

Lancering af bogen *Computational Thinking – Teoretiske, empiriske og didaktiske perspektiver*
25. januar 2022

Computational Thinking

– kommentarer og refleksion

Michael E. Caspersen

Direktør, It-vest – samarbejdende universiteter
Adjungeret professor, Institut for Datalogi, Aarhus Universitet
mec@it-vest.dk

Redigeret af Nina Bonderup Dohn,
Robb Mitchell og Rocio Chongtay

COMPUTATIONAL THINKING

TEORETISKE, EMPIRISKE
OG DIDAKTISKE
PERSPEKTIVER



MEDIER
KOMMUNIKATION
JOURNALISTIK

Samfunds
litteratur

Computational thinking er
de kognitive processer som er involveret i
udvikling af it-artefakter og programmer
til at leve i verden i dag

1. Tre principielle kommentarer

Kommentar 1a: Vi må sondre mellem

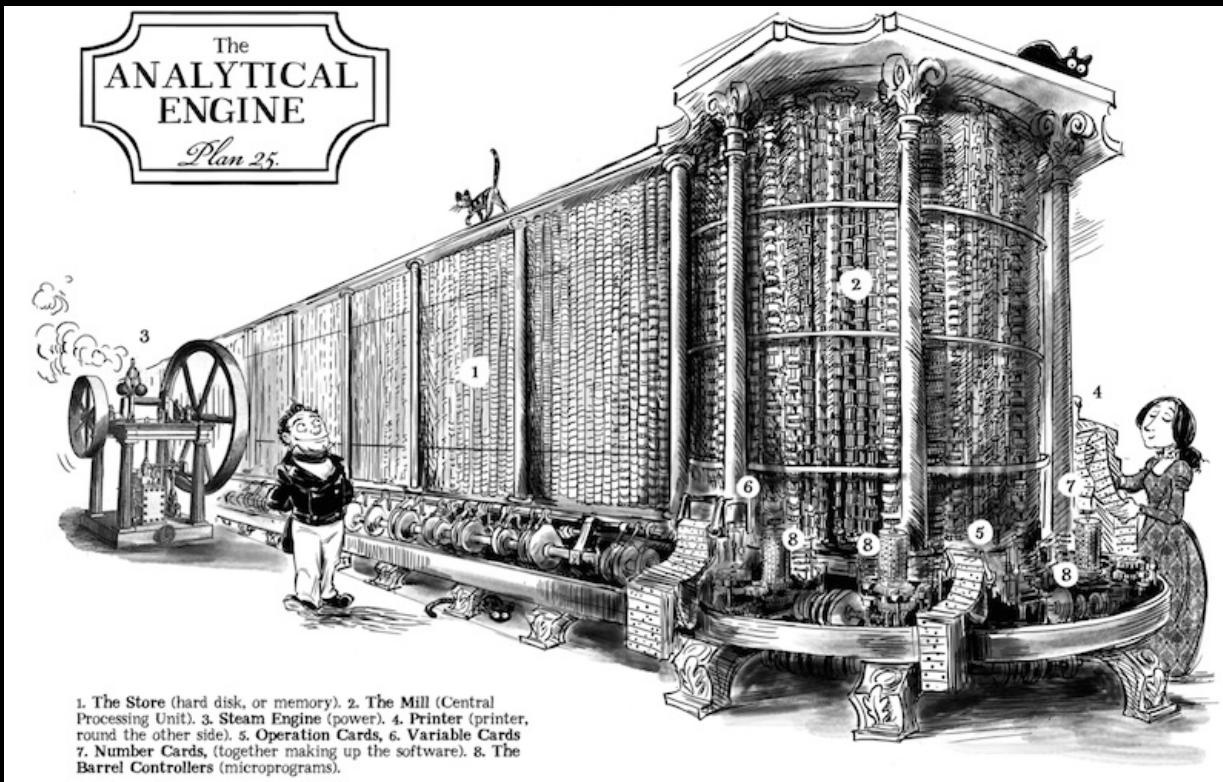
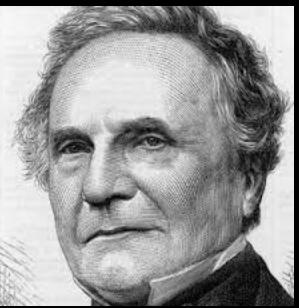
Kalkulation

