

# Robotdidaktik

*– læringsrobotter som indhold i undervisningen*

## Jens Jørgen Hansen

*Lektor*

Institut for Design og Kommunikation, Syddansk  
Universitet.



## Abstract

Robotter er en teknologi som i disse år bevæger sig ind i skolen. Spørgsmålet er med hvilken didaktisk begrundelse og dermed læringsmæssig relevans man kan arbejde med robotter i skolen? Hvorfor skal eleverne beskæftige sig med robotter? Dette spørgsmål er en opgave for didaktikken at svare på, hvilket sætter robotdidaktik på didaktikkens landkort. I artiklen undersøges en række didaktiske designs fra projektet Fremtek, hvor lærere bl.a. har eksperimenteret med at udvikle undervisningsforløb med humanoidrobotter – en slags læringsrobotter - som omdrejningspunkt (Majgaard 2014). Robotters funktion som indhold i disse didaktiske design analyseres ud fra Frede V. Niensens fire indholdskategorier: indhold som fænomen, som realia og kontekst, som aktivitet og metode og som personlig og social erfaringsfelt. Målet er at udvikle en kritisk og kreativ refleksion over og diskussion af robotteknologi som mål og middel i skolen og andre uddannelsesinstitutioner og bidrage til udvikling af en robotdidaktik, der kan støtte og vejlede undervisere i at foretage didaktiske valg og kvalificere eksperimenter med robotter i undervisningen.

## Abstract English

Robot technology has in recent years moved into the public school. The question is why it is relevant to work with robots in the school and what is the learning outcome? Why should students deal with robots? This question is the task of didactics to answer, putting robot didactics on the line. This article examines a number of pedagogic designs of the project Fremtek where teachers have experimented with developing courses with humanoid robots, a kind of educational robots (Majgaard 2014). Robots' function as educational content is analyzed with Frede V. Nielsen's four educational content categories: Educational content as a phenomenon, as a context, as activity and methodology, and as a personal and social experience field. The goal is to develop a critical and creative reflection on and discussion of robotics as a goal and a means in schools and other educational institutions. Furthermore to contribute to the development of a robotic didactics that can support and guide teachers in making pedagogical choices and qualify experimenting with robots in the classroom.

## Læringsrobotter i skolen – en didaktisk udfordring

Udviklingen af robotteknologier i produktion, hverdagsliv og læring er under hastig udvikling og derfor kan en indkredsning af en robotdidaktik kun blive begyndelsen til en fortsat beskrivelse og refleksion om, hvorfor og hvordan robotteknologier skal indgå i skolens undervisning. Grundlæggende er der et behov for at udvikle en kritisk og kreativ

refleksion over og diskussion af robotteknologi som mål og middel i skolen og andre uddannelsesinstitutioner.

Artiklen bygger på erfaringer med projektet *Fremtek* (Fremtidens teknologier) initieret af Inero Science Akademi Horsens. Fremtek er et udviklings- og forskningsprojekt, hvor en række skoler og lærere i samarbejde med forskere fra Syddansk Universitet har arbejdet med at udvikle didaktiske design og eksperimenter med fremtidens teknologier som 3D-printere og humanidrobotter (Majgaard 2014). Projektets overordnede mål er at afsøge nye veje i skolernes læringslandskab ved at fremme en undervisning, der eksperimenterer med nye teknologier og afprøver nye læringsformer.

Formålet med denne artikel er at indkredse robotter som indholdskategori i undervisningen, herunder diskutere med hvilken pædagogisk begrundelse man kan arbejde med robotter i undervisningen. Sigtet er, at bidrage til udvikling af en robotdidaktik, der kan støtte og vejlede undervisere i at foretage didaktiske valg og kvalificere eksperimenter med robotter i undervisningen. Det didaktiske spørgsmål er, hvordan robotter kan være indhold (og mål) i undervisningen og hvordan et sådant indhold (og mål) kan begrundes?

Spørgsmålet om robotter som indhold afhænger af flere elementer. For det første hvilket fag arbejdet med robotter indgår i. Et fag er karakteriseret ved et særegent blik på verden og sigter mod at elevens møde med og brug af faget kan udvikle relevant viden, færdigheder og kompetencer. For det andet, hvilken type robotteknologi, der arbejdes med og hvad dens iboende funktionalitet er. For det tredje lærerens faglige målsætning med forløbet: hvad skal eleverne lære?

Når robotter indgår i undervisningen får de en funktion som læremiddel. Mubin (2013) definerer "educational robots", som kan oversættes til læringsrobotter, som en læringsteknologi, der har som formål at facilitere læring og forbedre læringsmæssig performance. Danske skoler har igennem flere år arbejdet med den type robotter, som man kan kalde "robot kit", som fx LEGO Mindstorms, som eleverne både kan designe, konstruere og programmere. Robot kits er en forholdsvis etableret robotteknologi i undervisningen med udbud af kurser og undervisningsmaterialer og afholdelse af robotturneringer (First Lego League), hvor elever konkurrerer om design, konstruktion og programmering af den type robotter. Humanidrobotter er en ny type robotter, som er karakteriseret ved at have menneskelige træk, de kan interagere og indgå i sociale omgivelser og kan tale og udføre kropslig gestik. (Dautenhan 2007). Det er den sidste type robotter, humanidrobotten, som i det følgende har været den primære genstand for didaktiske eksperimenter.

Et af didaktikkens formål er at undersøge og begrunde, hvad undervisningens indhold er. Den danske professor i didaktik Frede V. Nielsen hævder at (fag)didaktikkens grundspørgsmål er: "Hvad er det, der er væsentlig(s)t at lære og derfor at undervise i og hvorfor?" (Nielsen 2011, 10). Nielsen karakteriserer og grupperer her indholdsbegrebet i fire felter:

- fænomen-feltet: objekter, genstande, symbolske udtryk, tekster, dokumenter og deres egenskaber
- realia- og kontekstfeltet: sagsforhold, begivenheder, omstændigheder ved, diskurser om, sammenhænge vedrørende (fx historiske, sociologiske, psykologiske)
- det faglige aktivitets- og metodefelt: fx at producere, reproducere, percipere, fortolke, reflektere
- det personlige og sociale erfaringsfelt: erfaringer, oplevelser, samarbejde, identitetsdannelse, flow

Disse fire indholdskategorier er ifølge Nielsen indbyrdes forbundne og kan stå i et funktionelt forhold til hinanden. Det vil sige at man kan vælge én af dem som fokus og styrende for undervisningens målsætninger mens de øvrige optræder i et understøttende forhold til den overordnede kategori. De fire kategorier bruges i det følgende som optikker for en didaktisk analyse af en række didaktiske design, forstået som "undervisningsplaner" (Hansen 2012, 31, se også Dohn & Hansen 2016a), hvor lærere i 10 skoler har eksperimenteret med at integrere robotter i undervisningen. Artiklen vil afdække robotter som indholdsprofil og diskutere deres funktion som indholdskategori og dermed også deres læringspotentialer. Bestemmelsen af robotters indholdsprofil tager udgangspunkt i de konkrete didaktiske forløb, og deres bestemmelse af robotten som indholdskategori. Ved at udpege robotternes indholdsprofil er sigtet at kvalificere robotdidaktik, dvs. vejlede og støtte lærere i at planlægge, eksperimentere med og begrunde undervisning med robotter som omdrejningspunkt og skærpe lærerens forståelse af robotters kvalitet som drivkraft i elevernes læreprocesser. Denne tilgang til didaktisk udvikling er inspireret af den tyske didaktiker Heimann, som er fadder til den læreteoretiske didaktik (Heimann 1976). Ifølge Heimann skal didaktikken hjælpe lærerne i deres daglige undervisning og samtidig give et perspektivisk blik på hele opdragelses- og undervisningsprocessen. Didaktikken skal kunne anvendes operativt og have forbindelse til og betydning for en praktisk virkelighed. Didaktikken må hele tiden undersøge forholdet mellem teori og praksis, fordi det er dette forhold, der bestemmer formen og indholdet i den didaktiske teori. Derfor må en didaktisk teoriudvikling tilpasse sig den proceskarakter, der ligger i undervisnings-, lærings- og dannelsesprocesser, samtidig med at teoriudviklingen selv må tage en proces-form, dvs. hele tiden iagttage og udvikle sig selv. Der gives derfor ikke nogle statistiske teorier, kun

teoretiske processer, hvilket åbner for didaktikkens eksperimentelle karakter:

