være, at man udvikler og dermed lærer sig en problemløsningsstrategi ved at få en robot til at gøre, hvad man ønsker. Det interessante vil i så fald være om en sådan opnået problemløsningsstrategi er overførbart til eller genanvendelig i andre problemløsningssituationer i hverdagen?

Dette var spørgsmålene jeg stillede mig selv som forberedelse til besøget på MITs MediaLab og Tufts University i Boston i april 2000. Men det er samtidigt også spørgsmålet om, hvorvidt vi i Lego-Mindstorms robotten har fået et pædagogisk hjælpemiddel, hvormed vi kan bevidstgøre os om, hvad det vil sige "at lære". Dette kan især have interesse i en tid, hvor der tales meget om Leg og Læring. Traditionelt har opfattelsen jo været, at leg er noget børn får tiden til at gå med, indtil de i en alder af 7 år kan starte med endelig at få lært noget ved at blive undervist i skolen.

En analyse - identifikation af nogle karakteristiske trin i problemløsningsprocessen

Jeg mener, at der i arbejdet/legen med Lego-robotten grundlæggende er tale om en trial-and-error proces (forsøg/fejl-metode), der gennemløber tre planer: Idé/tankeplanet, det symbolske plan og det fysiske handleplan. Lad mig prøve at identificere nogle karakteristiske træk i arbejdsprocessen/legeforløbet:

Trin I, idéfasen

Idéen - forestillingen om at lade robotten "gøre noget"/udføre en handling - opstår på tankeplanet inspireret af den givne problemstilling og de forhåndenværende muligheder på det fysiske plan. Idéen kan ligge og "ulme" - blive drejet og vendt et stykke tid på tankeplanet, inden den bliver modnet til udførelse. Tilskyndelsen kan såmænd bare ligge i: "Det kunne være sjovt at prøve at ..."

Trin II, beskrivelsesfasen

Vejen til idéens praktiske udførelse på det fysiske plan går over computerskærmen. Man har her nogle "værktøjskasser" med små handlingselementer til rådighed repræsenteret ved nogle let genkendelige ikoner/pictogrammer, der minder om vejskilte. De kan manipuleres, sættes i ønsket rækkefølge og forbindes til et billede af det påtænkte handlingsforløb. Der er altså tale om en visualisering af det tænkte. På en måde en konkretisering, men stadig knyttet til formelt abstrakte symboler. Det er en kreativ proces, hvor noget tænkt usynligt gøres synligt og bliver udkrystalliseret i en symbolsk repræsentation, der også kan læses af andre.

Processen kan godt sammenlignes med en komponists arbejde med at sætte et stykke musik på noder. Et billede af det tænkte - endnu uforløst.

Trin III, "tankeoverførsel"

Overførslen af informationerne i den symbolske repræsentation til den konkrete handlingsplan, hvor robotten udfører handlingen i praksis, sker med infrarøde signaler, som vi kender det fra fjernbetjening. Robotten kan stå op til et par meter fra computeren og modtage "bevidstheden" om, hvad den skal gøre. Der er populært sagt tale om "tankeoverførsel". Her fra en biologisk organisme til et elektrisk-mekanisk objekt.

Trin IV, udførelsen

Et tryk på en knap sætter robotten i gang med at udføre handlingen i praksis. Den legende/ophavsmanden/programmøren iagttager handlingsforløbet og sammenligner med det tænkte. Dette er vigtigt:

Trin V, feed back

Det interessante er nemlig om robotten virkelig gør præcist det, som ophavsmanden havde tænkt sig. I almindelighed gør den det IKKE - første gang!

Den oplevelse hensætter ophavsmanden i en spændingstilstand (arousal) på grund af den konceptuelle konflikt mellem det tænkte og det skete (- den Piagetske uligevægt). Tanken/idéen vender på den måde tilbage til bearbejdning på tankeplanet og til justering på symbolplanet, hvorefter den overføres i korrigeret form til robotten, der igen bringes til at vise handlingsforløbet i praksis. Denne cyklisk iterative proces kan forløbe et antal gange, indtil ophavsmanden synes, der er tilfredsstillende overensstemmelse mellem tanken og handlingen. Tilfredshedsfølelsen indikerer, at den Piagetske ligevægt er genopnået.