(Charles Babbage)

og

Computation

(Ada Lovelace)



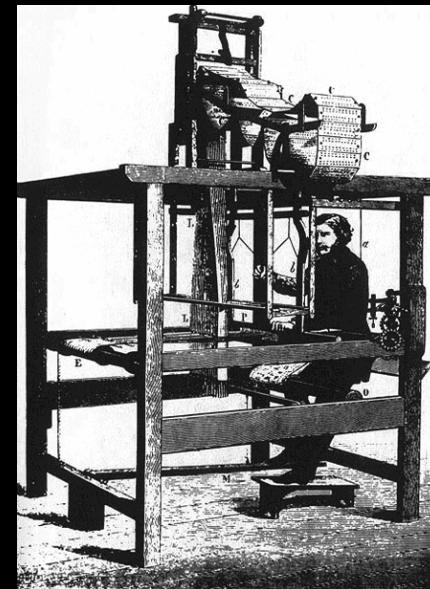
From Calculation to Computation

Again, it might act upon other things besides 'number' [...]

Supposing, for instance, that the fundamental relations of pitched sounds in the science of harmony and of musical composition were susceptible of such expression and adaptations, the engine might compose elaborate and scientific pieces of music of any degree of complexity or extent.

In fact, the engine may be described as being the material expression of any indefinite function of any degree of generality and complexity...

Ada Lovelace, 1843



Tre revolutioner – i hovedet m.m.



Trykpresse-revolutionen

~ 1450

Læse og skrive

Fremmer menneskehedens **kulturelle** formåen

Renæssance
Oplysning
Demokratisering
Dannelse og uddannelse



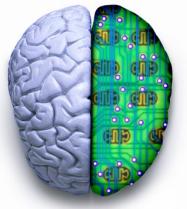
Den industrielle revolution

~ 1760

Matematik og naturvidenskab

Fremmer menneskehedens **fysiske** formåen og velfærd

Mekanisering
Masseproduktion
Elektronisk automation af produktlinjer
Industri 4.0



Den computationelle revolution

~ 2000 (1843)

Informatik og computationelle metoder

Fremmer menneskehedens **kognitive** formåen

Computationel automation og innovation af komplekse (kognitive) processer i alle aspekter af livet.

Store implikationer for dannelse og uddannelse **for alle!**

Kommentar 1b: Vi må sondre mellem

Specialiseret automat

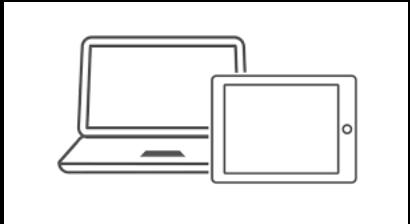
(Pascalines)

og

Universel automat

(Analytical Engine)

Den universelle automat

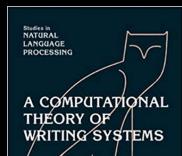
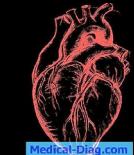
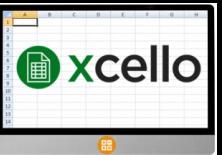


+



Computeren alene kan intet

Med software kan den (næsten) alt



Computer + software = konkrete teknologier
(og vi er kun lige begyndt...)

Den computationelle revolution muliggør
automatisering af abstraktioner
over næsten vilkårlige strukturer og processer
inden for alle fag, brancher og
videnskabelige domæner

Kommentar 2: Jeannette Wings CT-vision

Wings definition og karakteristik af CT har aldrig været ment som en anbefaling af nøglebegreber i et curriculum

Ikke begreber for et curriculum,
men en vision for inklusion
i alle videregående uddannelser.

