

Om teknologiforståelse – og informatik som en fjerde sprogform

Michael E. Caspersen
Direktør, It-vest
Adjungeret professor, Aarhus Universitet
1. december 2019
(enkelte opdateringer 28. oktober 2023)

Resumé

Dette notat er en kort beskrivelse af forsøgsfaget teknologiforståelse og de fire kompetenceområder som konstituerer faget. Den korte beskrivelse følges op af argumenter for i almen uddannelse at etablere et nyt fundamentalt fag – et fag, der handler om mere end blot at forstå digital teknologi. Informatik beskrives som en fjerde sprogform/kulturteknik, hvormed vi kan erkende og udtrykke os på radikalt nye måder. Teksten henviser til uddybende materiale (såvel tekster som videoer), der eksemplificerer informatik som en fjerde sprogform/kulturteknik.

Indhold

1. Forsøgsfaget og de fire kompetenceområder	1
2. Den computationelle revolution – it er ikke bare "endnu en teknologi" ...	2
3. Behovet for et nyt fundamentalt fag	4
4. Det handler om mere end at forstå (digital) teknologi	5
5. Kunstig intelligens	6
6. Informatik som en fjerde sprogform/kulturteknik	7
7. Eksempler på brug af computationelt sprog	8
8. Referencer	9

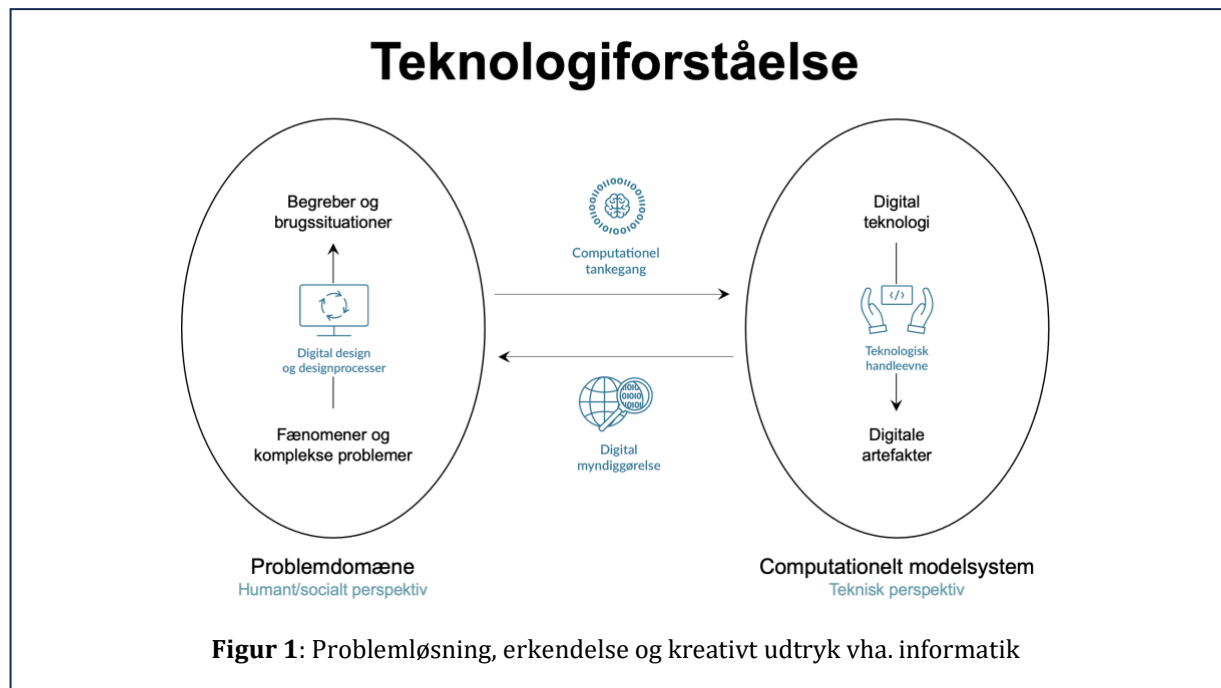
1. Forsøgsfaget og de fire kompetenceområder

I 2018 er der udviklet et nyt forsøgsfag, teknologiforståelse til den danske folkeskoles 1.-9. klasse [[UVM, 2018b](#)].