”Das Grundverhalten des theoretisch gesteuerten Didaktikers muss also prinzipiell ein *experimentelles* sein.”

(Heimann 1976, 149).

---

Udvikling af en robotdidaktik må i forlængelse af Heimanns didaktik derfor også bygge på praktiske eksperimenter, hvilket har været omdrejningspunktet i Fremtek-projektet.

## Fremtek-projektet – systematiske eksperimenter med fremtidens teknologier

Robotteknologier som fx humanid-robotten NAO er for lærere og elever nye eksotiske og fremmede læremidler, der giver mulighed for nye former for undervisning og læringsaktiviteter. De nye læremidler repræsenterer for mange lærere en både teknisk og didaktisk udfordring, fordi de både skal sætte sig ind i læremidlet og undersøge, hvad det kan og efterfølgende planlægge et fagligt og meningsfuldt undervisningsforløb. Udfordringen forstærkes af, at ikke bare er læremidlerne nye og lærerne har ikke stærke undervisningsmæssige erfaringer at trække på, der findes heller ikke instruktive og gennemprøvede undervisningsforløb, faglige vejledninger og lærebøger, som kan støtte lærerens planlægning og gennemførelse af undervisning med de nye læremidler. Lærerne er pionerer ud i arbejdet med at undersøge og eksperimentere med de eksotiske læremidlers muligheder og potentialer. Det betyder, at undervisning med disse innovative læremidler bliver et særligt eksperiment og et didaktisk projekt, der kræver særlig detaljeret og refleksiv planlægning og forberedelse.

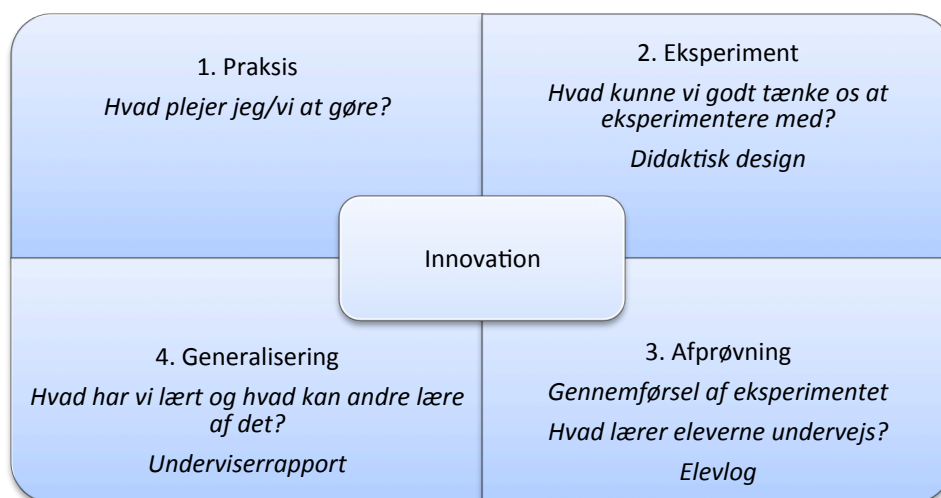
Fremtek-projektet har som del af konceptet arbejdet på at styrke lærernes undervisning i og med nye læremidler som NAO-robotter. Projektets udviklingskoncept består af fem trin:

- teknisk introduktion
- didaktisk planlægning
- praktisk forløb
- evaluerende opsamling
- brugergenereret videndeling

Den tekniske introduktion og didaktiske planlægning foregår på et to-dages introduktionsforløb. I det tekniske kursusforløb på dag 1 får lærere sammen med udvalgte elever fra lærerens skole en grundlæggende introduktion i hvad en humanidrobot er og hvordan teknologien fungerer. De deltagende elever uddannes til assistenter for læreren i undervisningen. På dag 2 arbejder lærerne i et didaktisk værksted med at udforme

undervisningsforløb, såkaldte didaktiske design, hvori teknologier sættes ind i et konkret didaktisk forløb. Undervisningsforløbet kan være rene faglige forløb i fysik, dansk, matematik, natur/teknik, engelsk osv. eller kan bestå af tværfaglige forløb og projektuger, hvor flere lærere samarbejder om at udforme fælles undervisningsforløb. Det kendetegnede for alle undervisningsforløbene er, at de udformes på grundlag af grundigt gennearbejdet didaktisk planlægning med udgangspunkt i fagenes fælles mål. Herefter afprøver læreren de didaktiske design i konkrete undervisningsforløb. Samtidig med afprøvningen evaluerer og opsamler læreren information om undervisningens og læringens kvaliteter og giver en samlet tilbagemelding om kvaliteten af de gennemførte undervisningsforløb i form af en evaluering. Læreren forløb og evalueringer samles endelig i en Wiki, der både dokumenterer og bidrager til at formidle erfaringerne med brugen af nye teknologier i undervisningen. Wikien er således et eksempel på en brugergeneret videndeling om projektets resultater og pædagogiske muligheder.

Ovenstående forløb er struktureret efter den didaktiske innovationsmodel, som er inspireret af Fire Feltmodellen (Helms 2009), ELYK-modellen (Gynther 2010) og generelt forskningstilgangen *Design Based Research* (Cobb 2003; Wang 2005):



Model: Didaktisk innovationsmodel

Modellen anskueliggør fire faser i en didaktisk innovationsproces. Den første fase er *Praksis*. En lærers praksis er kendetegnet ved at der foregår bestemte lærings- og undervisningsaktiviteter baseret på lærerens *praksisteori*. En lærers praksisteori er et sammensat system af lærerens viden, erfaringer og værdier (Handal og Lauvås 2006). Den afspejler lærerens undervisningsmæssige rutiner, erfaringer og holdninger til fag, undervisning og læring. *Eksperimentet* afspejler lærerens idé til udvikling af sin praksis og har form som et selvstændigt projekt i lærerens løbende undervisningsaktiviteter. Et eksperiment er genstand for

særlig aktivitets- og undersøgelsesmæssig opmærksomhed, hvorved klasserummet omdannes til et laboratorium – et arbejdsrum bestemt til undersøgelser, analyser og eksperimentet. De eksperimenterende og undersøgende aktiviteter understøttes her af lærernes udformning af en undervisningsplan, hvor de planlægger et forløb ud fra følgende ni didaktiske kategorier i den *designdidaktiske planlægningsmodel* (Hansen 2012, 185):

Mål	Hvad skal eleverne lære (vide, kunne, forholde sig til)? Hvordan legitimeres mål i læreplanen?
Fagligt tema	Hvad drejer undervisningen sig om?
Fagligt stof	Hvilke læremidler indgår: NAO, artikler, film, lærebøger, simulationer...?
Aktiviteter	Hvordan skal eleverne arbejde med stoffet: opleve, bearbejde, forstå, eksperimentere, formidle?
Opgaver	Hvilke opgaver indgår: træning, analytiske, fortolkende, vurderende?
Produkter	Hvordan kommer elevens læring til udtryk: essay, medieproduktion, 3D model, mundtligt oplæg, planche ...?
Strukturering	Hvor lang tid løber undervisningen, i hvilke læringsrum og hvordan organiseres den socialt (enkelt, par, gruppe...)?
Differentiering	Hvordan differentieres, fx i forhold til mål, stof, aktiviteter, opgaver, produkter, organisering?
Evaluering	Hvordan evalueres forløbet løbende (fx log) og til slut (fx lærerrapport)?

