

Mangfoldige læringsaktiviteter

– *ét robotbyggesæt*

Ole Caprani

Lektor

institutt for datalogi, Aarhus universitet.



Abstract

Artiklen beskriver en række læringsaktiviteter, som over en periode på 15 år er blevet udviklet i samarbejde med besøgende elever, lærere og pædagoger i LEGO Lab, Institut for Datalogi, Aarhus Universitet. I aktiviteterne er LEGO Mindstorms robotbyggesæt blevet brugt til at bygge og programmere robotter, der kan

- lave gakkede robotgangarter,
- tegne krusedulle kunst,
- være robotdyr, eller
- deltage i robotkonkurrencer som FIRST LEGO League.

Ideen med aktiviteterne har været at lære eleverne om teknologien bag robotter f.eks. motorer, sensorer og programmering. Samtidig skal eleverne erfare, at robotter er mekanismer, der styret af et kontrol program handler på egen hånd bl.a. i forhold til påvirkninger fra deres omgivelser, som f.eks. robotstøvsugere.

I artiklen beskrives, hvordan temaerne for aktiviteterne er blevet udvalgt, så det umiddelbart virker spændende og motiverende for eleverne at deltage. Samtidig forklares, hvordan de enkelte aktiviteter er blevet tilrettelagt med udgangspunktet i på forhånd byggede robotter og simple grydeklare programmer. Beskrivelsen af hver aktivitet afsluttes med henvisning til konkret inspirationsmateriale, som kan bruges ved tilrettelæggelse af en tilsvarende læringsaktivitet.

English Abstract

The article describes a series of learning activities that has been developed over a period of 15 years in collaboration with visiting pupils, teachers and pedagogues in the LEGO Lab, Department of Computer Science, University of Aarhus. In the activities LEGO Mindstorms robot kit has been used to build and program robots that can

- Make silly robot walks,
- Draw doodle art,
- Be robotic animals, or
- Participate in robot competitions as FIRST LEGO League.

The idea of the activities has been to teach pupils about the technology behind robots e.g. motors, sensors and programming. At the same time, pupils can learn that robots are mechanisms controlled by a control program that act autonomously influenced by stimuli from their environment like robot vacuum cleaners.

This article describes how the themes of the activities were selected to excite and motivate the pupils. Furthermore, it is explained how the individual activities have been organized starting with pre-built robots and <http://www.lom.dk>

simple ready-made programs. The description of each activity ends with reference to inspiration material that can be used to organize similar learning activities.

Indledning

LEGO har siden 1998 under navnet Mindstorms fremstillet et antal forskellige udgaver af robotbyggesæt (LEGO Mindstorms, 2015). Det nyeste sæt, kaldet EV3, er fra 2013, Figur 1. Ideen med byggesættene har været, at sættene skulle gøre det muligt for børn at bygge og programmere LEGO modeller. Et robotbyggesæt består af sædvanlige LEGO teknik klodser, motorer, sensorer, ledninger og en programmerbar kontrolenhed kaldet EV3. Sættet kan bruges til at bygge programmerbare LEGO modeller f.eks. som vist i Figur 1, en LEGO bil. EV3 enheden sidder øverst på bilen. To motorer med påmonterede hjul er med ledninger forbundet til EV3 enheden. De to lysende "røde øjne" er en afstandsmåler, som ligeledes er forbundet til EV3 enheden. Bilen kan f.eks. programmeres til at køre lige ud indtil afstandsmåleren registrerer en genstand i en afstand af 30 cm, hvorefter bilen standser.



Figur 1. LEGO Mindstorms EV3 robotbyggesæt fra 2013, (LEGO Mindstorms, 2015).

Historien bag LEGO Mindstorms robotbyggesæt

Ideen om at give børn mulighed for at programmere computere til at udføre fysiske handlinger, som f.eks. at få en LEGO bil til at køre, går tilbage til "the floor turtle" eller skildpadden, (Papert, S. & Solomon, C., 1972), Figur 2. Skildpadden var forbundet med en ledning til en computer (kan ikke ses på Figur 2) og et program på computeren styrer skildpadden ved at sende kommandoer til skildpadden. Skildpadden kunne programmeres i programmeringssproget Logo til at køre rundt på et gulv i geometriske mønstre, (Logo (Programming language), 2015). Den programmerede køretur blev beskrevet i Logo programmet med en sekvens af kommandoer som FORWARD 25, kør 25 skildpaddeskridt frem, eller LEFT 30, drej skildpadden på stedet 30 grader til venstre. Dele af køreturen kunne ses som en tegning på et stykke papir på gulvet ved at bruge Logo

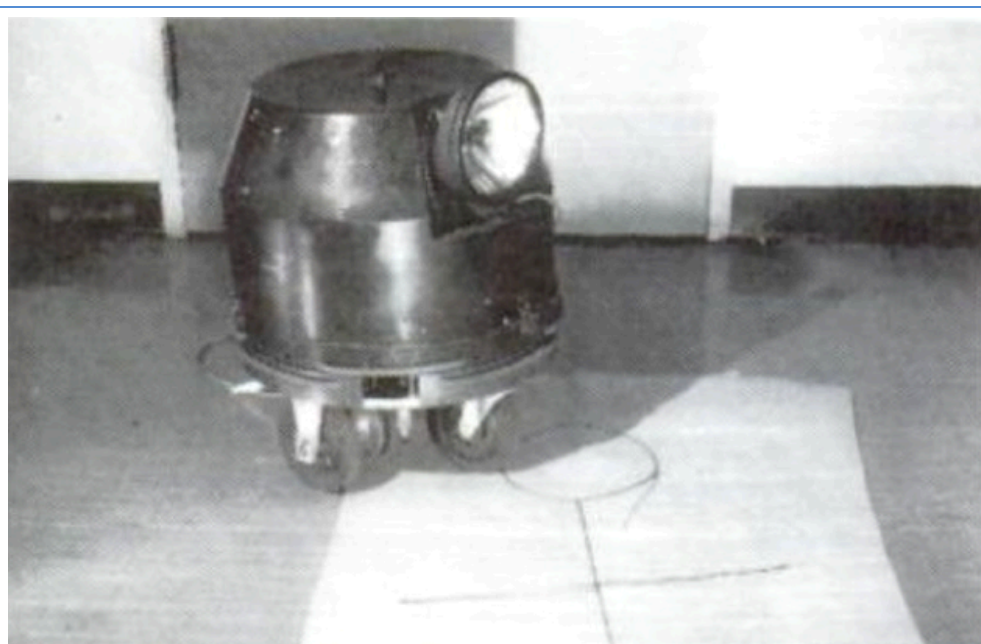
kommandoerne PENDOWN og PENUP til at sænke og hæve en tusch under skildpadden, Figur 2.

Børns programmering og brug af "the floor turtle" inspirerede gruppen omkring Seymour Papert til at udvikle en række "robotic construction kits for children" (Martin, F., Mikhak, B., Resnick, M., Silverman, B., & Berg, R., 2000). Byggesættene blev også kaldt "Behavior Construction Kits", fordi

"... our kits allow children to build behaviors. Children (and adult's too!) have used our new construction kits to build a wide assortment of "behaving machines" such as: a robotic creature that "wants" to move toward the light, a hamster cage that keeps track of the movements of its occupant, and a kinetic sculpture that responds to the movements of a person – or the movement of another machine."

(Resnick, M., 1993)

Denne udvikling gjorde det bl.a. muligt for LEGO at producere det første Mindstorms sæt, Robotic Invention System, i 1998. Samtidig blev det tekstbaserede programmeringssprog Logo afløst af ikon baserede grafiske programmeringsværktøjer, som det har vist sig er lettere at arbejde med for børn, (Martin, F., Mikhak, B., Resnick, M., Silverman, B., & Berg, R., 2000).