Kommentar 3: En revolution i forskning

Det fjerde videnskabelige domæne

Teknik-, natur og sundhedsvidenskab

Naturen kan forstås – måles og vejes
Studie af og manipulation med naturen

Humaniora

Studie af menneskets kulturprodukter og sprog

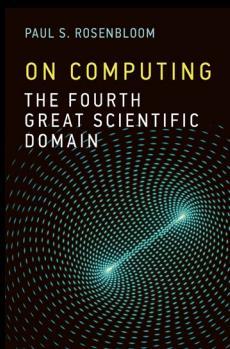
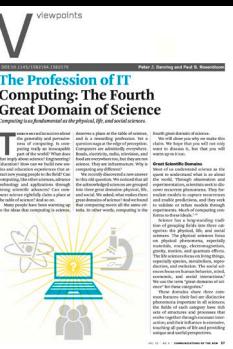
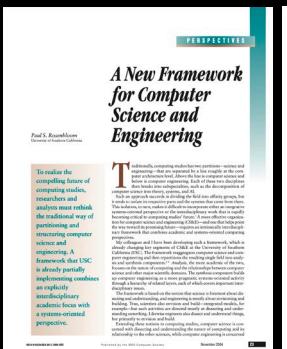
Samfundsvidenskab

Studie af samfund og organisationer

Informatik/Computing

Verden (den reelle og den imaginære) er 'computable'
Studie og konstruktion af (prototyper for)
computationelle strukturer, processer, artefakter og systemer

Rige relationer til og implikationer for
de tre klassiske videnskabelige domæner



Matti Tedre

Keynote @ ECSS 2015

The Computational “Paradigm” of Science and its Discontents

(~40 definitioner på CS og disciplinens udvikling
– Plumber or Empore)

Matti Tedre and Peter Denning

In *Informatics in the Future* (2017)

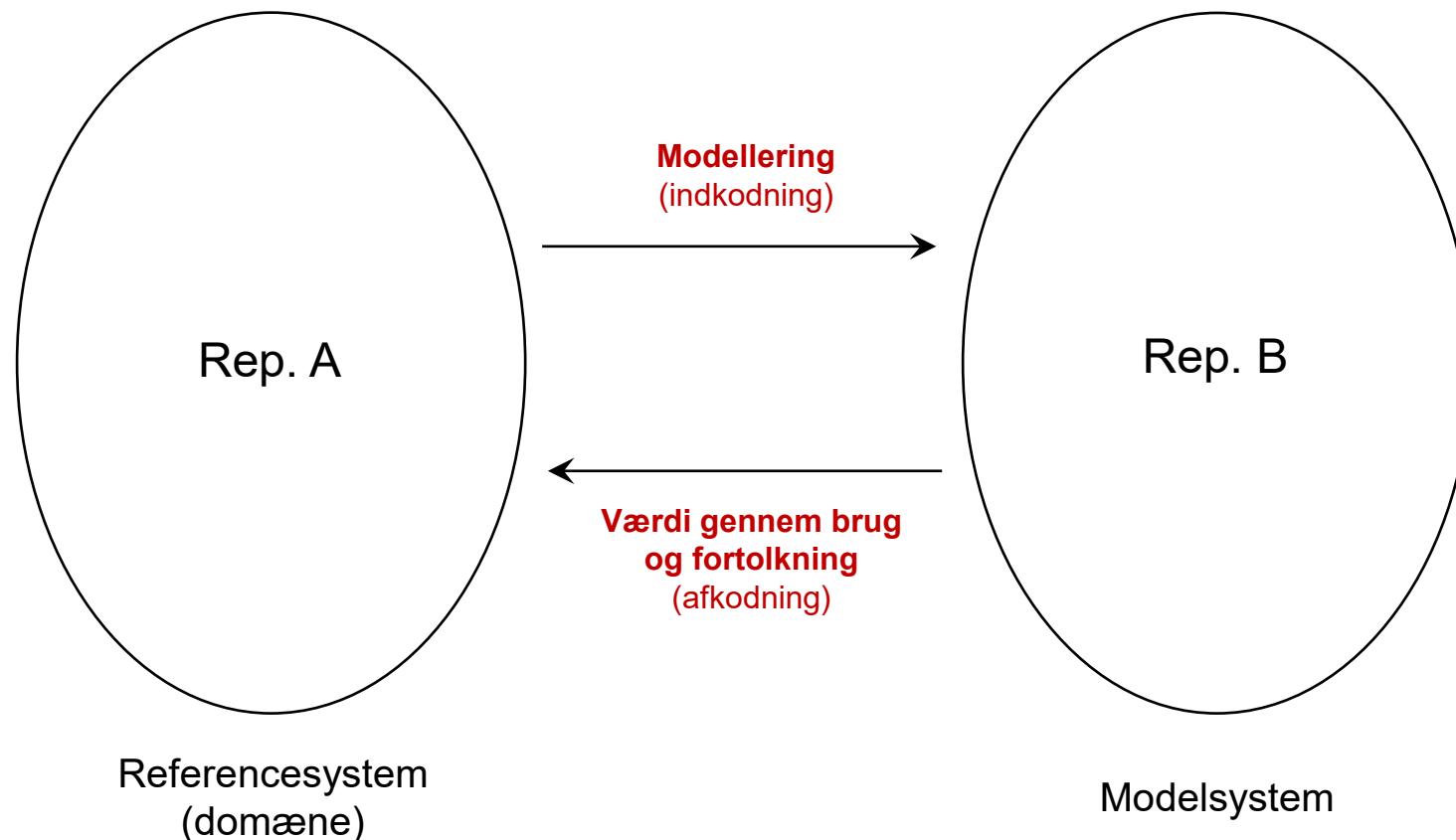
Shifting Identities in Computing: From a Useful Tool to a New Method and Theory of Science