Model: Designdidaktisk planlægningsmodel

Den tredje fase i innovationsprocessen er *afprøvning*, hvor undervisningsplanen bliver sat i spil i undervisningen og gennemføres i et afgrænset tidsforløb. Samtidig arbejder læreren i denne fase med systematisk at observere og gøre notater om eksperimentets udvikling og resultater for på den måde at opsamle erfaringer om eksperimentet. I den sidste fase, *generalisering*, opsamles projektets resultater og hvilke erfaringer, som projektet har genereret fx i forhold til at indkredse didaktiske refleksionspunkter, som kan støtte lærerens planlægning og til indkredsning af robotters potentialer og funktion som indhold i undervisningen.

I det følgende beskrives, analyseres og perspektiveres, hvordan robotterne optræder som indhold i undervisningen på grundlag af lærernes didaktiske design og deres evalueringer af disse design. I perspektiveringen trækkes på litteraturstudier og undersøgelser af cases, der også eksperimenterer med læringsrobotter i skolen. Beskrivelsen og analysen falder i følgende fire dele: robotter som fænomen, robotter som realia og kontekst, robotter som aktivitet og metode og robotter som personlig og social erfaringsfelt.

## Robotter som fænomen – at lære om

Robotter som fænomen handler om robotters tekniske opbygning, bestanddele, brugsmuligheder og interaktionspotentiale (Dohn & Hansen 2016b): Hvad befinder sig under teknologiens "motorhjelme" og hvad kan man konkret gøre med den? Som eksempel på en sådan tilgang til robotter har to lærere udviklet et undervisningsforløb, hvor eleverne skal undersøge forskellige robotteknologier og deres programmeringsmuligheder. Målet med forløbet er at: "udvide elevernes kendskab til robot teknologi herunder programmering samt mere indgående kendskab til hvilke muligheder en Standard robot (Nao, Mindstorm EV3) indeholder, altså hvilke opgaver kan den løse med det programmeringsniveau eleverne besidder." Dette undervisningsforløb fokuserer på robotter som fænomen og objekt og vil lære eleverne om de forskellige robottyper, deres virkemåde og funktioner. Der er særlig opmærksomhed på robotter som en programmérbar maskine, der ved hjælp af manipulatorer (mekaniske instrumenter) kan påvirke omverdenen og ved hjælp af sensorer kan sanse omverdenen og processere information. I elevernes arbejde med Lego Mindstorm, skal de både designe, konstruere og programmere den type robotter og arbejde med byggesættets motorer, sensorer, legoklodser og programmeringssoftware. I elevernes arbejde med humanidrobotten har de skullet udforske den type robotters funktioner og også her lære at programmere og få robotten til at gøre bestemte ting: bevæge sig, gestikulere, tale, respondere på bestemte ordrer, udføre bestemte opgaver mv. En gruppe elever har arbejdet med at programmere robotten til at udføre dele af en gymnastikopvisning (mavebøjninger, armstrækninger mv.), og på den måde har de lært om den menneskelige fysiologi og anatomi. En anden gruppe har arbejdet med robotten som historiefortæller, hvor robotten fortalte en historie, og hvor lytteren skulle foretage valg for personen i fortællingen og på den måde få indflydelse på handlingen.

Elevernes undersøgelse af robotternes programmeringspotentiale, svarer her til det som Schön kalder "formgivning som en konversation eller samtale med en given situations materialer" (Schön 2001, 75). Eleverne får her et materiale- eller teknologikendskab og en fornemmelse for, hvordan denne teknologi fungerer og kan bruges.



## Robotter som realia og kontekst – få viden om og perspektiver på

I denne indholdskategori udvides det videnskæssige rum omkring de konkrete robotter. Frede V. Nielsen foreslår at samle de forskellige perspektiver – fx historiske, sociologiske og psykologiske sammenhænge – under betegnelsen "kulturstudier" (Nielsen 2011). Fokus er ikke længere på, hvad robotter er og kan som teknisk artefakt, men hele den kultur og historie, som robottemaet åbner for. Når eleverne arbejder med robottemaet arbejder de også med kulturelle, kunstneriske, samfundsmæssige, teknologiske og historiske aspekter.

Denne indholdskategori indgår i flere forløb, men er ikke styrende, dvs. opløftet som det bærende mål i de udviklede didaktiske design. Nogle lærere i en 9. og 10. klasse ønsker fx "at præsentere eleverne for flere forskellige etiske dilemmaer der typisk omhandlede i hvor høj grad robotter kan/må erstatte mennesker i vores dagligdag". Andre lærere i en 7. klasse arbejder med temaerne "robotens historie" og "robotens anvendelse". I dette forløb indkredses forskellige robottyper: servicerobotter, sociale robotter og krigsrobotter. Endvidere har eleverne på grundlag af science fiction-filmen "I, Robot" (Proyas, 2004) diskuteret sammenhængen mellem nutid og fremtid og de tre robotlove (The Three Laws of Robotics), som tematiseres i filmen og som er udviklet af forfatteren Isaac Asimov i novellen Runaround (1942).

De skitserede didaktiske design åbner forskellige perspektiver på robotter. Et perspektiv er robottemaet, som det optræder i kunsten, særligt litteratur og film. Den første brug af ordet 'robot' optræder i den tjekkiske forfatter Karel Capeks skuespil *R.U.R (Rossum Universal Robots)* (1921), hvor 'robot' betyder 'træl' eller 'tjener'. Skuespillet handler om, hvordan mennesker udvikler maskiner for at erstatte arbejderne. Robotmotivet har en længere historie, jf. Mary Shellys roman "Frankenstein" (1818) og spiller også en fremtrædende rolle i filmhistorien og derfor et oplagt æstetisk motiv at arbejde med i danskundervisningen.

Et andet perspektiv er robotternes rolle i teknologihistorien og samfundsudviklingen, jf. undervisningstemaet "robotens historie". Dette perspektiv kan man både anskue i et snævert robotperspektiv og her pege på, hvordan man igennem historien har arbejdet med at simulere naturen, fx bevægelige og talende statuer i Ægypten for 2000 år siden og eksperimenter med 'androider' fra det 16. århundrede, som var konstrueret til at simulere menneskelige aktiviteter som skrivning og dans (Dautenhan 2007). De mere nutidige robotter har typisk en mere praktisk funktion og afspejler forskellige former for *kunstig intelligens* (Johansen 2003). Et eksempel er *den industrielle robot*, som er programmeret til at udføre simple mekaniske opgaver og indgår fx i industrien, hvor de

effektivt udfører præcise bevægelser i højt tempo. Den industrielle robot udvikles med tiden med sensorer, der gør det muligt for robotten af afkode omverdenen og genkende mønstre og herefter levere et output. Det er fx robotter der kan bruges til minesøgning eller til at scanne flybagage for sprængstof.