En iterativ proces kendes fra matematikken, hvor et input i en regnefunktion giver et output, som bruges som et nyt input, der i regnefunktionen giver et nyt output, som osv. En sådan proces kan man lade løbe et givet antal gange eller indtil et vist kriterium er opfyldt. Som regel vil der afhængig af startbetingelserne udkrystallisere sig et udtryk, som er karakteristisk for sammenhængen. De smukke fraktalbilleder, som vi har set indenfor de seneste år, er lavet på den måde.

Et mere konkret og prosaisk eksempel er at putte noget i en hakkemaskine. Når man ikke er tilfreds med resultatet, putter man det igennem hakkemaskinen en gang til. Det kan man blive ved med indtil, man synes resultatet er godt nok. I denne sammenhæng er det ikke så meget hakkemaden, der er interessant, men derimod erkendelsen af, at man kan løse problemet på den måde.

Fra tanke til handling - nærmere overvejelser

Når vi selv udfører en handling med udgangspunkt i en indskydelse eller en idé, sker det ofte umiddelbart og direkte uden at berøre det symbolske niveau. Tænk på et fodboldspil. Måske snakker man sammen, når man er flere om at udføre handlingen. Det er tankeplanet og refleksionsniveauet. Men tilskyndelsen til selve udførelsen i nuet sker umiddelbart hos den enkelte. Resultatet kan imidlertid være et spørgsmål om veltrænethed.

Kommunikationen mellem robotten og mennesket er (- indtil videre?) nødt til at gå over symbolplanet på computerskærmen. Der sker en "kodning fra menneskesiden" og "tolkning og udførelse fra robotsiden". Koblingsleddet er computeren, og processen kan lade sig gøre, fordi "det digitale princip" er et naturfænomen, som både den biologiske og den fysiske verden er underlagt: Lys/mørke, for/bag, højre/venstre, op/ned, hul/ikke hul, åben/lukket, ja/nej, enten/eller osv. Som det

ses har fænomenet sat sig spor helt ud i hverdagssprogets logik. Det tænker vi normalt ikke over, mens vi bruger det.

Det er denne to-somhed, der kaldes en bit (0 eller 1). Flere bits ved siden af hinanden i et positionssystem (jvnf. hulkort) danner mønstre af nuller og et-taller (8 bits = 1 byte). Hvert mønster kan på menneskesiden tillægges en betydning, hvilket på robotsiden har form af et signal om at åbne eller lukke et antal elektriske kontakter i de integrerede kredse (tæt sammenstillede transistorer), som en computerprocessor består af. Antallet af kontakter, strukturen og kompleksiteten giver mangfoldigheden i mulighederne.

Raffinering af overensstemmelsen mellem tanke og handling

På menneskeplanet har det ofte katastrofale følger, hvis denne overensstemmelse ikke er til stede. Arbejdet med at få et tænkt handlingsforløb overført til udførelse af Lego Mindstorms robotten kan altså beskrives som en iterativ raffineringproces. I begyndelse kan der være ret grov modstrid og resultatet utilstrækkeligt. Hvert gennemløb af processen vil korrigere og finjustere til større og bedre overensstemmelse.

På den måde kan man godt kalde det en kvalitetssøgende og kvalitetsskabende proces, hvor den endelige kvalitet ligger i opfyldningen af en forventning. Dynamikken ligger i forventningen om, at man er i stand til at opfylde forventningen. Det handler måske også lidt om selvtillid? Undervejs kan der godt opstå nye idéer og variationsmuligheder, hvor man er nødt til at træffe et valg om, hvad det skal ende med.

Nogle vitale spørgsmål

Som nævnt kan en del af processen sammenlignes med en komponists arbejde. Der er i virkeligheden et hav af analogier i hverdagen, f.eks. en arkitekts arbejde:

Den symbolske repræsentation af en arkitekts forestilling om udseendet og funktionen af et hus er arbejdstegningerne. Håndværkerne er dem, der omsætter tegningerne i praktisk handling og udførelse. Byggemøderne er en del af den iterative proces. Ganske vist er det i denne sammenhæng temmelig respektløst at sammenligne håndværkerne og musikerne med robotter. Det berører imidlertid grundlæggende spørgsmålet om, hvorvidt robotten er i stand til at tage et selvstændigt initiativ og selv øve indflydelse på resultatet. Nej vel?!