Formålet med faget er, at eleverne udvikler faglige kompetencer og opnår færdigheder og viden, så de konstruktivt og kritisk kan deltage i udvikling af digital teknologi og forstå dennes betydning.

Elevernes mestring af faget fordrer en beherskelse af digitale designprocesser og af digitale teknologiers sprog og principper med henblik på iterativt og i samarbejde at kunne analysere, designe, konstruere, modificere og evaluere digitale artefakter (1) til problemløsning, (2) til erkendelse og til kreativt udtryk ('Learn to Compute' og 'Compute to Learn').

Målene for og indholdet af faget kan beskrives ift. figur 1. Overordnet set afspejler figuren det at tage en del af virkeligheden og repræsentere den i computeren med henblik på at skabe et digitalt artefakt, der adresserer et problem, bidrager til erkendelse eller skaber et kreativt udtryk.



Beskrivelsen af fagligheden er struktureret i fire kompetenceområder:

- Digital myndiggørelse
- Digital design og designprocesser
- Computational tankegang
- Teknologisk handleevne



Digital myndiggørelse omhandler kritisk, reflektiv og konstruktiv undersøgelse og forståelse af digital teknologis muligheder og konsekvenser, og hvordan det former vores liv som individer, grupper og samfund. Dette kompetenceområde er for informatikken hvad f.eks. litteraturanalyse er for danskfaget.

Digital design og designprocesser omhandler tilrettelæggelse og gennemførelse af en iterativ designproces under hensyntagen til fremtidig brug.

Computational tankegang omhandler analyse, modellering og strukturering af data og dataproceser udtrykt i modeller (f.eks. algoritmer, data- og interaktionsmodeller).

Teknologisk handleevne omhandler mestring af computersystemer, digitale værktøjer og tilhørende sprog samt programmering.

Ved design af fagligheden er der tilstræbt "balance" i figuren både ift. at have blik for den verden, vi lever i og ønsker at leve i (problemdomænet), og de muligheder, som digitalisering repræsenterer. Der er store muligheder i det digitale, men også store spørgsmål alle skal klædes på til at kunne stille, diskutere, have informerede holdninger til og kunne være med til at besvare. Ambitionen er kort sagt at udvikle elevernes computationelle sprog (den fjerde sprogform/kulturteknik) og samtidig udvikle elevernes kritiske sans ift. digital teknologi.

Ligeledes er der en væsentlig balance mellem de fire kompetenceområder, som på afgørende vis beriger hinanden og er hinandens forudsætninger: Uden computationel tankegang bliver digital myndiggørelse hul og overfladisk, og uden digital myndiggørelse og digital design bliver computationel tankegang og teknologisk handleevne løsrevet fra anvendelsesperspektivet, som er afgørende for en kritisk tilgang til konstruktion af digital teknologi – en tilgang, hvor der er fokus på værdiskabelse i problemdomænet fremfor ensidigt fokus på teknologiske muligheder.

Fagligheden bør også indgå som obligatorisk komponent i ungdomsuddannelser og videregående uddannelser, naturligvis afstemt i kompleksitet og abstraktionsniveau til det pågældende uddannelsesniveau og tonet til den faglige kontekst. Med informatikfaget i ungdomsuddannelserne er vi allerede godt på vej, men dette fag bør naturligvis justeres i lys af de nye tiltag i grundskolen.

På Danmarks læringsportal, emu.dk, er der et område med [information om forsøgsfaget teknologiforståelse](#). Undervisningsministeriet har fået produceret fem korte videoer om teknologiforståelse, en overordnet og en om hvert af de fire kompetenceområder. Videoerne kan findes under menupunktet [Om forsøget](#).

2. Den computationelle revolution – it er ikke bare "endnu en teknologi"

Det er en udbredt fortælling, at vi med digitaliseringen oplever en radikal teknologisk forandring, der bl.a. omtales som industri 4.0 – en industriel revolution, der startede i slutningen af det 18. århundrede, og nu skulle have nået sit fjerde stadie.