En anden type robot er den *symbolmanipulerende robot*. Eksemplet er her Deep Blue, skakcomputeren, som i 1996 vandt over den regerende verdensmester Kasparov. Den type robotters særlige potentiale er, at de kan håndtere symboler og er indkodet med en række heuristiske principper (tommelfingerregler), fx at man indenfor skakspil har nogle regler om hvilke stillinger er gode, fx den regel "at dominans af centrum er godt". Skakcomputerens særlige intelligens består her i dens beregningsmæssige muskelkraft. Et tredje eksempel er den *interaktive robot* eller den *autonome robot*. Det er robotter som kan interagere med omgivelserne, ikke ud fra en programmeret model af verden, men ud fra de input, de får fra omverden. Deres intelligente adfærd viser sig ved, at de kan handle på egen hånd, forfølge forskellige mål og er parate til at udnytte muligheder, der tilfældigt opstår. Den type robotter er fx en robotplæneklipper eller en humanoid-robot, hvis krop, sanser og evne til at bevæge sig ligner menneskets. De kan her bruge deres "sanser" aktivt, hvor øjne er kameraer, ører er mikrofoner og hvor føleceller kan registrerer bevægelser og artefakter i omverdenen.

Et tredje undervisningstema i undervisningsforløbet ovenfor handler om "robotternes anvendelse". Dette perspektiv åbner generelt spørgsmålet om, hvordan teknologier benyttes til at løse praktiske problemer og kan anskues i både et overordnet evolutionært perspektiv og i et hverdagsligt praktisk perspektiv. I et større samfundsmæssigt perspektiv kan robotter i samspil med andre teknologier beskrives som en vigtig drivkraft i historien, jf. ITEA (International Technology Education Association):

"Technology has been called "the engine of history" for the way in which its use drives changes in society; it influences cultural patterns, political movements, local and global economies and everyday life."

(ITEA 2007, 56).

---

Teknologiens samfundsmæssige rolle ses fx i navngivningen af historiske epoker, som reflekterer forskellige teknologiske miljøer: landbrugssamfundet, industrisamfundet, informationsamfundet og netværkssamfundet (Castells 2000). 'Robotsamfundet' er endnu ikke formuleret som overskrift på en samfundsmæssig epoke (se dog Halme 1993), men robotter spiller en synlig rolle i forskellige samfundsmæssige arenaer: industriens masseproduktion (industrirobotter) sociale robotter

indgår som del af velfærdsteknologier (fx robotstøvsugere), de indgår i telemedicinen (fx epidemirobotter), i sundhedsindustrien til fx genoptræning (fx robotskellettet), i landbrugssektoren (fx malkebotter) og der eksperimenteres med krigsrobotter i den militære industri fx til rekognoscering, opsporing og ødelæggelse af miner og vejsidebomber. I dette perspektiv er robotter designede artefakter til løsning af bestemte samfundsmæssige opgaver og processer, fx kommunikation, energiproduktion, sortering, aflastning, underholdning og træning.

Et aspekt af undervisning i robottens historie kan tematisere, hvordan robotter og teknologier generelt indgår som del af vores kultur og verdensbillede. Vores kultur kan have forskellige holdninger til robotter og deres samfundsmæssige funktioner. En holdning er, at teknologier er *smarte*; de er forbundet med effektivitet og muliggør fleksible, hurtige og smarte måder at gøre ting på. Fx at malkebotter effektiviserer landbruget. En anden holdning er at se robotter som *fremmedgørende*. I dette perspektiv fungerer robotter som et filter mellem menneske og verden, hvor de vanskeliggør at mennesker får førstehånds erfaringer og oplevelser. I stedet for en direkte omgang med køerne i stalden kan landmanden sidde bag en skærm og overvåge malkeprocessen. Et tredje perspektiv er at se robotter som del af vores *kultur og hverdagspraksis*. Teknologier er indvævet i den menneskelige praksis og muliggør en udvidelse af menneskelige handlemuligheder i mere specialiserede former og i et stigende automatiseret udbredelse; fx at græsslåning har bevæget sig fra at foregå med le, over forskellige plæneklippertyper til den nu fuldstændigt automatiserede robotplæneklipping.

Et fjerde perspektiv på robottens anvendelse handler om, hvordan robotter kan bruges til at understøtte *læring og innovative processer*, fx arbejdet med at transformere en ide til et færdigt produkt, processer som især Lego Mindstorm-kittet er designet til. Gennem arbejdet med den type læringsrobotter kan eleverne udvikle kognitive færdigheder som fx problemløsning, visualisering, kritisk tænkning og argumentation. De kan også udvikle praktiske hands-on-færdigheder som fx måling, tegning og sketching og protoyping samt sociale færdigheder som kollaboration og samarbejde. I denne måde at anvende robotter på tematiseres den tredje indholdskategori: robotter som aktivitet og metode.

Et overordnet perspektiv på robottens anvendelse handler endvidere om at få eleverne til at undersøge, reflektere over og diskutere *hvem* der anvender robotter til *hvad*, dvs. hvilke interesserer og dilemmaer er forbundet med robottens anvendelse? Entreprenøren eller opfinderen vil være interesseret i at arbejde med robotter for at udvikle nye og innovative teknologiske løsninger, ingeniøren vil være interesseret i at udvikle robotter, der kan gøre processer og produktioner mere effektive, forretningsmanden vil være interesseret i at robotter bidrager til at udvikle

billigere og bedre produkter og mere salg og forskeren vil være interesseret i at forstå robotens og deres indflydelse på produktion, samfundsliv, tænkning og læring. Disse interesserer er ofte ikke samvirkende og åbner for en kritisk refleksion: Robotteknologier bidrager ikke kun til at løse problemer – de bidrager også til at skabe nye problemer.

## Robotter som aktivitet og metode – at lære i og med

Indhold som aktivitet og metode knytter Nielsen til aktivitetsformer som *produktion* (skabe, improvisere, forme, fremstille), *reproduktion* (genskabe, opføre, recitere), *perception* (bearbejde sanseindtryk), *interpretation* (analyse og fortolke) og *refleksion* (overveje, perspektivere). Hertil kan man også tilføje *programmering* (kravsspecificere, kode, teste), *design* (udvikle og formgive ideer og undersøge deres anvendelighed) og *simulering* (afprøve handlinger i virtuelle situationer med mulighed for respons/feedback) som særlige aktivitetsformer, der især er aktuelle i omgangen med robotteknologier.

Robotter som aktivitet og metode er et gennemgående indhold i Fremtekprojektets forskellige didaktiske designs. Overordnet kan man pege på at humanoidrobotter indtager tre forskellige roller som omdrejningspunkt for aktiviteter i undervisningsforløbene: robotten som *medie*, robotten som *redskab* og robotten som *underviser* (se også Mubin 2013, der beskriver robotter som *Tutor*, *Peer* og *Tools*).