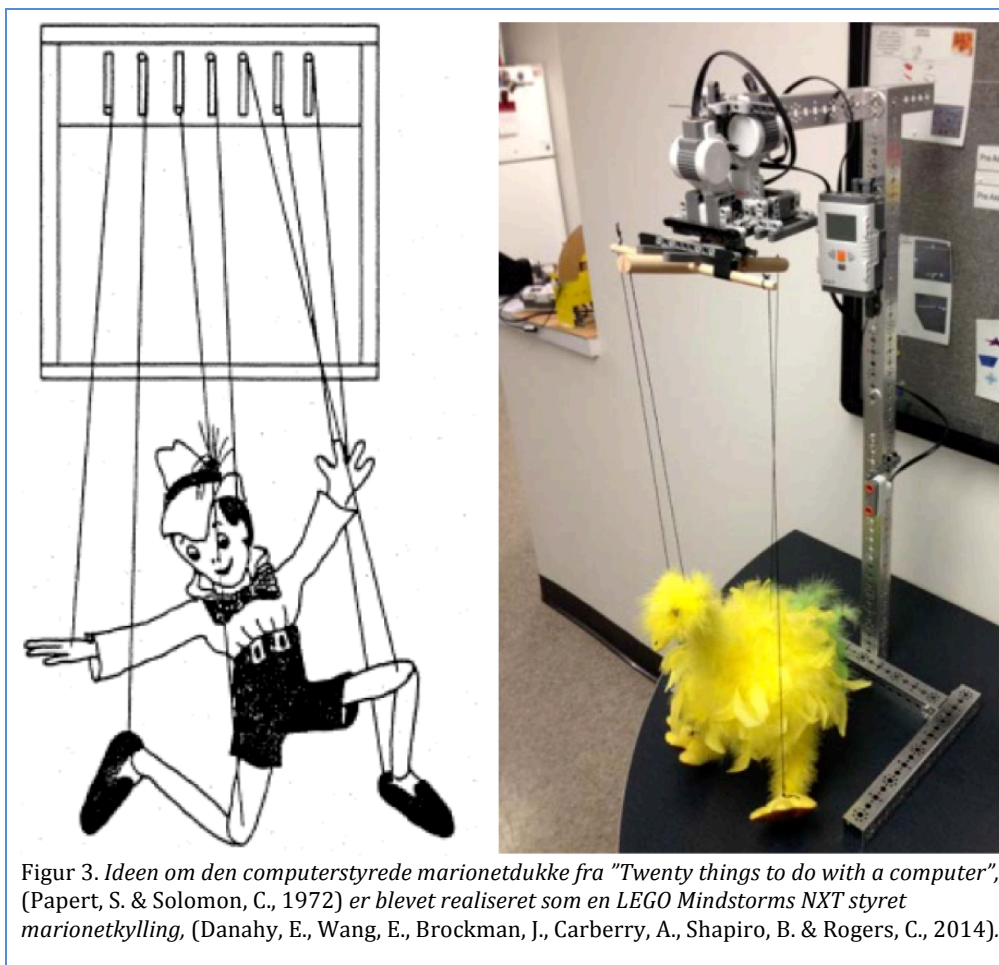
Figur 2. "The floor turtle", skildpadden, i aktion på et stykke papir på et gulv. Ved hjælp af den tusch, som lige kan anes imellem hjulene, har skildpadden tegnet en tændstikmand på papiret, (Papert, S. & Solomon, C., 1972)

Aktiviteter med LEGO Mindstorms robotbyggesæt

Allerede under arbejdet med "the floor turtle" opstod ideer til hvilke projekter børn kan bygge og programmere, når en computer via motorer og sensorer kan handle i den fysiske verden, (Papert, S. & Solomon, C., 1972). Artiklen indeholder en liste, "Twenty things to do with a computer" og der er tale om ting, som forfatterne forestiller sig børn skal kunne med computere i en skolesammenhæng. Listen beskriver f.eks. en idé om at programmere en computer til at styre en marionetdukke, Figur 3. I 1972 var det urealistisk, at børn f.eks. i en almindelig skoleklasse havde adgang til den form for udstyr, så de kunne lave nogle af projekterne i listen.

Siden introduktionen af LEGO Mindstorms byggesæt er det imidlertid blevet mere realistisk at lave sådanne projekter i alle dele af uddannelsessystemet fra børnehaver over ungdomsuddannelserne, (Erwin, B., Cyr, M., & Rogers, C., 2000) til videregående uddannelser, (Danahy, E., Wang, E., Brockman, J., Carberry, A., Shapiro, B. & Rogers, C., 2014). I den sidstnævnte artikel beskrives bl.a. hvordan den computerstyrede marionetdukke fra 1972 er blevet til en LEGO Mindstorms styret marionetkylling, Figur 3.

LEGO Mindstorms byggesættene har også været grundlaget for robotkonkurrencer som FIRST LEGO League (FIRST LEGO League, 2015) og World Robot Olympiad (World Robot Olympiad, 2015), hvor de robotter som deltager i konkurrencerne skal være konstrueret udelukkende under brug af byggesættene. På mange universiteter bruges robotsættene, når de tilbyder "Robotics summer camp", (Williams, D., Ma, Y., Prejean, L., Ford, J. & Lai, G., 2007) og LEGO sættene er også udgangspunktet, når ROBOFUN arrangerer børnefødselsdage, (ROBOFUN, 2015).



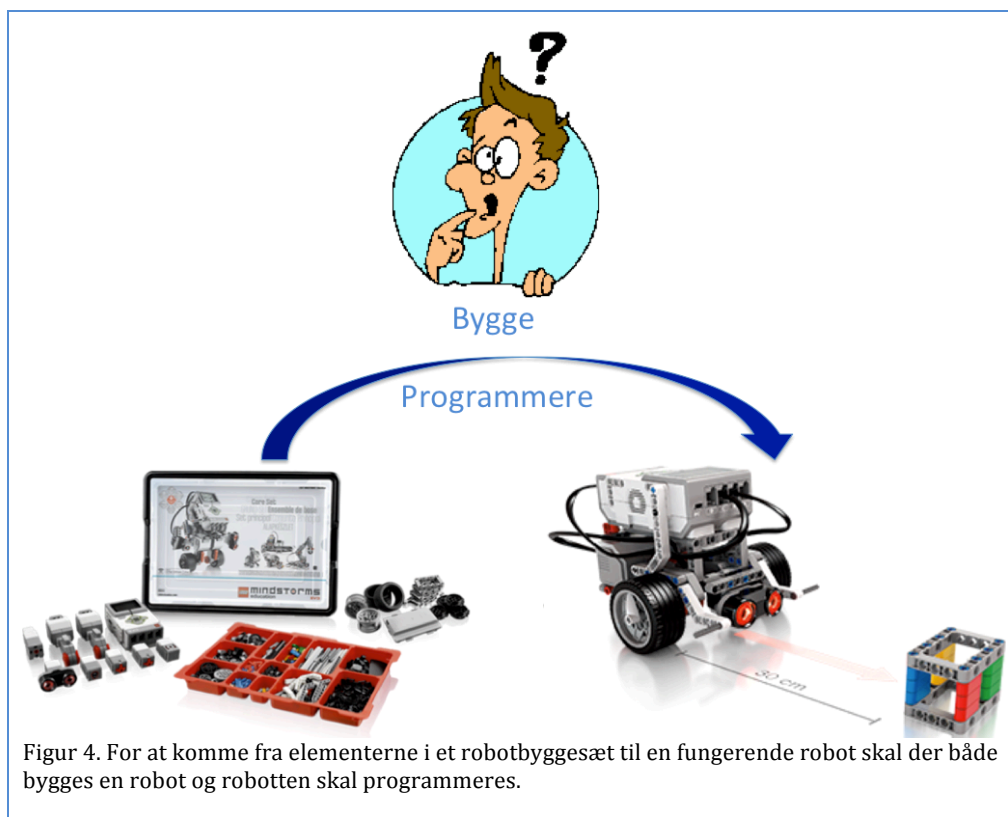
Udvikling af læringsaktiviteter med LEGO Mindstorms robotbyggesæt

Uanset hvad formålet er med at bruge et LEGO Mindstorms byggesæt, skal der både bygges en LEGO model og modellen skal programmeres til at have en funktion. Med en EV3 kasse til rådighed melder spørgsmålet sig derfor, se Figur 4: Hvad skal bygges, hvordan bygges og hvordan programmeres? Hvis forestillingen om hvad robotter er, stammer f.eks. fra R2D2 i Star Wars, og det er den type science-fiction robotter, som ønskes bygget, kan det være svært *helt på egen hånd* at finde ud af, hvordan sådanne robotter kan laves med byggesættet. Det kræver derfor i almindelighed hjælp at komme i gang.

Med et sædvanligt LEGO byggesæt følger byggevejledninger, som viser, hvordan sættets klodser kan bruges til at bygge en brandbil, en sørøverborg eller indboet til et dukkehus. På samme måde indeholder robotbyggesættene byggevejledninger f.eks. for EV3 robotbilen på Figur 4. I det medfølgende programmeringsværktøj er der grydeklare programmer, som f.eks. giver EV3 robotbilen en simpel funktion, så robotbilen, styret af programmet, kører ligeud indtil afstandsmåleren registrerer en genstand

<http://www.lom.dk>

tættere på end 30 cm, hvorefter robotbilen standser. Med byggede EV3 robotter og grydeklare programmer kan der eksperimenteres med, hvordan robotter fungerer i forskellige situationer, som f.eks. om robotbilen standser, når en hånd holdes foran afstandsmåleren.