2. Perspektivering

Modellering og
computationelt sprog

Modellering

Repræsentation af (abstraktion af) et domæne
mhp. at forstå egenskaber og dynamikker
(undersøge, udlede, påvise, afvise, ...)

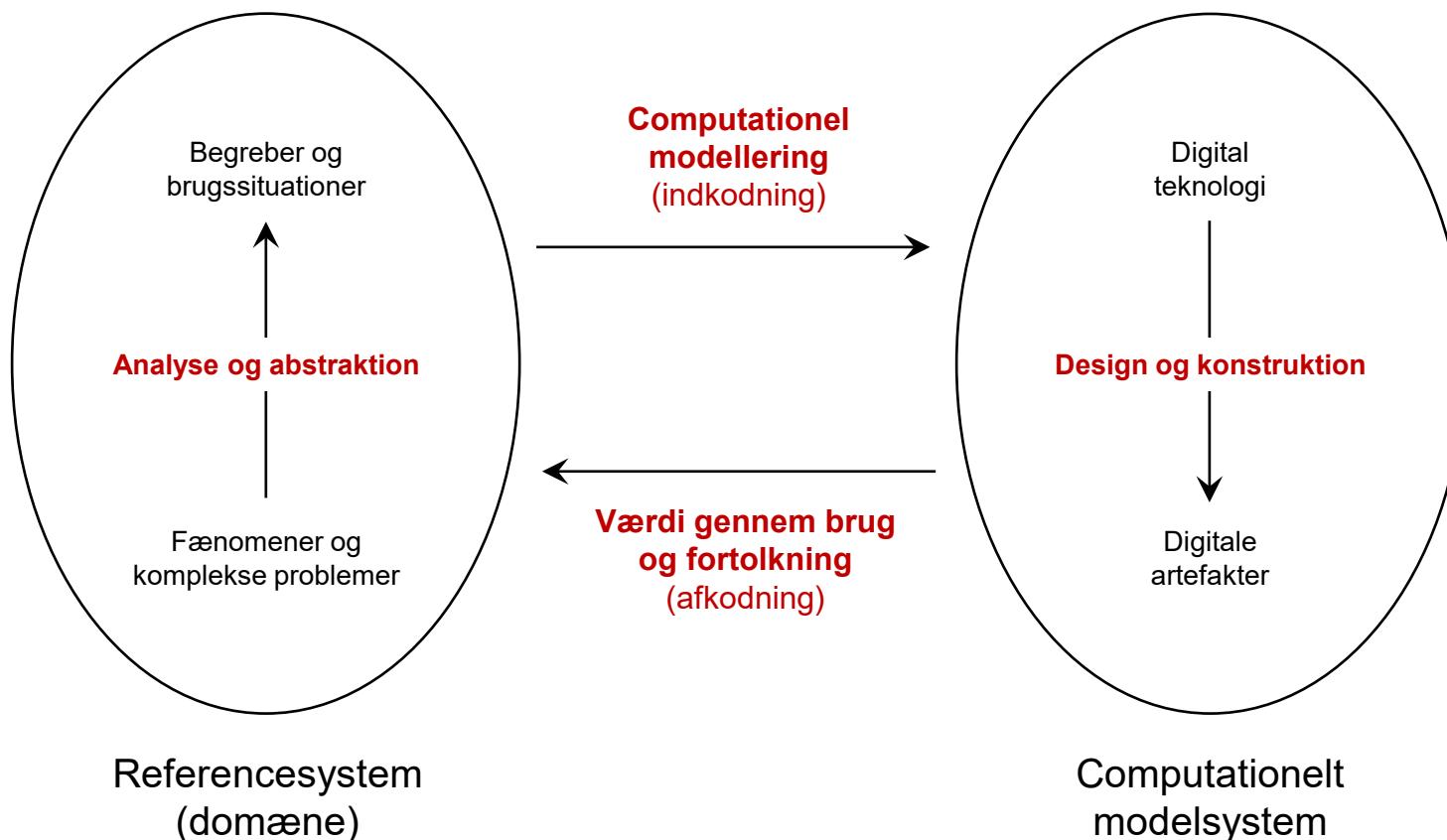


Repræsentationssprog

Åbner og afgrænser såvel kvalitativt som kvantitativt hvad der kan undersøges
og hvordan og dermed hvilke egenskaber, der kan påvises.

Computationel modellering

Computationel repræsentation af (abstraktion af) et domæne
mhp. at forstå egenskaber og dynamikker
(undersøge, udlede, påvise, afvise, ...)



Nyt repræsentationssprog

Giver såvel kvalitativt som kvantitativt **nye muligheder** for, hvad der kan undersøges og hvordan og dermed hvilke egenskaber, der kan påvises.

Den fjerde sprogform

Informatik/CT – et nyt sprog, en ny kulturteknik

1. Talesprog



2. Skriftsprog



3. Matematisk sprog

$E = mc^2$

$D = \frac{m}{c} k_B T$

$\Delta m = \frac{\Delta E_0}{c^2}$

$\frac{c+v}{1+\frac{cv}{c^2}}$

$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

$K = \int F dx$

$F = d(mu)/dt$

Det tog menneskeheden 150 år at blive enige om tegnet for lighed
(1557 - 1700)

4. Computationelt sprog



Naturligt vs. matematisk sprog

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

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

- Piet Hein

Matematisk vs. computationelt sprog (1)

The net vertical force from four sides is