Men it er ikke bare "endnu en teknologi" som fx kniven, dampmaskinen, telegrafene og MR-scanneren. It er en teknologi ulig enhver anden teknologi menneskeheden har frembragt. Alle andre teknologier strækker menneskeheden *fysiske formåen* og tillader os at komme hurtigere fra et sted til et andet, at generere energi, at udvikle livsvigtig medicin, at forfine fødevarerproduktion, osv.

It er helt afgørende for enhver anden moderne teknologi, men den essentielle og unikke kvalitet ved it er, at den strækker vores kognitive formåen. Dermed åbnes for radikalt nye muligheder – såvel erkendelsesmæssigt som udtryksmæssigt.

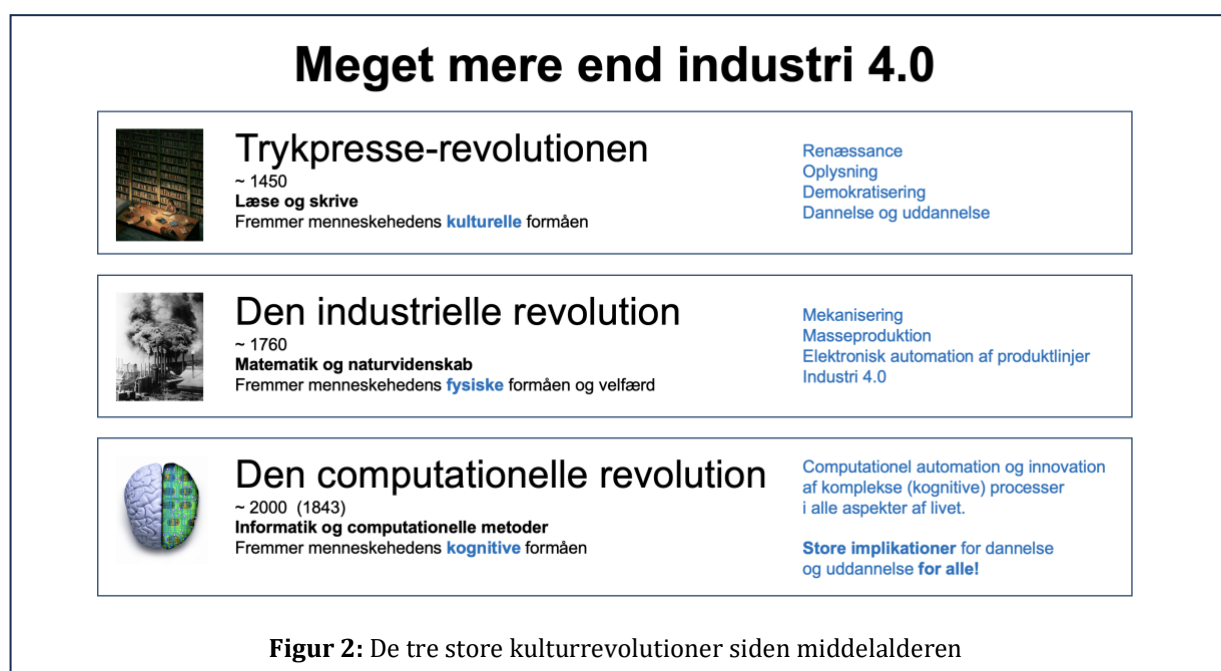
Der er således ikke bare tale om endnu et skridt i den velkendte teknologiske udvikling; der er tale om en ny revolution. Som vi taler om revolutionen med Gutenbergs opfindelse af trykpressen i 1400-tallet og den industrielle revolution fra slutningen af 1700-tallet, kan man

med rette tale om den digitale eller **computationelle revolution**, der takket være Ada Lovelace startede i 1843, men som vi alment først for alvor er ved at erkende [[Caspersen et al., 2018](#), p. 2].

Trykpresserevolutionen, der udbredte læsning og skrivning, medvirkede til at fremme menneskehedens *kulturelle formåen* og gav os med renæssancen og oplysningstiden grundlaget for demokratisering samt almen uddannelse og dannelse.

Den industrielle revolution, der skabte den moderne matematik og naturvidenskab (og omvendt), medvirker til at fremme menneskehedens *fysiske formåen* og velfærd og har bl.a. givet os mekanisering, masseproduktion og elektronisk automation af produktlinjer.