Derfor har udgangspunktet for udviklingen af læringsaktiviteter med LEGO Mindstorms robotbyggesæt været *byggede robotter* og *grydeklare programmer*. På den måde kan aktiviteterne næsten fra starten af handle om at observere og eksperimentere med robotter og derved kommer eleverne til at arbejde med robotter igennem hele aktiviteten - eleverne skal ikke bruge tid på at bygge eller at lære at programmere inden de kan komme i gang med at observere og eksperimentere med robotter.

Til temaerne i de enkelte aktiviteter (gakkede gangarter, krusedulle kunst, robotdyr og FIRST LEGO League) er de byggede robotter udviklet,

- så de passer til temaet,
- så de fungerer fra starten af aktiviteten med et grydeklart program og
- så det er umiddelbart enkelt at bygge videre på startrobotten.

De grydeklare programmer er udformet udelukkende ved hjælp af handlingskommandoer, kommandoer som får robotten til at gøre noget f.eks. kørekommandoer eller sige-lyd-kommandoer. Virkningen af sådanne

handlingskommandoer kan umiddelbart observeres, når programmet kontrollerer robotens opførsel. Samtidig er de grydeklare programmer lette at rette i og virkningen af de enkelte rettelser kan umiddelbart observeres: Robotten siger en anden lyd eller robotten kører længere. Gennem arbejdet med sådanne enkle rettelser opnår eleverne en forståelse af, at et program får robotten til at gøre noget på egen hånd og at det er de enkelte kommandoer i programmet, som bestemmer, hvad robotten gør.

For de fleste elever er brug af sensorer og især programmering af brug af det sensorer registrerer noget vanskeligere end handlingskommandoer. Det viste sig allerede under brug af LEGO/Logo, et LEGO byggesæt, hvor et Logo program på en computer styrede en LEGO model forbundet til en computer, (Resnick, M., 1993). I et studie af hvordan børn opfatter bl.a. sensorer og programmering med sensorer, viste det sig, at:

“... in working with LEGO/Logo, many novices attribute some sort of intentionality to sensors. They seem to believe that each sensor plays an active role in checking itself, and in informing the computer (or the motor) when it has been pressed.”

(Resnick, M., 1990).

Denne opfattelse af en sensor kan få elever til at tro, at f.eks. afstandsmåleren på robotbilen i Figur 4 hele tiden ”holder øje” med ting foran robotbilen. Da afstandsmåleren jo også ligner to røde ”øjne”, forstærker dette elevernes opfattelse af, at en sensor på en robot hele tiden er aktiv, sådan som vores sanser hele tiden er det. Målte afstande registreret af en afstandsmåler benyttes imidlertid ikke af programmet med mindre en kommando i programmet eksplicit gør brug af de målte afstande og det er en sådan kommando, som er aktiv i programmet. Hvis programmet ikke er i gang med den type kommando, men f.eks. er i gang med en kørekommando, som får robotbilen til at køre et antal omdrejninger frem, så vil robotbilen blot støde ind i genstande foran robotten under kørslen. Det kan være svært at forstå, når nu afstandsmålerens ”øjne” lyser. Sensorer bruges derfor først i aktiviteterne, når handlingskommandoer og programmer med flere handlingskommandoer har været prøvet.

De enkelte aktiviteter er altså blevet tilrettelagt med udgangspunktet i *på forhånd byggede robotter og simple grydeklare programmer*. På den måde kan aktiviteterne næsten fra starten af handle om at observere robotter i deres omgivelser og at eksperimentere med at ændre robotternes opførsel ved ombygning af den fysiske robot eller omformning af robotens kontrol program. Igennem en sådan tilrettelæggelse får eleverne en forståelse af de tre faktorer, der bestemmer en robots opførsel, nemlig:

1. Robottens omgivelser.
2. Robottens fysiske udformning.
3. Robottens kontrol program.

Udgangspunktet for aktiviteterne med byggede robotter og grydeklare programmer sikrer også at eleverne hurtigt og let kommer i gang med at undersøge og eksperimentere med robotter: Programændringer og udbygning af robotten afprøves igen og igen indtil eleverne når frem til et resultat som f.eks. kan være en robot med en gakket gangart. Denne arbejdsform er blevet kaldt "tinkering":

"... a playful, exploratory, iterative style of engaging with a problem or project. When people are tinkering, they are constantly trying out ideas, making adjustments and refinements, then experimenting with new possibilities, over and over and over."

(Resnick, M., & Rosenbaum, E., 2013).

I (Resnick, M., & Rosenbaum, E., 2013) undersøges forskellige forudsætninger for at kunne tilrettelægge "*a tinkering approach to making and learning*". De beskriver f.eks. hvordan virkningen af de enkelte programmeringsblokke i Scratch kan læres ved simpelthen at prøve sig frem, fordi det er let at ændre i en programmeringsblok i Scratch og virkningen af ændringen er umiddelbart synlig. Sådan er det også med handlingskommandoerne i de grydeklare programmer. I det hele taget er læringsaktiviteterne tilrettelagt, så de opfylder forudsætninger for "*a tinkering approach to making and learning*": I starten af aktiviteten får eleverne de instruktioner, som er nødvendige for at de kommer hurtigt i gang; det er let at prøve sig frem med at bygge og programmere ud fra de byggede robotter og grydeklare programmer og de materialer som er tilgængelige, f.eks. kasser med tøjdyr, åbner for mange måder at komme til et resultat, et robottøjdyr, som er meningsfuldt for eleverne. Senere i aktiviteten, når eleverne går i stå eller ikke har fået instruktioner f.eks. i at bruge en sensor og nu gerne vil prøve en sensor, får eleverne *hjælp i situationen*, "just-in-time instruction", (Williams, D. , Ma, Y. , Prejean, L. , Ford, J. & Lai, G., 2007). At lære eleverne nyt i en situation, hvor de er motiverede hænger nøje sammen med "tinkering" som læringsproces:

"The process of becoming stuck and then "unstuck" is at the heart of tinkering. It is in this process that authorship, purpose, and deep understanding of the materials and phenomena are developed."

(Petrich, M., Wilkinson K., & Bevan, B. , 2013).

I (Resnick, M., & Rosenbaum, E., 2013) er det beskrevet, hvordan de har designet programmeringsproget Scratch og interfaceplatformen MaKey MaKey, som eksempler på det de kalder "construction kits for tinkering". I artiklen argumenterer de også for at:

*"... designing construction kits is only part of what's is needed. Even the most tinkerable construction kit will not be successful unless it is accompanied by the right types of activities, support materials, facilitation, space, and community. In short designing **context for tinkering** is as important as designing kits for tinkering".*

(Resnick, M., & Rosenbaum, E., 2013).

Med de begreber kan LEGO Mindstorms robothbyggesæt betragtes som "construction kits for tinkering" og de fire udviklede læringsaktiviteter er så eksempler på "contexts for tinkering", (Resnick, M., & Rosenbaum, E., 2013). Det kan i hvert fald noteres, at mange af de "key lessons we have learned in designing contexts for tinkering", der opregnes i artiklen, stemmer med de erfaringer, som ligger bag tilrettelæggelsen af de fire aktiviteter.

I de tre første aktiviteter benyttes NXT kontrolenheden, (LEGO Mindstorms NXT, 2015), i den sidste benyttes EV3 (LEGO Mindstorms EV3, 2015).

Gakkede robotgangarter

Skuespilleren John Cleese er bl.a. kendt for sin medvirken i Ministry of Silly Walk, (Ministry of Silly Walks - Monty Python's The Flying Circus, 2015). På dansk er silly walks blevet oversat til gakkede gangarter. Inspireret af John Cleese gakkede gangarter har Ole Baltersen sammen med elever på Tjørnegårdsskolen i Gentofte lavet en række LEGO robotter med gakkede robot gangarter, se videoer på (Gakkede robotgangarter, 2013).

For at få LEGO robotter til at lave gakkede gangarter skal der både bygges og programmeres. Programmeringsdelen er ikke så vanskelig, da det blot er motorstyring, som skal bruges, eventuelt kombineret med at få robotten til at sige lyde, altså handlingskommandoer. Derimod er der en udfordring i at montere motorer på kontrolenheden, så de ikke falder af under den gakkede gang. Derfor er udgangspunktet for denne aktivitet, at eleverne får udleveret en robotbase, som består af en NXT kontrolenhed påmonteret to motorer, som er forbundet til motorport B og C, Figur 5. Eleverne skal så bygge videre på denne base og monterer selvkonstruerede LEGO ben på motorerne. Når motorerne igangsættes roterer benene og det får tit robotbasen til at bevæge sig på uforudsigelige måder.