En lærer beskriver hvordan han i en 5. klasse brugte robotter i engelskundervisningen med det mål: "at indgyde en større tryghed ved at udtrykke sig mundtligt og skriftligt på engelsk." Elevernes opgave var at forestille sig en dagligdags konversation med hele sætninger, som de først skulle skrive på dansk. Herefter skulle de oversætte konversationens spørgsmål og svar og programmere robotten til at replicere indholdet. Endvidere arbejdede eleverne med at få robotten til understøtte talen med kropssprog. Humanidrobotten fungerer her både som redskab til programmering og som medie til kommunikation og dermed udvikling af sproglige færdigheder.

En 6. og 7. klasse arbejdede også med robotter som medie, da de brugte robotten til at fremlægge resultater af deres projektforløb "som supplement til power point, tegneserie, dukketeater osv." Robotten som medie understøtter her aktiviteter som reproduktion og produktion.

I tre 7. klasser blev robotten brugt som redskab til at lære eleverne simpel programmering og principperne i programmeringssprog. Eleverne fik som opgave at programmere bestemte funktioner som bevægelse, gang, handlinger, tale og interaktioner. Erfaringen fra dette forløb var bl.a. at eleverne ikke blot har tilegnet sig enkle programmeringsfærdigheder, men

også har arbejdet eksperimenterende og undersøgende, idet de, som læreren skriver i sin evaluering, "har opdaget at programmering også handler om at afprøve, at noget ikke virker, at fejlfinde, rette og prøve igen og igen indtil det virker"

Den tredje aktivitetsform, robotten som underviser, blev ikke direkte realiseret i Fremtek-projektet, men en lærer fortæller i sin evaluering om den ide at programmere en robot til at stå for en sportsquiz: "NAO spørger hvilken sport den dyrker, viser en "kendt" bevægelse fra en sportsgren og afventer svar. Gentager bevægelsen hvis svaret er forkert."

De tre robotfunktioner støtter her hver deres særlige aktiviteter selvom de i praksis sagtens kan indgå i samme forløb. Nedenstående model viser en oversigt over de forskellige robotfunktioner, deres understøttelse af aktivitetsformer og deres potentiale for læring:

Robotfunktion	Redskab	Medie	Underviser
<b>Aktivitet</b>	Programmere, simulere, reflektere	Producere (udvikle budskab), reproducere, programmere	Percipere, interpretare, respondere
<b>Typisk aktivitetsflow</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• elever udvikler designide/får en opgave</li> <li>• elever programmerer robotten</li> <li>• robotter udfører opgaven</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• elever udvikler et budskab</li> <li>• elever programmerer robotten til sige/vise budskabet</li> <li>• robotter siger/viser/simulerer budskabet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• robotter programmeres til at stille spørgsmål/udføre bevægelser</li> <li>• elever svarer</li> <li>• robotter giver feedback</li> </ul>
<b>Læringspotentiale</b>	Lære med og i robotten (programmering, faglige principper, handlingsregler, eksperimenteren)	Lære med robotten (retorisk lære at kommunikere et budskab gennem robotten som avatar)	Lære fra robotten (træne viden og færdigheder)

Tabel: Humanidrobotstens tre robotfunktioner og potentiale for læring

I det følgende udfoldes modellens robotfunktioner, deres aktivitetsformer og læringspotentiale.

Den første robotfunktion er robotten som redskab. Som redskab understøtter robotter grundlæggende en programmeringsaktivitet, men også aktiviteter, som simulering og refleksion. Læringspotentialet er for det første, at eleverne bruger robotter til at tilegne sig viden og færdigheder i at programmere. For det andet kan robotter også stilladersere elevens læringsaktiviteter og tilbyde et *læringsmiljø*, der inviterer elever til at engagere sig i forskellige typer læreprocesser. Robotteknologien bliver her ikke kun et redskab til at gøre noget med, men bidrager også til at etablere og rammesætte et læringsunivers med eleven som aktiv agent i simulerings- og konstruktionsprocesser, der bidrager til at støtte elevens afprøvning af handlinger i virtuelle situationer med mulighed for respons/feedback. Robotteknologier kan udgøre en "unique learning experience" (Weinberg & Yu, 2003), fordi de åbner et læringsrum, der stimulerer elever til at undersøge, foretage hypoteser om, hvordan ting virker og gennemføre eksperimenterer der kan be- eller afkræfte

hypoteser. Simuleringer kendes fra flysimuleringer, hvor man kan træne sin færdighed i at styre og håndtere et fly, og fra computerbaserede simuleringer, hvor man kan påvirke variable indenfor et bestemt vidensdomæne: de fysiske love for tyngdekraften, blodets cirkulation i kroppen og nedbørens og temperaturens indvirkning på klimaet. Både træningssimuleringen og den faglige simulering er kendetegnet ved, at de bygger på en bestemt model af verden, hvori der indgår særlige variable, som eleven kan manipulere med. Herigennem har eleven mulighed for at undersøge modellens principper og regler. Gennem flysimulatoren har eleven mulighed for at lege med forskellige parametre og dermed opleve hvordan et fly vil reagere i den virkelige verden. Og ved at simulere forskellige parametre indenfor tyngdekraften samt observere hvilke output der er resultatet af manipulationerne kan eleven få en oplevelse af *levende fysik*, dvs. konkrete erfaringer af fysiske og matematiske love. En fælles betegnelse for disse simuleringer er *faglige simuleringer*. Faglige simuleringer er faglig kodede; de har på forhånd indbygget en model af verden, som eleven eksperimenterer med for at erfare og forstå simuleringens indbyggede model af verden og den faglighed, der ligger til grund for simulationen. Derigennem kan eleven tilegne sig bestemte færdigheder og vidensformer indenfor et specifikt fagligt domæne: energi, fysiske love, kroppens fysiologi, økonomiske modeller mv. Den type viden eleven opnår drejer sig typisk om årsags-virkningsforhold: Hvis man gør sådan sker der dette. Ofte vil elevens arbejde med at undersøge og manipulere med objekter og variabler understøttes af en særlig vejledning samt faglige artikler der tilsammen muliggør faglig læring. Man kan her sige, at læringskonceptet i den faglige simulering er en form for *stilladseret erfaringsbaseret læring*.

En anden type simuleringer er *åbne simuleringer*. Her er der ikke på forhånd foretaget en faglig kodning af simulationer og der ligger heller ikke en bestemt model til grund for elevens eksperimenter. Eleven konstruerer selv den model, der ligger til grund for en simulering og programmerer selv computeren til at gøre noget. Elevens arbejde bliver her en form for *konstruktionistisk læring*, hvor computerteknologien bliver et middel til at generere forestillinger med, til at tænke og eksperimenterer med, hvilket åbner særlige muligheder for læring. En sådan læringsform kalder Papert kalder for *konstruktionisme* (Papert 1993). Computerteknologien får her en rolle som "Mindtool", et begreb, der afspejler hvordan en lærende gennem interaktioner i et computer-baseret læringsmiljø, kan udvikle kritisk tænkning og højere ordens læring (Jonassen 1998). Fokus er ikke på udvikling af elevernes tekniske færdigheder, men hvordan teknologien muliggør meningsfuld læring, stimulerer refleksiv tænkning og stilladserer læreprocessen. Netop robotter har en særligt potentiale som mindtools hævder forfatterne af artiklen "Educational Robotics as Mindtools":

"we claim that robots in education are powerful mindtools since they follow mindtools' principles through their characteristics of fostering students to think about a problem, design their meaningful projects, create things and manipulate objects, reflect, and collaborate. Moreover, robots go a step beyond, by taking the student out of the limits of the computer screen into the real world."