Den computationelle revolution, der skabte informatikken¹ (og omvendt), medvirker til at fremme menneskehedens *kognitive formåen* og giver os (delvis) automatisering og innovation af komplekse (kognitive) processer i alle aspekter af livet [[Caspersen et al., 2018](#), pp. 17-18].



Hver af disse revolutioner har store implikationer for uddannelse og dannelse. Specielt kan man med den computationelle revolution tale om et fjerde skridt i vores sproglige udvikling: talesprog, skriftsprog, matematisk sprog og nu computationelt sprog. Hvert nye sprog har resulteret i, at ting, der før var svære eller umulige at udtrykke, kan udtrykkes meget klarere, men det forudsætter naturligvis at man mestrer sproget.

Således også med det computationelle sprog, der gør det muligt at beskrive processer, herunder kognitive processer, og få dem udført automatisk. I princippet kan alt, hvad vi kan tænke, til en vis grad repræsenteres computationelt. Vi er endnu ikke i nærheden af at kunne begribe de muligheder og risici, det medfører.

Men en ting er sikkert: at afholde børn og unge fra at lære det computationelle sprog vil skabe en ekstrem ulighed, som vil afskære "analfabeterne" fra at kunne bidrage på lige fod til samfundet – ikke ulig det monopol kirken havde i middelalderen ift. latin og skriftsprog.

¹ Informatik benyttes som fællesbenævnelse for it-faglige discipliner på tværs af hovedområder.

Den essentielle digitale kløft er ikke mellem dem, der kan bruge digitale værktøjer, og dem der ikke kan. Den essentielle digitale kløft er mellem dem der skaber teknologien, og os der er underlagt den.

De konkrete teknologier, der har set dagens lys gennem det sidste halve århundrede (f.eks. internettet, www og de såkaldte sociale medier), er kun begyndelsen; i de næste 15-20 år vil vi se dramatiske forandringer, der vil udvikle alle professioner samt skole- og videnskabsfag og give radikalt nye muligheder.

Digitale teknologier udfordrer radikalt den måde, vi tænker, forstår og organiserer verden på, og de griber ind i vores samfundsstrukturer juridisk, økonomisk, demokratisk, sundhedsfagligt, videnskabeligt m.v.

Personer, der ikke forstår præmisserne for digitaliseringen, vil i stigende grad være stillet som de, der for århundreder tilbage ikke kunne læse og skrive. Med andre ord: Den største fare er ikke "kloge" robotter, men dumme mennesker [[Besenbacher & Caspersen, 2017](#)].

Det er vigtigt at omfavne de muligheder allerede fra en tidlig alder. I konsekvens heraf bør alle elever, studerende og lærere – ja, borgere generelt – ikke blot have digitale brugskompetencer, men have viden, færdigheder og kompetencer inden for informatik.

Men hvorfor egentlig? Er informationsteknologien ikke bare en service, der bliver mere og mere transparent og integreret i stort set alt, hvad vi foretager os – nærmest som civilisationens operativsystem – og som vi blot skal koncentrere os om at forbruge med måde og omtanke? Hvorfor skal alle lære at kunne *udtrykke sig* med den digitale teknologi?

Populært og meget forenklet kan man sige, at på samme måde som vi lærer at skrive og skriver for at lære, skal man lære at kode og kode for at lære [[Resnick, 2015](#)]. For så vidt giver det mening at tale om informatik som det 21. århundredes matematik og programmering som det 21. århundredes skrivning.

Faktisk er der en stærk parallel mellem skriftsprog og computationelt sprog, meget stærkere end parallellen mellem matematik og computationelt sprog. På mange måder – naturligvis ikke alle, men på mange måder – kan man sammenligne den computationelle revolution med udviklingen og betydningen af skriftsproget [[Schmandt-Besserat, 2014](#)]:

Writing is humankind's principal technology for collecting, manipulating, storing, retrieving, communicating and disseminating information.

På sigt vil den computationelle revolution udvide opfattelsen af hvad viden, historie, kommunikation, forklaringer, overblik, forståelse osv. er, lige så gennemgribende som skriftsproget gjorde det, for hvem vil argumentere imod følgende "uskyldige" omskrivning?

Computing is humankind's principal technology for collecting, manipulating, storing, retrieving, communicating and disseminating information.