Robotten er blot reproducerende i udførelsen, mens håndværkerne og musikerne (mennesker) er kreativt genskabende/nyskabende på det givne udgangsniveau. I dette tilfælde den symbolske repræsentation. Den mest sublime form for kreativt gruppearbejde er en symfonikoncert. Men kvaliteten af resultatet afhænger også her i uhyggelig grad af veltrænethed og perfektion. En robot kan udføre et job til perfektion, når den endelig er programmeret. Til gengæld er den kreative del med at programmere den på menneskesiden som regel famlende og eksperimenterende. En musikkollega har gjort opmærksom på, at det efterhånden er en accepteret legal udvikling i musikbranchen at bruge computeren som et teknisk værktøj til at opnå den musikalske perfektion. Små præfabrikerede lydelementer, rytmer, de forskellige instrumenters klange mv., kan stykkes sammen efter ønske, høres og tilrettes, indtil lydbillede og forløb svarer til forventningerne. Samme proces som at programmere Lego-robotten til en ønsket handling. En computerkomponist behøver strengt taget ikke at kunne noderne, men kan prøve sig frem ind til resultatet svarer til forventningerne.

Disse eksempler tjener blot det formål at påpege, at selve problemløsningsprocessen ikke er ukendt. Den er faktisk almindeligt forekommende. Men i forskellen mellem den reproducerende robothandling og den menneskelige genskabende handling er hermed også fokuseret på forskellen mellem kunstig intelligens og den naturlige levende intelligens. Hele denne forskel er vel spørgsmålet om "livsgnisten". Hvor mon den kommer fra? Er den et naturfænomen, som alt det andet i universet? Skabt af Gud? Biokemiske processer bygget ind i fysiske byggeklodser? Med andre ord: Kan en robot nogensinde blive selvstændigt kreativ, når blot den opbygges komplekst nok? Der findes folk, der arbejder på det!

Indledningsvist rejstes spørgsmålet om hvorvidt den problemløsningsstrategi, eleverne lærer ved at arbejde med Lego-materiellet læres på en sådan måde, at det lærte er overførbart til andre problemløsningsituationer. Om det kan bruges til en bevidstgørelse omkring dette at løse problemer i almindelighed, og om materiellet derfor med rimelighed bør tages ind i skolen som et undervisningsmiddel i f.eks. natur/teknik?

At gennemføre en traditionel videnskabelig undersøgelse af dette ser temmelig omfattende ud: En gruppe børn, der en tid leger med at programmere Lego-robotten, og en kontrolgruppe, som ikke gør det, - hvorefter begge grupper udsættes for en ukendt problemløsningsstest?

Det kunne sikkert arrangeres. Men når selve problemløsningsstrategien er så generel og almindelig for menneskers måde at løse problemer på, ville det være vanskeligt at afgøre, hvorfra denne problemløsningskompetence vil være opnået.

Opnåede erfaringer i Boston

Under NovoNordisk projektets studietur til Boston i april 2000 var vi bl.a. på besøg på MITs MediaLab og Tufts Universitet, hvor teknologi og software til Robolab Mindstorms er udviklet. Vi havde lejlighed til at høre på og tale med Seymour Papert, Mitchel Resnick, David Cavallo, Chris Rogers, Martha Cyr og mange flere.

Gennem mine samtaler med nævnte personer fik jeg bekræftet, at min trinvis beskrivelse af problemløsningsprocessen i begyndelsen af denne artikel er dækkende for, hvad der rent faktisk foregår under arbejdet/legen med Lego-robotten. Seymour Papert fandt det dog ikke så nyttigt at splitte processen op i faser, men mere i at betragte processen som en helhed, der virker. Han gav også generelt udtryk for problemløsningsprocessen som en "powerful idea" til at lære sig noget, - ikke bare knyttet til Lego-robotten.