Aktiviteten starter med, at eleverne ser videoer med gakkede robotgangarter, se videoer på (Gakkede robotgangarter, 2013). Dernæst

<http://www.lom.dk>

vises robotbasen påmonteret simple ben, Figur 5. Så forbindes kontrolenheden til en computer og ved hjælp af programmeringsværktøjet på computeren forklares, hvordan et program med blot én kørekommando kan overføres til kontrolenheden og kan få motorerne til at dreje en omdrejning. Mere behøver eleverne ikke vide, så er de i gang.



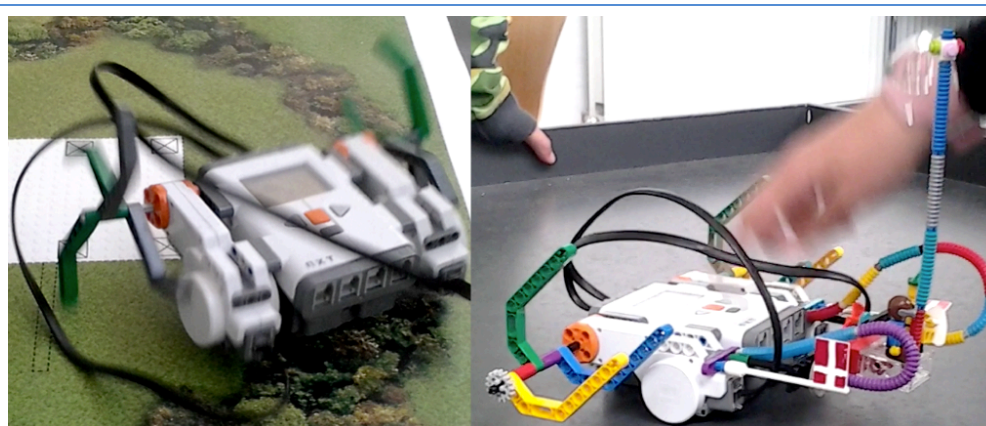
Figur 5. Robotbase til gakkede robotgangarter. Programmet vist under det monterede LEGO ben er en løkke, som bliver ved med at gentage de to kørekommandoer inde i løkken. Den første får de to motorer på port B og C til at dreje et antal gange den ene vej, den anden får de to motorer til at dreje det samme antal gange den anden vej. Det betyder, at robotbasen med ben bevæger sig frem og tilbage til kontrolenheden slukkes.

I løbet af en times tid myldrer robotter rundt på gulve og borde med gakkede robotgangarter, Figur 6. I starten er de byggede ben meget lig de, som eleverne fik vist, men gennem utallige eksperimenter opstår efterhånden et utal af måder benene kan bygges på. Der eksperimenteres med ben, som kan give voldsomme bevægelser, når motorerne sættes til at dreje med maksimal hastighed, Figur 6 til venstre. Og så arrangeres gakkede gangart robotkampe. Der sættes flag og LEGO figurer på robotbasen og så *eksperimenteres med udformningen af ben*, så robotten kan programmeres til at fejre fødselsdag med en koldbøtte, Figur 6 til højre.

Elevernes programmering udvikler sig også. I starten klares programmeringen af den kørekommando, som får motorerne til at dreje én omdrejning. Skal motorerne dreje flere omdrejninger, bliver der sat flere kørekommandoer efter hinanden i programmet. Efterhånden begynder eleverne at opdage, at der er tal i kørekommandoen, som bestemmer f.eks., hvor hurtigt motorerne drejer eller hvor mange omdrejninger motoren skal dreje og at de tal kan ændres. Eller de opdager, at der er et ikon, som bestemmer om motorerne drejer den ene eller den anden vej. Det sætter gang i *programmeringseksperimenterne*. De får ideer af hinandens programmer og en gang imellem skal de have lidt hjælp, f.eks. når behovet

opstår for at få de gakkede gangarter til at blive ved, vises, hvordan en løkke kan bruges til at gentage kørekommandoer, "just-in-time instruction", (Williams, D. , Ma, Y. , Prejean, L. , Ford, J. & Lai, G., 2007).

Aktiviteten afsluttes med, at robotterne vises frem én ad gangen. Til sidst tændes de alle, så de bevæger sig rundt imellem og ovenpå hinanden, næsten som krabber. Aktiviteten har været prøvet ned til 3.- 4. klasse, men også som introduktion til programmering for Digital Design studerende på Aarhus Universitet. Inspiration til aktiviteten, se (Gakkede robotgangarter, 2013).



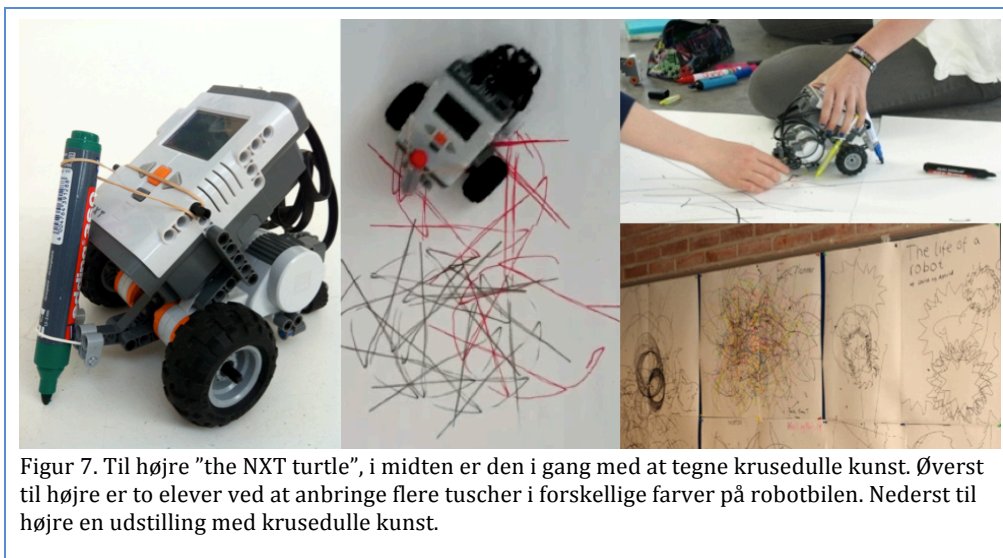
Figur 6. Til venstre en robot klar til kamp. Til højre en fødselsdagsfejningsrobot som kan slå en koldbøtte. Det kan ses på (Gakkede robotgangarter, YouTube, 2015).

Robot krusedulle kunst

På den standard robotbil, som kan bygges ud fra byggevejledningen for NXT byggesættet, (LEGO Mindstorms NXT, 2015), kan der monteres en tusch, Figur 7. Robotbilen kan så programmeres til at tegne f.eks. på et stykke papir på et gulv, ligesom "the floor turtle". Robotbilen med en tusch kan dog ikke programmeres til at tegne så nøjagtigt som "the floor turtle" bl.a. fordi tuschen ikke sidder ordentlig fast og gnider forskelligt mod underlaget under drej og ligeud kørsler. Robotbilen kan imidlertid programmeres til at tegne krusedulle kunst, Figur 8.

Aktiviteten starter med, at eleverne ser en robotbil med en tusch køre rundt på et stykke papir og tegne. Så forbindes kontrolenheden til en computer og ved hjælp af programmeringsværktøjet på computeren vises og forklares det program, som har styret robotbilen til at tegne, Figur 8 nederst til højre. Eleverne kommer nu med forslag til ændringer i programmet f.eks. så robotbilen kører længere i en kørekommando. Konsekvensen af en ændring ser eleverne straks ved en overførsel og igangsætning af det ændrede program på robotbilen.