3. Behovet for et nyt fundamentalt fag

Det er ikke bare tekstbehandling, filsystemer, Google-søgning, e-mail og samarbejdsværktøjer der her tænkes på – ikke digitale redskaber til håndtering af tekst, som vi allerede kender det og er fortrolige med. Derimod er det fx *computationelle tekster* [[Wolfram, 2017](#); [Somers, 2018](#)] og andre computationelle udtryk, som i stigende grad supplerer skriftsprog.

Det er i dette lys, vi skal se behovet for et nyt skolefag. Og ikke blot endnu et fag i rækken, men et fag der på samme måde som sprog og matematik er afgørende for at kunne excellere i alle fag og professioner [[Caspersen et al., 2019](#)].

Som samfund er vi nu parat til at realisere dette behov, men pointen om behovet for et nyt fundamentalt og alment dannende skolefag er ikke ny. Peter Naur, Danmarks første professor i datalogi og vinder af Turingprisen, datalogiens Nobelpris, fremførte argumentet allerede i 1966-67 [Naur, 1967]:

Har man således indset, at datalogien på den ene side sammenfatter en lang række centrale menneskelige aktiviteter og begrebsdannelser under ét samlende synspunkt, og på den anden side formår at befrugte og forny tankegangen i en lige så lang række fag, da kan man ikke være i tvivl om at datalogien må have en plads i almenuddannelsen.

For at nå til en rimelig forestilling om hvordan denne placering bør være er det naturligt at sammenligne med fag af lignende karakter. Man vil da nå frem til sproglære og matematik, som er de nærmeste analoge. Både datalogien og disse to fagområder beskæftiger sig med tegn og symboler der er opfundet af mennesker som hjælpemidler. Fælles for de tre emner er også deres karakter af redskaber for mange andre fag.

I uddannelsen må de derfor indgå på to måder, dels som hjælpefag ved studier af mange andre fag, dels som hovedfag ved uddannelsen af specialister i selve disse emner. Vi har jo alle måttet gennemgå meget betydelige mængder sprog, regning og matematik i skolen, uanset at kun ganske få af os er blevet lingvister eller matematikere. På lignende måde må datalogien bringes ind i skoleundervisningen og forberede os alle på i tilværelsen i datamaternes tidsalder, ganske som læsning og skrivning anses som en nødvendig forudsætning for tilværelsen i et samfund der er præget af tryksager.

4. Det handler om mere end at forstå (digital) teknologi

Det er altså ikke bare et spørgsmål om at forstå den digitale teknologi. Det er et meget mere grundlæggende og fundamentalt behov som den computationelle revolution afføder. I den forbindelse er den digitale teknologi faktisk ikke det primære, som det fremgår af læseplanen for folkeskolens forsøgsfag [[UVM, 2018b](#), p. 6]:

Fagidentiteten for forsøgsfaget [teknologiforståelse] defineres af informatikkens fundamentale og teknologiuafhængige principper, tænkemåder, udtryksformer, arbejdsformer og implikationer:

- *Principper – f.eks. digitalisering, automatisering, koordinering, strukturering, redesign og evaluering.*
- *Tænkemåder – f.eks. rammesætning, divergent og konvergent tænkning, begrebsdannelse, strukturanalyse, abstraktion samt logisk og algoritmisk tænkning.*
- *Udtryksformer – f.eks. data- og procesbeskrivelser, modellering, prototyping, design og programmering.*
- *Arbejdsformer – f.eks. teknologianalyse, formålsanalyse, brugsstudier, begrebsmodellering, iterative designmetoder, brugerinddragelse, tinkering, remixing, trinvis forbedring, test og fejlretning.*
- *Implikationer – f.eks. privathed, sikkerhed og validitet af data og information, der berører etiske aspekter af digitale teknologiers rolle som katalysator for forandringer i samfundet*

og digitale artefakters betydning for og påvirkning af menneskelig aktivitet såvel individuelt som i sociale og faglige fællesskaber.

Således er teknologiforståelse en stabil faglighed, der har værdi langt ud over tidens aktuelle teknologi, og som langsigtet bidrager til elevernes selvstændige og kollektive myndiggørelse i relation til elevernes egen teknologibrug og til det digitaliserede samfund.