I det hele taget mødte vi en gennemgående overbevisning om, at den mest givtige måde at lære på går gennem "hands on" problemløsning: "Den som arbejder med at finde ud af tingene, er den som lærer mest og har det sjovest". I Danmark er situationen jo traditionelt den, at dette gælder for lærebogsforfatterne, hvorefter lærerne reproducerer indholdet overfor eleverne, som så har det sjovest efter skoletid - sat på spidsen!

Meget betegnende er det derfor også vanskeligt på dansk at finde nogle ord, der dækker begrebet "Educational Engineering". Hvad med "konstruktiv læring"?

Hvad er så virkningen af Lego-Mindstorms?

Først og fremmest må vi vel sige, at vi her har et værktøj, som i praksis kan hjælpe os til en konkretisering og en bevidstgørelse af nogle hidtil dunkle sider af menneskers måde at lære på.

Efter at have fået tingene forevist og at have prøvet at arbejde med materiellet må man sige, at det er forbavsende så meget, det kan bruges til i forbindelse med at skaffe sig en forståelse af almindeligt forekommende funktioner i hverdagslivet.

Eksempel fra Tufts University.

Den gruppe, der besøgte College of Engineering, Tufts University, fik lejlighed til at prøve, hvordan materiellet kan bruges til indøvelse af forståelsen af tal. Tufts University blev i sin tid valgt til at levere softwaren til Lego Mindstorms, fordi man der kunne levere den til såvel Mac som PC. Vi blev vel modtaget og meget hurtigt sat til at løse en opgave.

Opgaven:

Byg en Legobil af RCX-klodsen med tre hjul og en motor.

Lav et program, som kan få motoren til at køre i et vilkårligt antal sekunder.

Find ud af hvor langt bilen kører i 1 sek., 2 sek., 3 sek., 4 sek. osv.

Der var anbragt et målebånd på gulvet, så det var let at måle kørselslængden.

Derefter lød opgaven:

Lav en grafisk repræsentation af sammenhængen mellem tid og kørselslængde i et koordinatsystem, tid på 1.-aksen og længden på 2.-aksen.

Det blev en smuk ret linie.

Da alle grupper var færdige, lød opgaven:

Indstil tiden så bilen kører 23,5 cm!

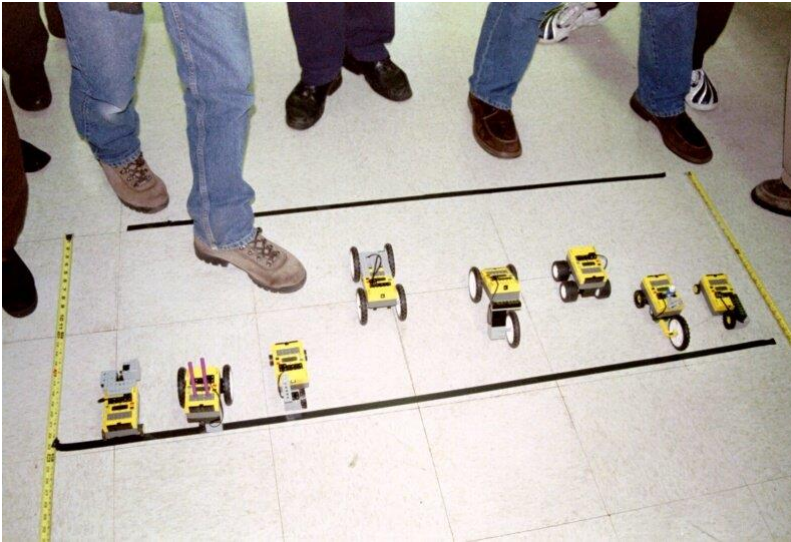
Ved aflæsning på grafen kunne tiden findes og programmeres ind via skærmen.

Det første billede viser startsituationen:

Klar - parat - start !



Det næste billede viser resultatet:



Hovsa - så langt så godt !

Som det ses, går det ikke altid som man regner med - første gang.