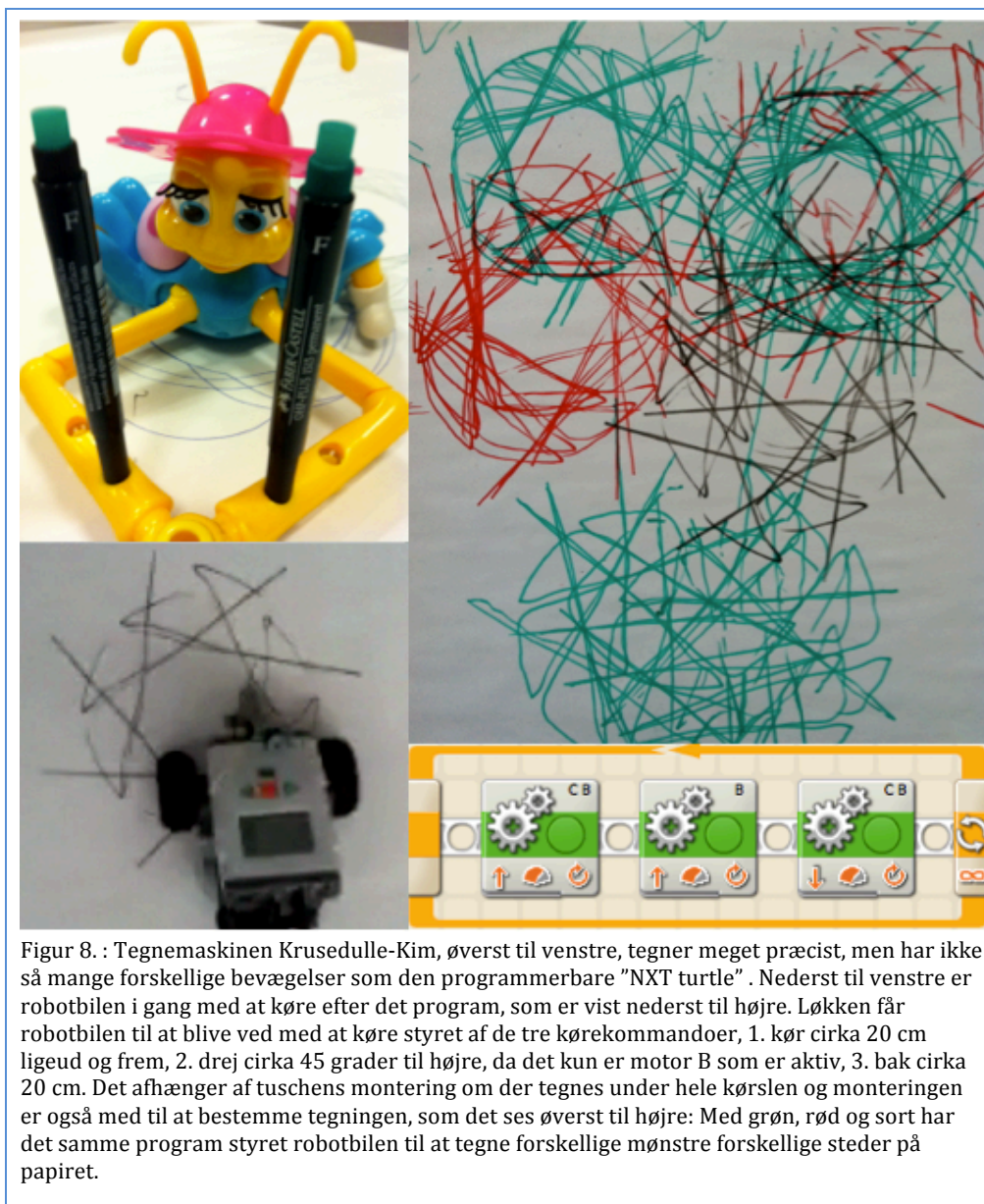
Eleverne får dernæst udleveret robotbiler, elastikker og tuscher. På de computere, som eleverne skal bruge, er programmeringsværktøjet startet med programmet fra Figur 8 klar til at blive ændret.



Figur 7. Til højre "the NXT turtle", i midten er den i gang med at tegne krusedulle kunst. Øverst til højre er to elever ved at anbringe flere tuscher i forskellige farver på robotbilen. Nederst til højre en udstilling med krusedulle kunst.

Inden eleverne går i gang aftales, at aktiviteten skal slutte med en udstilling af krusedulle kunstværkerne, Figur 7. Hvert kunstværk skal være forsynet med en titel, kunstnerens navne, værket må kun tegnes af robotbilen, robotbilen må startes og stoppes forskellige steder på papiret og endelig er det tilladt at klippe og klistre en collage af robottegninger. Som eksempel på et kunstværk vises tegningen øverst til højre i Figur 8 og eleverne bliver bedt om at sætte en titel på værket. Det kommer der fantasifulde titler ud af som "Et kræmmerhus med tre is kugler" eller "Fire tandhjul løber løbsk".

I starten ligner tusch monteringen og tegnemønstret det, som eleverne fik vist ved starten af aktiviteten. Efterhånden eksperimenteres med andre monteringer eller flere tuscher monteret forskellige steder på robotbilen, Figur 7. Programændringerne får tegnemønstrene til at udvikle sig i mange forskellige retninger, ofte meget overraskende for eleverne. Nogen elever bruger de tegninger, der viser sig under eksperimenterne, som udgangspunkt for de udstillede værker, andre elever forsøger at programmere robotbilen til at lave tegninger af ting de gerne vil have i værket, f.eks. blomster.



Figur 8. : Tegnemaskinen Krusedulle-Kim, øverst til venstre, tegner meget præcist, men har ikke så mange forskellige bevægelser som den programmerbare "NXT turtle". Nederst til venstre er robotbilen i gang med at køre efter det program, som er vist nederst til højre. Løkken får robotbilen til at blive ved med at køre styret af de tre kørekommandoer, 1. kør cirka 20 cm ligeud og frem, 2. drej cirka 45 grader til højre, da det kun er motor B som er aktiv, 3. bak cirka 20 cm. Det afhænger af tuschens montering om der tegnes under hele kørslen og monteringen er også med til at bestemme tegningen, som det ses øverst til højre: Med grøn, rød og sort har det samme program styret robotbilen til at tegne forskellige mønstre forskellige steder på papiret.

Aktiviteten afsluttes med at værkerne hænges op og eleverne fortæller hinanden om deres værker. Foran de ophængte værker rundes af med en samtale om hvad forskellen er på "NXT turtle" og tegnemaskinen Krusedulle-Kim, Figur 8, (Krusedulle-Kim, 2015), som mange elever kender. Under en sådan samtale viser det sig ofte, at eleverne har en ganske fornuftig forestilling om hvad det vil sige, at "NXT turtle" er programmerbar. Aktiviteten har været prøvet ned til 3.- 4. klasse og op til 8.- 9. klasser. De sidste prøvede bl.a. at montere en lydsensor på "NXT turtle", så robotbilen kunne programmeres til at tegne en tegning styret af klapyrmer eller musik. For inspiration til aktiviteten se (Fri tegning - krusedule kunst, 2012).

Robotdyr

I forbindelse med projektet "Opfind dit eget legetøj", (Caprani, O. & Thestrup, K., 2010), skulle elever konstruere legetøj ud fra elektronikskrot og brugt/kasseret legetøj. Det viste sig i projektet, at eleverne blev meget inspireret til at opfinde ved at rode i kasser med elektronikskrot og brugt/kasseret legetøj.

Udgangspunktet i aktiviteten robotdyr er også kasser med brugt/kasseret legetøj, især tøjdyr, Figur 9. Hoveder, haler eller ben fra tøjdyrene kan bruges til at konstruere et robotdyr ved at sætte delene fast på et "robotdyreskelet", en LEGO NXT robot, Figur 9. For at få robot dyret til ikke kun *at ligne et dyr*, men også *opfører sig som et dyr*, skal robotten programmeres. I første omgang klares det med handlingskommandoer som kørekommandoer og især sig-lyd-kommandoer. Senere kan robotdyreskelettets afstandsmåles bruges som "øjne", så robotdyret enten angriber eller flygter, når afstandsmåleren registrerer en genstand mindre end f.eks. 30 cm foran robotten: "Robotdyret ser noget".

Aktiviteten starter med, at eleverne ser robotdyreskelettet bevæger sig samtidig med, at det holder pauser i bevægelserne og siger lyde. Bagefter forklares programmet med de kørekommandoer og sig-lyd-kommandoer, som blev brugt. Eleverne kommer nu med forslag til rettelser i programmet og især sig-lyd-kommandoen bliver prøvet med mange forskellige lyde. Afstandsmåleren omtales ikke i starten.