(Mikopoulos og Bellou 2013).

---

Endvidere peger Resnick og Rosenbaum (2013) på, at robotter kan understøtte en eksperimenterende arbejdsform, som de kalder "tinkering". Arbejdsformen er karakteriseret ved at være en

"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."

(Ibid. 164)

---

Læringspotentialer er, at eleverne gennem programmering og eksperimenterer kan benytte robotten til flydende eksperimenter, umiddelbar feedback og åbne undersøgelser (Ibid. 174).

Programmeringsprocessen er her genstand for en særlig reflektiv opmærksomhed, hvor eleverne kan teste og få feedback på om ideen er god, om planlægningen holder, om programmeringen virker og om deres udtryk er i overensstemmelse med deres ide.

Når robotter optræder i rollen som medie, arbejder eleven med at producere et budskab og programmere robotten til at reproducere og kommunikere budskabet gennem brug af både verbale og kropssproglige virkemidler. Eleverne kan her bruge robotteknologien som et nyt sprog til at fantasere med og udtrykke sig i og opdage en ny kommunikativ scene at udfolde sig på. Som psykologiprofessor Sherry Turkle siger:

"Computeren er en simuleringsmaskine. Simuleringsverden er en ny scene, hvor vi lever vore fantasier ud, både følelsesmæssigt og intellektuelt (...) Set fra dette synspunkt er det, børn har brug for, at lære, hvordan man spiller på denne nye scene, hvordan man holder styr på det komplicerede forhold mellem det simulerede og det "virkelige", mellem afbildninger af verden og verden selv"

(Turkle 2005, 138).

---

Læringspotentialer i at bruge robotten som medie ligger i at det åbner for en forståelse af faglige sammenhænge. I et forløb på mellemtrinnet skulle robotterne understøtte litteraturarbejdet, fx personkarakteristik, hvor "robotterne skulle udføre personernes tanker", som der står i beskrivelsen af undervisningsforløbet. Læreren refererer i sin evaluering til en elev, som siger: "Nu har min lærer gennemgået personkarakteristik med os de sidste 4 år, men nu forstår jeg virkelig, hvad en personkarakteristik er, og hvilke tanker en forfatter må gøre sig inden de skriver." Denne elev er et eksempel på de elever, der bedst lærer i eksperimenterede omgivelser – altså ved at selv at eksperimentere og arbejde praktisk og løsningsorienteret med skolens opgaver. Eksemplet viser potentialer i den konstruktivistiske læring, hvor eleven gennem en aktiv eksperimenteren med teknologien kan sætte skolefagligheden i spil på nye måder, der får eleven til at forstå fagets pointer på en klarere måde.

I den tredje robotfunktion, robotten som underviser, iscenesættes robotter til at indgå i spørgsmål-svar-interaktion, jf. quiz-ideen ovenfor, hvor robotten får en funktion som noget eleven kan lære fra. Man kan sige at robotteknologier understøtter en form for programmeret undervisning, hvis faglige udbytte kan diskuteres, men som givet har gode motivationsmæssige potentialer. Chang m.fl. (2010) udfolder fx robotens rolle som underviser i artiklen "Exploring the Possibility of Using Humanoid Robots as Instructional Tools for Teaching a Second Language in Primary School". Her beskrives fem scenarier hvor robotter fungerer som underviser i sprogundervisningen: 1) Fortælle-scenariet, hvor robotter fortæller historier med forskellige stemmer, lydeffekter og underbyggede bevægelser. 2) Læsetrænings-scenariet, hvor robotter oplæser sætninger, som eleven skal imitere og dermed træne udtale og intonation. 3) Heppeskors-scenariet, hvor robotter engagerer eleverne i arbejder med opgaver og spilbaseret undervisning både undervejs og når en gruppe er nået i mål. 4) Kommando-scenariet, hvor robotten kommanderes elever til at løse en bestemt opgave eller udføre en bestemt bevægelse. Og eleverne kan bede robotten om at gøre den samme bevægelse. 5) Spørgsmål-svar-scenariet, hvor robotten fungerer som en samtalepartner og dermed kan engagere eleverne i at kommunikere på et fremmedsprog.

## Robotter som personlig og social erfaringsfelt – at motivere for læring

Den sidste indholdskategori omhandler hvordan robotter udgør et særligt personligt og socialt erfaringsfelt. Lærers refleksioner omkring denne indholdsudvælgelse går på, om elevernes arbejde med robotter kan befordre en særlig personlig og social udvikling. Nielsen hævder, at denne indholdskategori er den vigtigste set i et dannelsesperspektiv, men også at kategorien har befundet sig i et særligt beskyttet rum:



”Set i historisk perspektiv har den nok i for ringe grad ladet sig konfrontere med en konkret indholdsproblematik og derfor ikke udviklet gennemarbejdede didaktiske svar på spørgsmålet om læringsindhold.”

(Nielsen 2011, 16).

---

Udfordringen er her, at komme med et didaktisk svar på robotters rolle som personlig og social erfaringsfelt.

Indholdskategorien er ikke synliggjort som indhold i lærernes planlægning, men den er ret tydelig i deres evalueringer. I et forløb i 9. og 10. klasse, siger læreren i sin evaluering: ”Robotten fascinerer umiddelbart eleverne fordi den på trods af sit noget mekaniske bevægemønster alligevel virker menneskelig. Det, at den kan svare eller på anden vis reagere på påvirkninger gør den spændende at arbejde med og eleverne virker meget motiveret for at udnytte dens muligheder mht. bevægelser, tale, talegengivelse mv.” Læreren beskriver videre, hvad der fungerede godt i forløbet: ”Fascinationen og motivationen i starten af forløbet er helt enestående og som underviser må man tilstræbe at bevare eleven i dette flow så længe som muligt.”

Udover fascination og motivation muliggør arbejdet med robotterne også inklusion. En lærer fortæller om en danskfaglig svag dreng med tilbøjelighed til at lave ballade slet ikke viste denne adfærd i undervisningen. Læreren refererer her en udtalelse fra en elev i drengens arbejdsgruppe: ”Rasmus er overraskende bemærkelsesværdigt engageret”.

Spørgsmålet er, hvad årsagen til robotens potentiale for motivation, fascination og inklusion er? For det første har potentialet noget at gøre med lærerens didaktiske iscenesættelse af forløb, som kan ”fange” eleverne, fordi de skal gøre noget aktivt: kode noget, undersøge noget, eksperimentere med noget. For det andet er robottemaet for nogle eleverne genstand for en særlig opmærksomhed på grund af eksisterende æstetiske oplevelser og erfaringer fra film, litteratur og computerspil. Dette fascinationspotentiale har både grund i en æstetisk oplevelshorisont og kan også skyldes intellektuel optagethed af filosofiske spørgsmål, fx forholdet mellem menneske-maskine, kunstig intelligens og fremtidens samfund. For det tredje kan man også hævde at humanoidrobotens funktionspotentiale kan appellere til eleverne. Chang (2010) oplister her humanoidroboters særlige karakteristika (eksemplerne er beskrevet i forhold til robotten som underviser, men kan også siges at være gældende for robotten som medie og som redskab):

- gentagbarhed (repeatability): robotter kan gentage handlinger, formidle læringsindhold og fx stille spørgsmål til eleverne

- fleksibilitet: robotter kan programmeres af læreren i forhold til relevante og adapterede undervisningsopgaver og læringsaktiviteter
- digitalisering: robotter kan kommunikere med computere og kan interagere med eleverne gennem computersoftware
- humanid-fremtræden: robotter skaber nysgerrighed og engagement, og dermed motivation, fx i træning af sproglige færdigheder
- kropsmotorik: robotter kan imitere gester og understrege retoriske pointer når de formidler et indhold
- interaktion: robotter kan interagere med mennesker og fx understøtte en dialogisk praksis
- antropomorficering: elever reagerer på robotter med menneskeliggende træk og kropsmotorisk som virkelige talere og lyttere, selvom de ved at robotten er en robot.