Og således påkalder indholdet af forsøgsfaget – selve fagligheden – sig en benævnelse der ikke fremhæver teknologien som det drivende og centrale. Digital teknologi er naturligvis meget væsentlig i faget, men den er et middel, ikke målet.

I det lys er benævnelsen 'teknologiforståelse' måske ikke den bedste. Lægger man dertil, at 'teknologi' er al for bred, og 'forståelse' er al for snæver, er der ikke meget tilbage, der berettiger benævnelsen.

Informatik er en mere passende benævnelse for faget og fagligheden, og det er der mange grunde til. På ungdomsuddannelserne benytter man den europæiske standard 'informatik'²; det burde man måske også gøre i folkeskolen.

Informatik en nøgtern benævnelse på linje med f.eks. biologi, musik, historie, matematik, fysik, dansk og idræt. Skulle man omvendt benævne disse andre fag efter samme logik som "teknologiforståelse", ville det blive til henholdsvis liv-, lyd-, fortids-, symbol-, univers-, bogstav- og bevægelsesforståelse.

5. Kunstig intelligens

I juni 2018 bragte The Atlantic kronikken *How the Enlightenment Ends* af Henry Kissinger [[Kissinger, 2018](#)]; heri skriver forfatteren bl.a.:

Heretofore, the technological advance that most altered the course of modern history was the invention of the printing press in the 15th century, which allowed the search for empirical knowledge to supplant liturgical doctrine, and the Age of Reason to gradually supersede the Age of Religion. Individual insight and scientific knowledge replaced faith as the principal criterion of human consciousness. Information was stored and systematized in expanding libraries. The Age of Reason originated the thoughts and actions that shaped the contemporary world order.

But that order is now in upheaval amid a new, even more sweeping technological revolution whose consequences we have failed to fully reckon with, and whose culmination may be a world relying on machines powered by data and algorithms and ungoverned by ethical or philosophical norms.

Den generelle udvikling af informatikken (i særdeleshed kunstige intelligens), ændrer menneskehedens viden, perception og virkelighed og dermed vores historie. Informatikken har gjort det muligt at automatisere et bredt spektrum af opgaver og har gjort det ved at lade maskiner spille en rolle – en mere og mere afgørende rolle – ifm. at drage konklusioner fra data og handle på basis heraf.

Den stigende overførsel af dømmekraft fra mennesker til maskiner betegner det revolutionære aspekt af informatik og kunstig intelligens som beskrevet af Kissinger i førnævnte kronik og er

² EU-Kommissionens Digital Education Action Plan 2021-2027 [[DEAP 2020](#), p. 47].

endnu en stærk grund til at inkludere informatik som en obligatorisk faglighed i almen uddannelse.

Peter Hesseldahls glimrende artikel *Kommer du over eller under algoritmen?* sætter fokus på udfordringen [[Hesseldahl, 2019b](#)].

6. Informatik som en fjerde sprogform/kulturteknik

Som nævnt i afsnit 2 kan man betragte informatikken som det fjerde trin i menneskehedens sproglige udvikling: (1) talesprog, (2) skriftsprog, (3) formelt sprog, specielt matematik og (4) computationelt sprog. Computationelle sprog kan bl.a. benyttes til at beskrive kognitive processer, der kan udføres automatisk.

Skriftsprog er grundlaget for hele vores kultur. Science er videnskaben, og matematik er sproget, bag den industrielle revolution. Informatik er videnskaben *og* sproget bag den computationelle revolution.

Hver ny sprogform muliggør, at ting, der før var komplekse og uden for almindelig fatteevne, kan gøres begribelige og bidrage til dannelse og kvantespring i civilisationens udvikling.

At vi alle har et skriftsprog, giver os en kraftfuld stemme i samfundet, så vi på alle måder kan bidrage og agere med egne idéer, holdninger osv.

Tilsvarende med matematisk sprog. Simple forhold mellem tal kan beskrives i enkle ligninger, der kan læres i skolen, men som er svære eller umulige at forstå, når de er udtrykt i almindeligt skriftsprog. Her illustreret med et poetisk eksempel i form af et af Piet Heins vidunderlige gruk:

It is indeed
too odd
for words
that half's
three quarters
of two thirds

Hvis det i stedet udtrykkes matematisk i form af en ligning:

$$\frac{1}{2} = \frac{3}{4} \cdot \frac{2}{3}$$

kan enhver, der er elementært matematisk skolet, straks verificere korrektheden af udsagnet. Men det omvendte gælder også: hvis man ikke er skolet, forstår man ikke en bjælde!