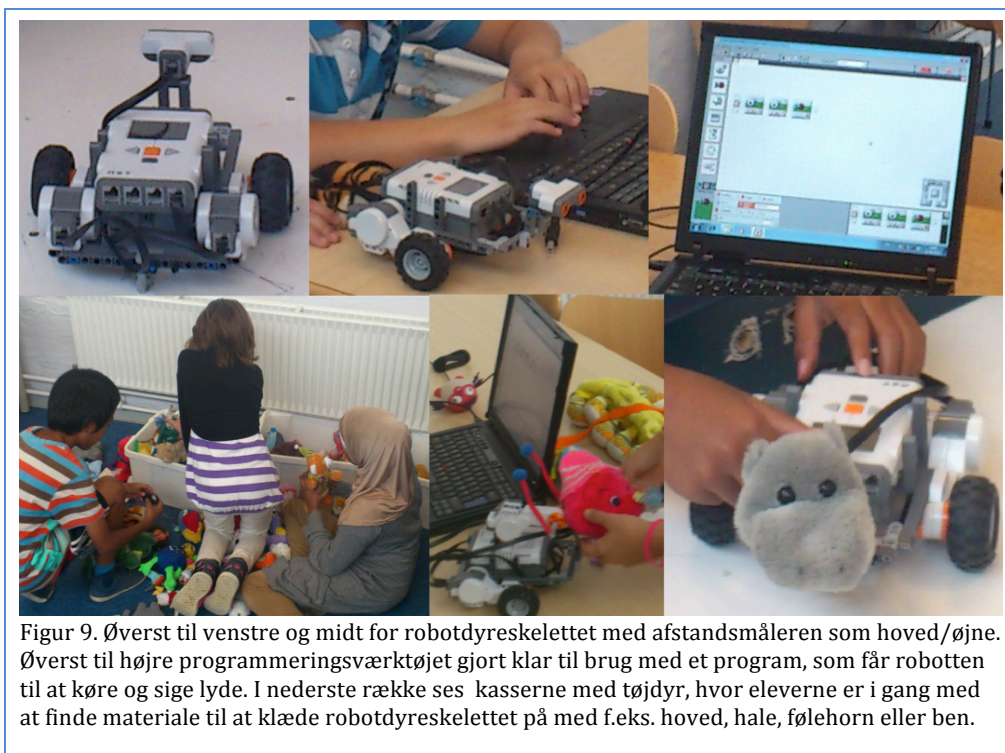
Eleverne får dernæst udleveret robotdyreskeletter og får adgang til kasser med tøjdyr. På de computere, som eleverne skal bruge, er programmeringsværktøjet startet med det forklarede program klar til at blive ændret.

I starten er udgangspunktet for de fleste elever kasserne med tøjdyr. Det er ved kasserne ideer opstår til de dyr eleverne begynder at lave. Nogen elever startede dog med at eksperimentere med lydene. Efter at have fundet den eller de lyde, som deres dyr skulle sige, gik de i gang med at finde tøjdyrdele der passede til lydene.

Når eleverne begynder at spørge til afstandsmåleren, forklares, at afstandsmåleren kan bruges til at registrere ting foran robotdyret. Eleverne får vist, hvordan robotdyret kan programmeres til at standse i bevægelsen, når afstandsmåleren registrerer en ting mindre end f.eks. 30 cm foran robot dyret, "just-in-time instruction", (Williams, D. , Ma, Y. , Prejean, L. , Ford, J. & Lai, G., 2007). Når robotdyret er standset, kan robotdyret programmeres til f.eks. at sige en overrasket/bange lyd og så flygte ved at bakke og dreje.

Elevernes engagement og vedholdenhed er tydeligt drevet af deres ønske om at skabe et robotdyr, ikke deres optagethed af at undersøge <http://www.lom.dk>

programmering, motorer eller sensorer. Eleverne optræder altså det meste af tiden som "little storytellers", (Bers, 2008). Undervejs optræder eleverne imidlertid også som "little engineers", når de eksperimenterer med motorhastigheder, antal omgange motorerne skal dreje eller tærskelværdier for afstandsregistrering. I rollen som "little engineers" finder nogen elever ud af, at der kan sættes en tredje motor til NXT kontrolenheden og at en tredje motor kan bruges til at bevæge f.eks. robot dyrets hale. Med lidt hjælp bliver en tredje motor monteret og programmeret.



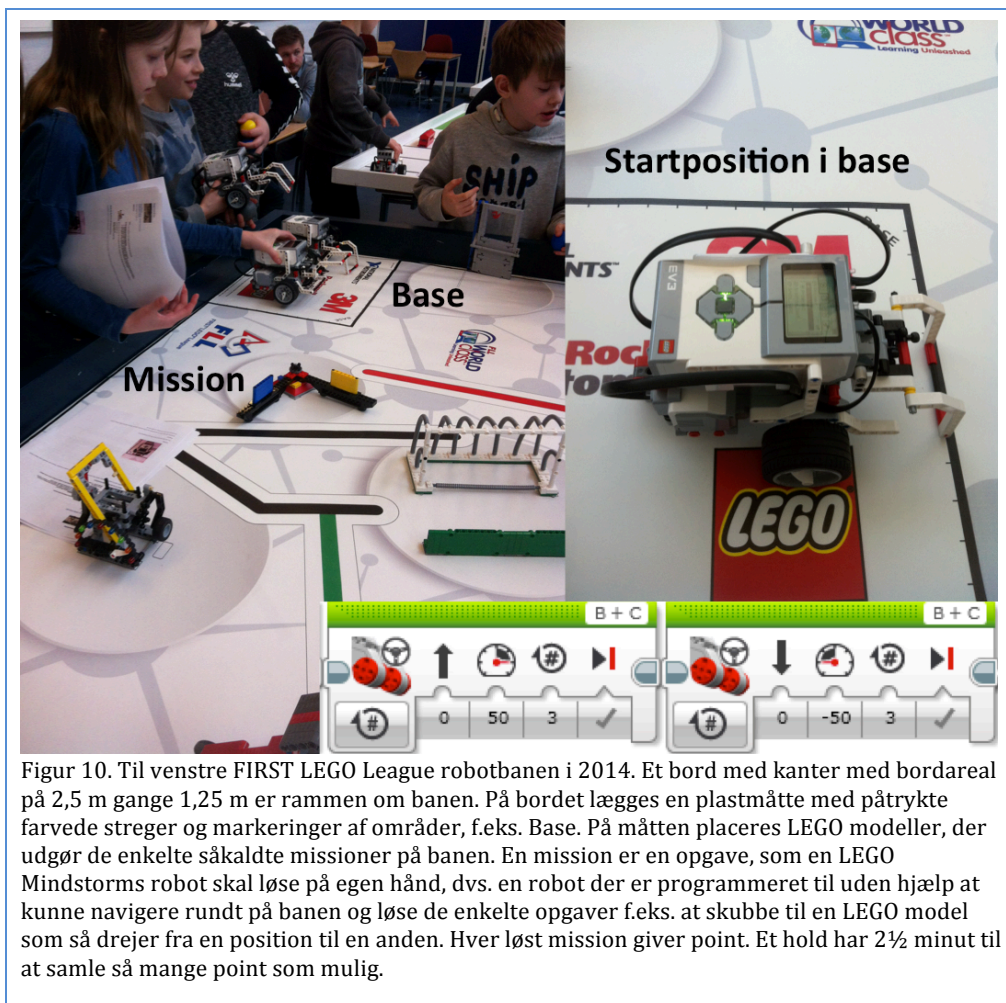
Figur 9. Øverst til venstre og midt for robotdyreskelettet med afstandsmåleren som hoved/øjne. Øverst til højre programmeringsværktøjet gjort klar til brug med et program, som får robotten til at køre og sige lyde. I nederste række ses kasserne med tøjdyr, hvor eleverne er i gang med at finde materiale til at klæde robotdyreskelettet på med f.eks. hoved, hale, følehorn eller ben.

Aktiviteten slutter med, at robotdyrene vises på en stor bordplade med kanter, se videoer på (Robotkæledyr, 2014) og få inspiration til aktiviteten. Aktiviteten har været prøvet med 3.- 4. klasser.

Robot konkurrence: FIRST LEGO League

En del af FIRST LEGO League, (FIRST LEGO League, 2015), er en robotkonkurrence, hvor de deltagende hold med elever fra 10-16 år, skal bygge og programmere en LEGO Mindstorms robot til at løse såkaldte missioner på en robotbane, Figur 10. For hver løst mission får holdet point og det hold, som indenfor tidsgrænsen på 2½ minut får flest point, har vundet. Hvert år offentliggøres en ny bane med nye missioner og efter en periode på typisk et par måneder afholdes konkurrencen. I Skandinavien skete offentliggørelsen i år 12. september og der blev afholdt regionale finaler i knap 50 byer 7. november, (FIRST LEGO LEAGUE i Skandinavien, 2015).