Det særlige ved en humanidrobot er at den kan designes til at udtrykke følelser og derfor også vække følelser. Robotten bliver en fysisk avatar. En avatar forstås typisk som en grafisk repræsentation af en person eller figur på nettet, en symbolsk avatar, der kan iscenesættes og agere i et virtuelt miljø. I modsætning til den symbolske avatar er en humanidrobot en fysisk avatar, der kan programmeres til at udføre menneskelignende bevægelser, lyd og tale. Elevernes arbejde med humanidrobotten er generelt motiverende, som en lærer siger: "Mange elever har været optaget af NAO-robotens "fysik" og væsen". Motivationspotentialet viser sig både i dens humane fremtræden, antropomorficeringen, dens kropsmotorik og dens interagerende mulighed. Robotter som personlig og social erfaringsfelt har dermed potentiale som en stærk pædagogisk drivkraft, fordi den rent praktisk kan understøtte elevens læreprocesser og fordi den mere psykologisk kan motivere eleverne i deres læreprocesser. Man kan her kalde robotteknologier for superteknologier, fordi de, i modsætning til traditionelle læremiddelteknologier gør opmærksom på sig selv, kan fascinere eleverne og synliggør teknologien som et særlig artefakt, som skal undersøges og eksperimenteres med. En 3D-printer er interessant, fordi eleverne med den kan designe og konstruere artefakter, men den er ikke en *superteknologi* som fx en humanidrobot. Superteknologier er for eleverne kendetegnede ved, at teknologien bliver genstand for en fokuseret og fascineret opmærksomhed rettet mod selve teknologien.

## Konklusion og perspektiver på didaktisk udvikling som bottom-up og top-down

Fremtek-projektets didaktiske eksperimenter og scenarier har vist, hvordan humanidrobotter kan indgå som indhold i undervisningen og ressource i elevernes læring ud fra Frede V. Niensens fire indholdskategorier. Projektet har endvidere bidraget til at udvikle en

opmærksomhed omkring humanidrobotter som didaktisk indhold og mål i undervisningen og skærpet forståelsen af robotternes læringspotentiale.

Humanidrobotternes indholdsprofil er, at de kan være noget, som eleverne kan lære om med særlig fokus på deres tekniske opbygning og programmeringsmæssige muligheder (robotter som genstand og fænomen). De kan være noget, som eleverne udvikler viden om og perspektiver i forhold til, fx robotters genrer, historie og anvendelse i produktion, samfundsliv og hverdagsliv. Endvidere kan robotoptikken bidrage til et filosofisk og etisk perspektiv på vores kultur og verdensbillede (robotter som realia og kontekst). De kan bruges til at lære i og med og således fungere som en ressource til forståelse af faglige områder og sætte de traditionelle fagligheder i spil på nye måder, fx i matematik, fysik, natur og teknik, dansk og fremmedsprog. Endvidere har denne indholdskategori også fokus på elevens udvikling af både faglige og studietekniske færdigheder, som problemløsning, design, programmering, simulering mv. Robotter får her en rolle som både redskab, medie og underviser (robotter som aktivitet og metode). Og endelig kan robotter motivere elever i deres læreprocesser, fordi robotterne kan indgå i aktiverende og motiverende læringsforløb, robottemaet appellerer til mange elevernes eksisterende kulturelle interesser og æstetiske erfaringer og endelig er humanidrobotten en superteknologi, som i kraft af sit funktionspotentiale kan appellere til eleverne (robotter som personlig og social erfaringsfelt).

Den didaktiske begrundelse for at integrere robotten i undervisningen er således både *fagligt*, fordi robotten i sig selv aktualiserer et fagligt felt og åbner perspektiver i arbejdet med forskellige faglige læringsmål, *didaktisk* fordi den giver mulighed for nye arbejdsformer og etablering af nye former for didaktisk design og *læringspsykologisk*, fordi den appellerer, motiverer og kan inkludere eleverne på nye måder i undervisningen.

Lærerens didaktiske udfordring i forhold til arbejdet med robotterne er, at lærerne skal udforme nogle didaktiske design med faglige læringsmål, der er legitime (i overensstemmelse med Fælles Mål) og som for eleverne er engagerende og motiverende at deltage i. Endvidere er der også nogle rammefaktuelle udfordringer med brugen af humanidrobotter, som også bør nævnes: robotternes anskaffelse (de er dyre), service (kræver specialistkompetencer), brug (kræver tekniske kompetencer) og pædagogisk effektivitet (robotterne er ikke stabile læremidler, men kan være eksponeret for teknisk nedbrud og manglende netopkobling).

Fremtek-forløbet er et eksempel på didaktisk udvikling af en robotdidaktik, som kan karakteriseres som en induktiv, praksisbaseret og tentativ bottum-up proces. I udviklingsprocessen etableres et møde mellem ny teknologi og lærers eksisterende praksisteorier og gennem dette møde,

som endvidere er stilladseret af tekniske og didaktiske kursusaktiviteter udvikler lærerne konkrete didaktiske design, som afprøves og hvis resultater er genstand for evaluering, refleksion og formidling. Denne tilgang kan bidrage til at synliggøre og udvikle forskellige indholdskategorier og didaktiske begrundelser for brug af teknologierne i undervisning og læring.

En anden tilgang til didaktisk udvikling af en robotdidaktik vil være en deduktiv, top-down proces, som tager udgangspunkt i en teori om fx *technological literacy*, som kan oversættes til *teknologifaglighed*. International Technology Education Association (ITEA 2007) definerer technology literacy som viden om og færdigheder i at *bruge, håndtere, få adgang til og forstå* teknologier:

”Technological literacy is the ability to use, manage, assess and understand technology. A technologically literate person understands, in increasingly sophisticated ways that evolve over time, what technology is, how it is created, and how it shapes society, and in turn is shaped by society.”