På samme måde giver informatikkens sprog mulighed for at simplificere beskrivelsen af vilkårlige såvel fysiske som kognitive processer samt at "levendegøre" disse [[Nowack & Caspersen, 2014](#)].

Eksempel: Matematisk modellering af bølger i form af koblede differentilligninger er voldsomt kompleks og utilgængelig for langt de fleste, men kan man lægge to tal sammen og dividere med to, kan man i et passende computationelt sprog lave en simpel og let tilgængelig digital bølgemodel, som børn og unge kan bruge til at undersøge avancerede begreber som amplitude, frekvens, interferens, plasticitet m.m.

På samme måde som bølgemodellen kan andre systemer repræsenteres ved hjælp af relativt simple og transparente computationelle modeller [[Musaeus, 2020](#)]. Modellerne er langt

nemmere at forstå end de tilsvarende matematiske modeller, og de har den ekstraordinære kvalitet, at de kan udføres/simuleres. Dermed inviterer de til "nærkontakt" i form af undersøgelse, justering af modellen ved simpel programmering, hypotesedannelse, eksperimenter, flere justeringer af modellen osv. Eleverne opnår hermed en dybere indsigt i fagligheden – bl.a. det Peter Hesseldahl omtaler som systemforståelse (se afsnit 7).

Beherskelse af nye sprogformer gør det muligt for os at tænke og udtrykke nye, supplerende tanker – at vokse intellektuelt både som individ og samfund – og med informatikkens mulighed for automatisering af abstraktioner kan disse tanker manifestere sig i vilkårligt avancerede digitale artefakter.

7. Eksempler på brug af computationelt sprog

Afslutningsvis henvises til fem eksempler på brug af computationelt sprog til erkendelse og/eller udtryk.

Maria Damlund er lærer på Hornbæk Skole, og hun var medlem af den ekspertskrivegruppe som i 2018 udviklede forsøgsfaget teknologiforståelse.

I artiklen [Teknologiforståelse – hvorfor og hvordan](#) publiceret i tidsskriftet MONA i september 2019 beskriver Maria Damlund sine erfaringer med at lade elever på 7. årgang bruge et computationelt udtryk til at beskrive fotosyntese. Artiklen indeholder også en evaluering af forløbet [[Damlund, 2019](#)].

Line Have Musaeus, tidligere gymnasielærer i biologi, kemi og bioteknologi, nu postdoc på Aarhus Universitet, arbejder bl.a. med, hvordan computationel modellering kan øge læringsudbyttet i STEM-fag i gymnasiet. Sammen med kolleger på Center for Computational Thinking and Design har Line Have Musaeus produceret videoen [Computational thinking og modellering i STEM-fag i gymnasiet](#), der giver en kort og let tilgængelig introduktion til metoden.

Peter Hesseldahl havde i oktober 2019 en visionær artikel med titlen [Systemforståelse – et fag du ikke kan få](#) i Altinget og Mandag Morgen. Peter Hesseldahl taler netop om en fjerde kulturteknik og giver talrige eksempler på hvorledes et computationelt sprog muliggør analyse og forståelse af dynamiske systemer, og det er ét eksempel på hvordan andre fag kan beriges ved at inddrage computationelle teknikker som beskrevet ovenfor [[Hesseldahl, 2019a](#)].

Stephen Wolfram har på sin blog et indlæg [What Is a Computational Essay?](#) fra november 2017 hvori han illustrerer begrebet "et computationelt essay", dvs. en tekst hvori der indgår computationelle elementer, som skaber et dynamisk og interaktivt essay, der understøtter at man kan udforske og eksperimentere med de ting som teksten handler om [[Wolfram, 2017](#)].