<http://www.lom.dk>

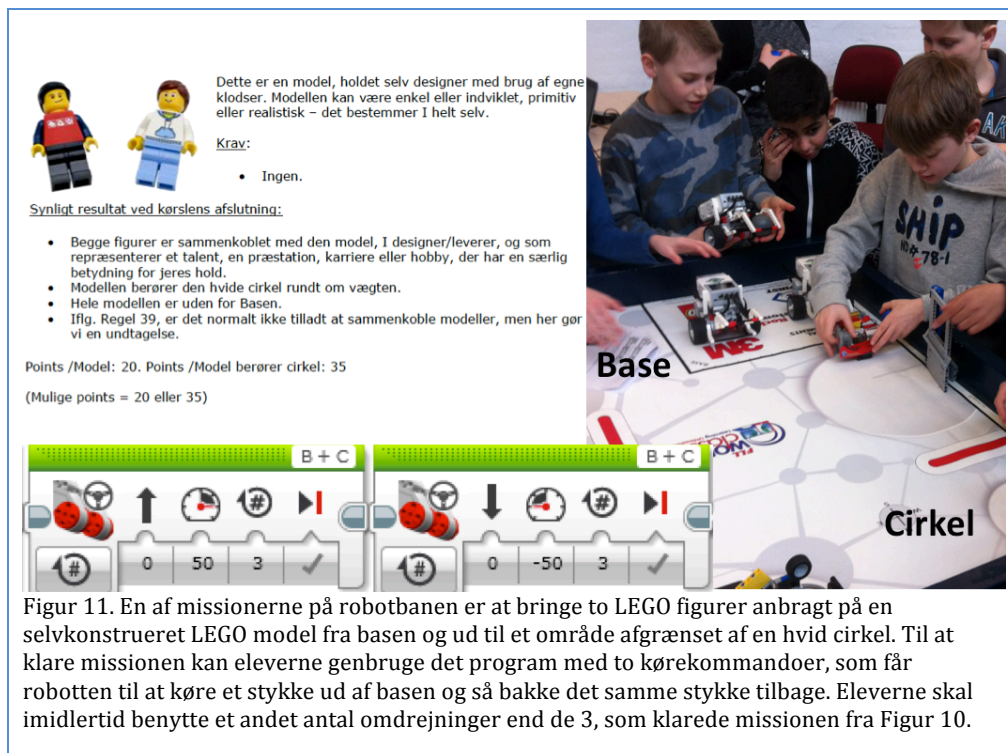


Figur 10. Til venstre FIRST LEGO League robotbanen i 2014. Et bord med kanter med bordareal på 2,5 m gange 1,25 m er rammen om banen. På bordet lægges en plastmåtte med påtrykte farvede streger og markeringer af områder, f.eks. Base. På måtten placeres LEGO modeller, der udgør de enkelte såkaldte missioner på banen. En mission er en opgave, som en LEGO Mindstorms robot skal løse på egen hånd, dvs. en robot der er programmeret til uden hjælp at kunne navigere rundt på banen og løse de enkelte opgaver f.eks. at skubbe til en LEGO model som så drejer fra en position til en anden. Hver løst mission giver point. Et hold har 2½ minut til at samle så mange point som mulig.

For at få point og helst mange, skal holdene bygge og programmere en robot, men holdene skal også øve sig i at stå ved banen på finaledagen og betjene robotten under tidspres. Især det sidste kommer bag på holdene og resultatet er, at holdene forhaster sig og f.eks. placerer robotten forkert ved start af en kørsel, vælger forkerte programmer eller fumler tiden væk under montering af LEGO byggede redskaber på robotten. I denne aktivitet kan elever først og fremmest øve sig i at få point under tidspres, men eleverne kan også komme i gang med at bygge og programmere.

Aktiviteten starter med, at eleverne ved bordet får forklaret ideen bag konkurrencen, banen og enkelte missioner. Så ser de en robot blive placeret på en startposition i basen, Figur 10. Et program på robotten startes, så robotten løser en af de simple missioner på banen: Robotten kører frem og skubber en "arm" på en LEGO model fra en position til en anden og robotten bakker tilbage til basen. Robotten må ikke røres før den er tilbage i basen igen, det giver strafpoint. Dernæst vises programmeringsværktøjet og programmet med de to kørekommandoer forklares, Figur 10.

Som første del af aktiviteten skal eleverne øve sig i at få point under tidspres. De får udleveret en færdigbygget robot, computeren er klar med programmeringsværktøjet startet og tre programmer, som løser tre missioner på banen. De får udleveret et hæfte, som forklarer de tre missioner, viser startpositionerne for robotten for hver mission og forklarer de tre programmer, som skal bruges i de tre missioner. Hæftet kan lige anes under armen på en elev, Figur 10. Efter en halv times tid konkurreres som på finaldagen. Resultatet er ofte, at der fumles ganske meget og der opnås ikke ret mange point.



Dette er en model, holdet selv designer med brug af egne klodser. Modellen kan være enkel eller indviklet, primitiv eller realistisk – det bestemmer I helt selv.

Krav:

- Ingen.

Synligt resultat ved kørsels afslutning:

- Begge figurer er sammenkoblet med den model, I designer/leverer, og som repræsenterer et talent, en præstation, karriere eller hobby, der har en særlig betydning for jeres hold.
- Modellen berører den hvide cirkel rundt om vægten.
- Hele modellen er uden for Basen.
- Iflg. Regel 39, er det normalt ikke tilladt at sammenkoble modeller, men her gør vi en undtagelse.

Points /Model: 20. Points /Model berører cirkel: 35
(Mulige points = 20 eller 35)

Base

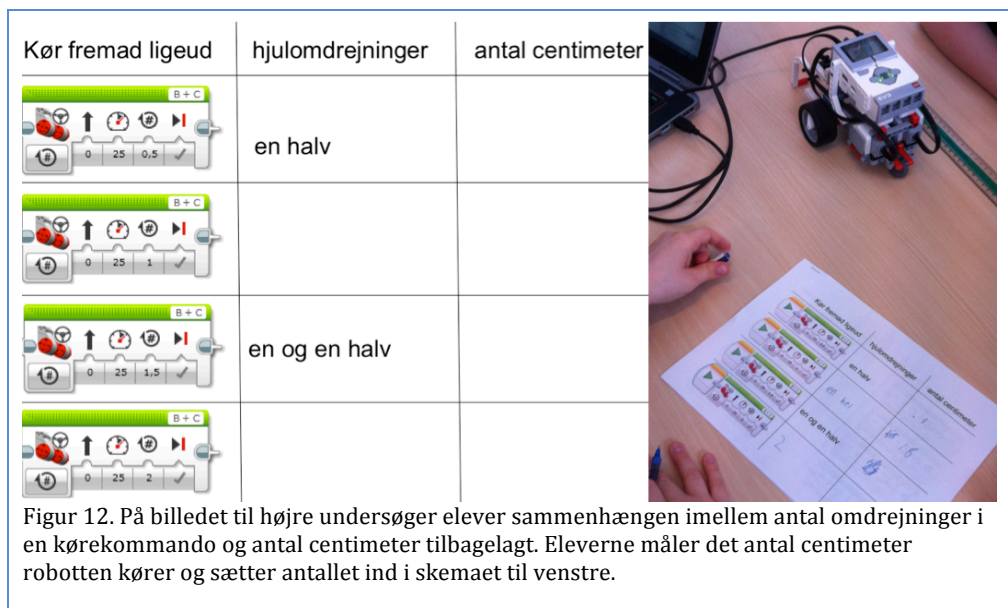
Cirkel

Figur 11. En af missionerne på robotbanen er at bringe to LEGO figurer anbragt på en selvkonstrueret LEGO model fra basen og ud til et område afgrænset af en hvid cirkel. Til at klare missionen kan eleverne genbruge det program med to kørekommandoer, som får robotten til at køre et stykke ud af basen og så bakke det samme stykke tilbage. Eleverne skal imidlertid benytte et andet antal omdrejninger end de 3, som klarede missionen fra Figur 10.

Det eleverne prøver i denne første del af aktiviteten er at selv med en færdig bygget og programmeret robot, har omgivelserne stor indflydelse på robotens kørsel, specielt robotens startpositionen.

Efter den første konkurrencekørsel får eleverne en mission, hvor de både skal bygge og programmere. Inden eleverne bliver sluppet løs på at programmere den nye mission, bliver de bedt om at lave en lille øvelse, hvor eleverne undersøger sammenhængen imellem antal omdrejninger angivet i en kørekommando og det antal centimeter robotten kører. Undersøgelsen udføres ved at eleverne udfylder et skema, som vist i Figur 12. Ved at lave øvelsen er det lidt lettere for de fleste elever at prøve sig frem med forskellige antal omdrejninger i programmet fra Figur 11, når den nye missionen skal løses. Samtidig blev øvelsen brugt til at lade eleverne prøve, hvornår robotten kører nøjagtigt og unøjagtigt afhængig af

hastigheden. Stor hastighed, stor unøjagtighed; ved små hastigheder kører robotten mere nøjagtigt.