Fra en lille brochure fra Tufts College of Engineering kan citeres:

The overriding mission of the College of Engineering at Tufts University and the Center for Engineering Educational Outreach is to provide hands-on, engineering based, learning projects. At the elementary and secondary school level engineering project work requires thorough understanding of math and science, encouraging students to learn in multiple areas. It also helps them to see how math and science can be applied to real life problems, making the subjects relevant and interesting. Providing students at the college level with more open project based learning gives them ownership of the solution and method.

Det nævnte **Center for Engineering Educational Outreach (CEEEO)** arbejder med at udvikle læseplaner, tester nye undervisnings-strategier og undersøger, hvordan børn lærer.

Man kan finde centeret på adressen <http://www.ceeo.tufts.edu>

Grundskole læseplanen, **Elementary School Curriculum**, kan findes på adressen <http://ldaps.ivv.nasa.gov>

College Curriculum kan findes på <http://www.ceeo.tufts.edu/en14> og/eller <http://www.tufts.edu/as/engdept/curric>

Eksempler fra MITs MediaLab

Mitchel Resnick redegjorde indledningsvist for MediaLabs arbejde og gjorde opmærksom på det grundlag, at den digitale teknologi muliggjorde "overlap" i ting/forhold, som hidtil har syntes forskellige (Negroponte).

Tre centrale områder blev udforsket: Science and Technology (computere i den fysiske verden), Arts and expression (ny musik og design), Learning and Innovation (undersøgelse/udforskning/opfindelse er vigtig for læringsprocessen). Der hørte vi første gang sætningen: "Whoever is doing the inventing is doing most of the learning - and having the most fun".

I Danmark kan man stadig i den offentlige skoledebat høre argumenter som: "Børn skal have lov til at lege og have det sjovt, mens de er små. De kan tidsnok begynde at lære noget." Ammunitionen til at skyde den slags argumenter ned med fremstilles i Boston.

De grundlæggende visioner for medielaboratoriets arbejde, som Resnick fremførte, er sammenfattet i en artikel "Technologies for Lifelong Kindergarten" af Mitchel Resnick i tidskriftet ETR&D, Vol.46, No.4, 1998, pp. 43-55 ISSN 1042-1629, der blev uddelt som foredragsnote.

MediaLab arbejder således på at udvikle, hvad de kalder "Digital Manipulatives", som kombinerer den mentale, digitale og fysiske verden i læringsprocessen, så børn/mennesker i alle aldre på konkretiseret overskuelig måde kan lære om selv komplicerede forhold på den elementære måde, der karakteriserer børnehave-trinnet. I Piaget-sprog ville det nok kunne udtrykkes, at man udvikler undervisningsmateriel og fremgangsmåder, der fremmer børns/unges evne til formel-operationel tænkning gennem konkret-operationelle manipulationer.

Yderligere eksempler findes i et lille skrift, der også var fremlagt: "Pianos not Stereos - Creating Computational Construction Kits" trykt i sep/oct 1996, vol. III.5 nummeret af tidskriftet "interactions" ISSN 1072-5220. Titlen i artiklen skrevet af Resnick, Bruckman og Martin hentyder til at "Pianos" er til aktivt "Hands-On", mens "Stereos" kun er passivt til ørerne.

De forskellige opstillinger/produkter i laboratoriet, som afspejlede aktiviteterne, var meget spændende og inspirerende. Der var intet hemmelighedskræmmeri. Vi kunne gå rundt og fotografere og tale med aktørerne.

Konklusion

Jeg mener bestemt, at vi kan overføre nogle af de ovenfor omtalte nyskabelser til dansk læreruddannelse, hvis uddannelsen i sig selv blev gjort mere innovativ ved at afsætte midler til forskning i nye arbejdsformer og udviklingsarbejder på de enkelte institutioner. Dette skulle så igen følges op af midler til medinddragelse af folkeskolens lærere i udvikling og fornyelse regionalt.

Jeg er ikke helt sikker på, at et Pædagogisk Universitet i den ene ende af landet - frigjort fra undervisningsfaglige institutter og aktiviteter - er i stand til at løse den opgave, medmindre man satser bevidst på at få dette til at fungere gennem kontakt med regionerne.

Povl-Otto Nissen, seminarielektor
cand.pæd. i fysik, Lærerseminariet i Ribe