Stephen Wolframs blogindlæg illustrerer, hvordan vi alle om få år i stigende grad vil kunne kommunikere ved hjælp af computationelle elementer f.eks. i opgavebesvarelser i skolen og på videregående uddannelser, i artikler og læserbreve/kronikker, i arbejdsnotater og rapporter, i videnskabelige artikler [[Somers, 2018](#)] – ja sågar i en fødselsdagshilsen til mor – alle steder hvor det måtte være relevant, i forhold til det budskab man vil kommunikere, og de muligheder man vil give læseren for selv at grave videre i emnet ved hjælp af andre data og perspektiver.

Mitchel Resnick er LEGO Papert Professor og leder af forskningsgruppen [Lifelong Kindergarten](#) ved MIT i Boston. Mitch Resnick (og hans nu afdøde mentor, Seymour Papert) har i ca. 35 år samarbejdet med LEGO, og Mitch er regelmæssigt i Billund.

I videoen [Coding as the New Literacy](#) taler Mitch Resnick om programmering, som et nyt sprog hvormed man kan udtrykke idéer/kommunikere og lære/erkende [[Resnick, 2015](#)]. Han sammenligner med vores traditionelle skriftsprog og fremhæver at vi i skolen lære at skrive, men også skriver for at lære ('learn to write' og 'write to learn'). På samme måder mener han at børn skal lære at programmere, men også programmere for at lære ('learn to code' og 'code to learn'). Jeg anbefaler de første fire minutter af videoen ([0:07 - 3:56](#)) samt 48 sekunder hen mod slutningen ([12:31 - 13:19](#)). I den mellemliggende del af videoen taler Mitch Resnick om Scratch – det programmeringssprog som han og hans gruppe udviklede for ca. 12 år siden, og som i sit udtryk (måden man programmerer på) er kraftigt inspireret af LEGO.

8. Referencer

- Besenbacher, F. & Caspersen, M.E. (2017). [Faren er dumme mennesker, ikke kloge robotter](#). Kronik i Politiken, 4. december 2017.
- Caspersen, M.E., Iversen, O.S., Nielsen, M., Hjorth, A. & Musaeus, L.H. (2018). [Computational Thinking – hvorfor, hvad og hvordan?](#), It-vest – samarbejdende universiteter.
- Caspersen, M.E., Gal-Ezer, J., McGettrick, A.D. & Nardelli, E. (2019). [Informatics as a Fundamental Discipline for the 21st Century](#), Communications of the ACM 62 (4), DOI:10.1145/3310330.
- Damlund, M. (2019). [Teknologiforståelse – hvorfor og hvordan](#). MONA 2019-3, pp. 69-79.
- DEAP (2020). [Digital Education Action Plan 2021-2027 – Resetting education and Training for the digital age \(accompanying document\)](#), EU-Kommissionen.
- Hesseldahl, P. (2019a). [Systemforståelse – et fag du ikke kan få](#). Mandag Morgen, 10. oktober 2019.
- Hesseldahl, P. (2019b). [Kommer du over eller under algoritmen?](#) Mandag Morgen, 4. november 2019.
- Kissinger, H. (2018). [How the Enlightenment Ends](#). The Atlantic, June 2018.
- Musaeus, L. (2020). [Computational thinking og modellering i STEM-fag i gymnasiet](#) (kort video). Center for Computational Thinking and Design, Aarhus Universitet.
- Naur, P. (1967). [Datalogi – læren om data](#), Den anden af fem Rosenkjærforelæsninger i Danmarks Radio udgivet under titlen "Datamaskinerne og samfundet" af Munksgaard.
- Nowack, P. & Caspersen, M.E. (2014). [Model-Based Thinking and Practice — A Top-Down Approach to Computational Thinking](#), Proceedings of the 14th Koli Calling International Conference on Computing Education Research, Koli Calling 2014, Koli, Finland, November 2014.
- Resnick, M. (2015). [Coding as the new literacy](#), Serious Science.
- Schmandt-Besserat, D. (2014). [The Evolution of Writing](#). International Encyclopedia of Social and Behavioral Sciences, Elsevier.
- Somers, J. (2018). [The Scientific Paper is Obsolete](#). The Atlantic, April 2018.
- UVM (2018b). [Læseplan for forsøgsfaget teknologiforståelse](#), Undervisningsministeriet.
- Wolfram, S. (2017). [What is a Computational Essay?](#), Stephen Wolfram, LLC.