Efter øvelsen og arbejdet med den nye mission forklares om endnu en mission, de kan prøve kræfter med og der bliver fastsat et tidspunkt, hvor den næste og sidste konkurrencekørsel skal foregå.

Ved den afsluttende konkurrence går det overraskende godt. Flere af holdene får det maksimale antal point for de missioner, de har skullet arbejde med og et højere pointtal end mange af de hold, som stiller til de regionale finaler. Så noget har holdene da lært af den første kørsel.

Beskrivelse af 2014 FIRST LEGO League konkurrencen, byggevejledninger og programmer til at løse et antal missioner, se (FIRST LEGO League, World Class, 2014), hvor der også er inspiration til aktiviteten. Aktiviteten har været prøvet med de aldersgrupper, som må deltage i FIRST LEGO League, dvs. 4. – 10. klasse.

Konklusion

De udviklede læringsaktiviteter er resultatet af mange års erfaring med, hvordan besøgende elever arbejder med og forstår robotter. Når der bruges temaer, som f.eks. robotdyr, i stedet for traditionelle robotopgaver, som at bygge og programmere en LEGO Mindstorms robot til at følge kanten af en sort streg, skyldes det, at en traditionel robotopgave ofte kun får en lille del af eleverne til at engagere sig. De andre kan ikke se meningen med opgaven. I aktiviteten med robotdyr ser det ud til, at alle elever engagerer sig, nogen starter med at rode i kasserne med tøjdyr, andre starter med at eksperimentere med programmering, men i sidste ende har alle medvirket til skabelsen af de robotdyr, der vises frem til sidst i

<http://www.lom.dk>

aktiviteten. En tilsvarende erfaring er bl.a. beskrevet i (Rusk, N., Resnick, M., Berg, R. & Pezalla-Granlund, M., 2008), hvor det rapporteres, at brugen af temaer og materialer som tøjdyr "*can engage young people with diverse interests and learning styles*".

De fire beskrevne aktiviteter engagerer uden tvivl eleverne. Det er i hvert fald hvad de deltagende lærere og pædagoger bemærker. Aktiviteterne er motiverende og spændende for eleverne og de har det sjovt. *Men hvad lærer de?*

Først og fremmest er der nogen elever som viser, at de har lært noget konkret, f.eks. når en 4. klasses elev efter at have udfyldt tabellen fra Figur 12 med tallene 9 cm, 18 cm, 27 cm og 36 cm, som de strækninger robotten har kørt ved $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$ og 2 omdrejninger af hjulene, udbryder: "Ja, men det er jo 9-tabellen". Hos andre elever er det måden de prøver sig frem og eksperimenterer f.eks. med programmeringsændringer, som viser, at de gradvist opnår en forståelse af de enkelte kommandoers virkning på robotens opførsel, ja i det hele taget konkret erfarer de tre faktorer en robots opførsel er bestemt af.

Samtidig har eleverne erfaret, at robotter gør noget på egen hånd, nemlig det som er fastlagt af programmet. Gang på gang gør robotten noget eleverne ikke havde ventet og så finder de ud af, hvorfor robotten gjorde som den gjorde og retter programmet. Endelig kan det høres af de samtaler eleverne har undervejs, at de bruger ord som robot, motorer, program og kommandoer med en konkret, situationsbestemt forståelse. I forbindelse med afholdelse af de fire aktiviteter har der dog ikke været gjort noget forsøg på at svare mere systematisk på spørgsmålet om, hvad eleverne konkret lærer i de fire aktiviteter.

Udbyttet af aktiviteterne kan imidlertid også betragtes ud fra den synsvinkel, at eleverne ved at deltage lærer at benytte "tinkering" som arbejdsform f.eks. når de skal opnå en fortrolighed med ny teknologi som robotter. Gennem eksperimenter får eleverne svar på hvad-nu-hvis spørgsmålene og eleverne prøver sig frem igen og igen for at finde svar eller løsninger. Denne tilgang er ikke kun nyttig i en læringsaktivitet, men også en lødig og værdifuld tilgang til at opnå fortrolighed med ny teknologi eller naturvidenskabelige fænomener (Resnick, M., & Rosenbaum, E., 2013).

I (Petrich, M., Wilkinson K., & Bevan, B., 2013) argumenteres for, at arbejdsformen "tinkering" er den ingeniører og naturvidenskabsfolk benytter i faser af deres arbejde. De beskriver, hvordan det er muligt for besøgende at stifte bekendtskab med denne arbejdsform i "*the Tinkering Studio, a dedicated "making" space in the San Francisco Exploratorium*". Når (Petrich, M., Wilkinson K., & Bevan, B., 2013) bliver stillet spørgsmålet "*It looks like fun, but are they learning?*" svarer forfatterne i deres artikel med <http://www.lom.dk>

at beskrive, at det fælles, som de besøgende lærer er arbejdsformen "tinkering", ikke konkrete teknologiske eller naturvidenskabelige begreber.

Og sådan kan der vel også svares på spørgsmålet om hvad eleverne lærer ved at deltage i en af de fire læringsaktiviteter.

Litteratur

- Bers, M. (2008). Engineers and storytellers - Using robot manipulatives to develop technology fluency in early childhood. I O. S. Spodek, Contemporary Perspectives on Science and Technology in Early Childhood Education. (s. 105-125). Charlotte, NC:: Information Age Publishing.
- Caprani, O. & Thestrup, K. (2010). Det eksperimenterende fællesskab - Børn og voksnes leg med medier og teknologi. Læring & Medier.
- Danahy, E., Wang, E., Brockman, J., Carberry, A., Shapiro, B. & Rogers, C. (2014). LEGO-based Robotics in Higher Education: 15 Years of Student Creativity. International Journal of Advanced Robotic Systems , 11 (27).
- Erwin, B., Cyr, M., & Rogers, C. (2000). LEGO engineer and roboLab: Teaching engineering with LabVIEW from kindergarten to graduate school. International Journal of Engineering Education.
- FIRST LEGO League. (2015). Wikipedia.
- FIRST LEGO LEAGUE i Skandinavien. (2015). Hentet fra <https://hjernekraft.org/steder.aspx>
- FIRST LEGO League, World Class. (2014). <http://www.legolab.cs.au.dk/Danish.dir/FLL2014/index.html> .
- Fri tegning - krusedule kunst. (2012). <http://www.legolab.cs.au.dk/Danish.dir/drawWithNXT/kunst/index.html>.
- Gakkede robotgangarter. (2013). <http://www.legolab.cs.au.dk/Danish.dir/GakkedeGangarter/index.html>.
- Gakkede robotgangarter, YouTube. (2015). <https://www.youtube.com/watch?v=Ry2jogtOYqY&feature=youtu.be>.
- Krusedulle-Kim. (2015). Fætter-Br.
- LEGO Mindstorms. (2015). Wikipedia.
- LEGO Mindstorms EV3. (2015).
- LEGO Mindstorms NXT. (2015). Wikipedia.
- Logo (Programming language). (2015). Wikipedia.

- Martin, F. , Mikhak, B., Resnick, M., Silverman, B., & Berg, R. (2000). To Mindstorms and beyond - Evolution of a construction kit for magical machines.
- Ministry of Silly Walks - Monty Python's The Flying Circus. (2015). YouTube.
- Papert, S. & Solomon, C. (1972). Twenty things to do with a computer. Educational Technology Magazin , s. 9-18.
- Petrich, M., Wilkinson K., & Bevan, B. . (2013). It looks like fun, but are they learning? . (M. H. Kanter, Red.)
- Resnick, M. (1993). Behavior construction kit. CACM , 37 (7).
- Resnick, M. (1990). MultiLogo: A study of children and concurrent programming. Interactive Learning Environments.
- Resnick, M., & Rosenbaum, E. (2013). Designing for Tinkerability. I M. & Honey, Design, Make, Play: Growing the Next Generation of STEM Innovators (s. 163-181). Routledge.
- ROBOFUN. (2015). robofun.org.
- Robotkæledyr. (2014).
<http://www.legolab.cs.au.dk/Danish.dir/RobotPets/index.html>.
- Rusk, N., Resnick, M., Berg, R. & Pezalla-Granlund, M. (2008). New pathways into robotics: Strategies for broadening participation. Journal of Science Educational Technology , s. 59-69.
- Williams, D. , Ma, Y. , Prejean, L. , Ford, J. & Lai, G. (2007). Acquisition of Physics Content Knowledge and Scientific Inquiry Skills in a Robotics Summer Camp. Journal of Research on Technology in Education.
- World Robot Olympiad. (2015). Wikipedia.