(Standards for technological literacy, 2007, 9)

ITEA opstiller her 20 standarder (Standards for Technological Literacy) indenfor fem områder (Ibid. 15):

Teknologiens natur	Teknologi og Samfund	Design	Kompetencer i en teknologisk verden	Den designede verden
Forståelse af: 1: teknologiers karakteristika og formål 2: teknologiers kernekoncepter 3: sammenhænge mellem teknologier og relationer mellem teknologier og andre faglige områder	Forståelse af: 4: teknologiers kulturelle, sociale, økonomiske og politiske effekter 5: teknologiers effekter på miljøet 6: samfundets rolle i forhold til at udvikle og bruge teknologier 7: teknologiers indflydelse i et historisk perspektiv	Forståelse af: 8: et designs egenskaber 9: udvikling af design 10: problemløsningens, forskningens, opfindelsen og innovationens rolle samt eksperimenter med problemløsning	Færdigheder i: 11: at håndtere designprocesser 12: at bruge og vedligeholde teknologiske produkter og systemer 13: at evaluere effekter af produkter og systemer	Forståelse og færdigheder i: 14: at udvælge og bruge medicinske teknologier 15: at udvælge og bruge landbrugsteknologier og relaterede bioteknologier 16: at udvælge og bruge energirelaterede teknologier 17: at udvælge og bruge informations- og kommunikationsteknologier 18: at udvælge og bruge transportteknologier 19: at udvælge og bruge produktionsteknologier 20: at udvælge og bruge konstruktionsteknologier

En deduktiv tilgang til udvikling af en robotdidaktik kunne her tage udgangspunkt i en teori om teknologifaglighed og de 20 standarder og her præcisere robotteknologiens didaktiske rolle og funktion i undervisningen. Her vil man mere systematisk kunne skærpe lærerens refleksioner over robotteknologiens natur, dens samspil med samfundet, hvordan den bidrager til designarbejde og forudsætter færdigheder i at håndtere design- og innovationsprocesser samt hvilken viden og færdigheder eleverne skal tilegne sig for at bruge robotteknologier. En sådan systematisk tilgang vil synliggøre robotter som del af teknologifaglighed, altså en teknologi som eleverne skal vide noget om og lære at bruge og ikke mindst udvikle et sprog omkring.

Disse to didaktiske tilgange udelukker ikke hinanden og bør ses som komplementære i det fortsatte arbejde med at udvikle en robotdidaktik. Fremtek-projektets udgangspunkt i didaktiske eksperimenter med lærerens blik for hvordan en ny teknologi kan åbne fagenes indhold og muliggøre nye arbejdsformer i undervisningen efterfulgt af en forskningsbaseret opsamling af erfaringer fra praksis har vist sig at have lovende perspektiv for det fortsatte arbejde med at udvikle og beskrive en robotdidaktik, der har fokus på robotternes rolle som mål, indhold og begrundelse i undervisningen.

## Litteratur

- Castells, M. (2000). *The Rise of The Network Society: The Information Age: Economy, Society and Culture*. John Wiley & Sons
- Chang, C., Lee, J., Chao P., Wang C. & Chen, G. (2010). Exploring the Possibility of Using Humanoid Robots as Instructional Tools for Teaching a Second Language in Primary School. *Educational Technology & Society*, 13 (2), 13-24.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/3699928>
- Cole, M., & Derry, J. (2005). We have met technology and it is us. *RJ Sternberg, & DD Preiss, Intelligence and Technology: The Impact of Tools on the Nature and Development of Human Abilities*, 209-228.
- Dautenhahn, K. (2007). Socially intelligent robots: dimensions of human-robot interaction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1480), 679-704.
- Dohn, N. B. & Hansen, J. J. (2016a). Didaktik, design og digitalisering. I: Dohn, N.B. & Hansen, J.J. (red.), *Didaktik, design og digitalisering*. Frederiksberg: Samfundslitteratur.
- Dohn, N. B. & Hansen, J. J. (2016b). Begrebet "didaktisk design". I: Dohn, N.B. & Hansen, J.J. (red.), *Didaktik, design og digitalisering*. Frederiksberg: Samfundslitteratur.

- Gynther, K. (2010). Brugerdreven forskningsbaseret innovation af didaktisk design. Transformative metoder i forsknings- og udviklingsprojektet ELYK (ELYK Working Papers 2). Sorø: Knowledge Lab.
- Halme, A., Jakubik, P., Schönberg, T., & Vainio, M. (1993). The concept of robot society and its utilization. In *Advanced Robotics, 1993. Can Robots Contribute to Preventing Environmental Deterioration? Proceedings, 1993 IEEE/Tsukuba International Workshop on* (pp. 29-35). IEEE.
- Hansen, J. J. (2012). *Dansk som undervisningsfag*. Fredriksberg: Dansklærerforeningen.
- Heimann, P. (1976). Didaktik als Theorie und Lehre (1962). I: Reich, K & Thomas, K. (red.), *Didaktik als Unterrichtswissenschaft*, Stuttgart.
- Helms, Niels Henrik (2009). Metodeudviklingsseminar. Lokaliseret 17.08.12 på:  
[http://www.digitalelaeremidler.dk/media\(8135,1030\)/Metodeseminar\\_KnowledgeLab.pdf](http://www.digitalelaeremidler.dk/media(8135,1030)/Metodeseminar_KnowledgeLab.pdf)
- Hughes, T. P. (1987). The evolution of large technological systems. I: Bijker, W.E, Hughes, T.P. & Pinch, T.P. (red.) *The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology*, MIT Press, 51-82.
- Jank, W. & Meyer H. (2010). *Didaktiske modeller. Grundbog i didaktik*. København: Gyldendals lærerbibliotek.
- Johansen, M. W. (2003). *Kunstig intelligens*. København: Fremad.
- Jonassen, D. H., Carr, C., & Yueh, H. P. (1998). Computers as mindtools for engaging learners in critical thinking. *TechTrends*, 43(2), 24-32.
- Handal, G., og Lauvås, P. (2006). *Vejledning og praksisteori*. Århus: Klim.
- Majgaard, G., Hansen, J. J., Bertel, L., & Pagh, A. (2014). Fra digitalt design til fysisk udtryk-anvendelse af 3-d-printere og NAO-robotter i folkeskolen. *MONA-Matematik-og Naturfagsdidaktik*, (4).
- Majgaard, G. (2011). *Læreprocesser og robotsystemer: Design af læremidler og læreprocesser med robotter som medier og børn som med-designere*. Ph.d.-afhandling. Syddansk Universitet.
- Mikropoulos, T. A., & Bellou, I. (2013). Educational robotics as mindtools. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 5-14.
- Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Al Mahmud, A., & Dong, J. J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Journal of Technology in Education and Learning*, 1, 209-0015.
- Nielsen, F. V. (2011). "Man underviser altid i noget: Noter om didaktikkens indholdsbegreb". I K. Kragh Blume Dahl, J. Læssøe, & V. Simovska (red.), *Essays om dannelse, didaktik og handlekompetence: inspireret af Karsten Schnack*. (s. 9-18). København: Forskningsprogram for Miljø- og

Sundhedspædagogik, Danmarks Pædagogiske Universitetsskole, Aarhus Universitet.

- Papert, S. (1993). *Mindstorms Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books
- Resnick, M., & Rosenbaum, E. (2013). Designing for Tinkerability. In Honey, M., & Kanter, D. (red.), *Design, Make, Play: Growing the Next Generation of STEM Innovators*, 163-181. Routledge.
- Schön, D. A. (2001). *Den reflekterende praktiker*, Århus: Klim.
- Standards for Technological Literacy. Content for the Study of Technology* (2007). International Technology Education Association. Virginia.
- Trilling, B. & Fadel, C (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. New York: Jossey-Bass.
- Turkle, S. (2005). At gennemskue Computere. I: Hans Henrik Knoop, H. H. & Lyhne J. (red.) *Et nyt læringslandskab. Flow, intelligens og det gode læringsmiljø*. Dansk Psykologisk Forlag.
- Wang, F. & Hannafin, M.J. (2005). Design-Based Research and Technology-Enhanced Learning Environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-24.
- Weinberg, J. B., & Yu, X. (2003). Robotics in education: Low-cost platforms for teaching integrated systems. *Robotics & Automation Magazine, IEEE*, 10(2), 4-6.