$$\left(T \frac{\partial \zeta}{\partial x} \Big|_{x+dx} - T \frac{\partial \zeta}{\partial x} \Big|_x\right) dy + \left(T \frac{\partial \zeta}{\partial y} \Big|_{y+dy} - T \frac{\partial \zeta}{\partial y} \Big|_y\right) dx = T \left(\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2}\right) dx dy$$

Continuity of vertical force on an unit area of the surface requires

$$p_o + p + T \left(\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2}\right) = 0.$$

Hence

$$-\rho g \zeta - \rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} + T \left(\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2}\right) = 0, \quad z = 0. \quad (1.12)$$

which can be combined with the kinematic condition (1.3) to give

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} + g \frac{\partial \Phi}{\partial z} - \frac{T}{\rho} \nabla^2 \frac{\partial \Phi}{\partial z} = 0, \quad z = 0 \quad (1.13)$$

When viscosity is neglected, the normal fluid velocity vanishes on the rigid seabed,

$$\mathbf{n} \cdot \nabla \Phi = \mathbf{0} \quad (1.14)$$

Let the sea bed be $z = -h(x, y)$ then the unit normal is

$$\mathbf{n} = \frac{(\mathbf{h}_x, \mathbf{h}_y, 1)}{\sqrt{1 + h_x^2 + h_y^2}} \quad (1.15)$$

Hence

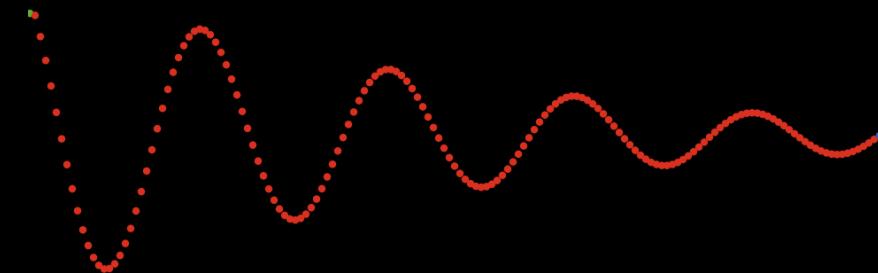
$$\frac{\partial \Phi}{\partial z} = -\frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial \Phi}{\partial x} - \frac{\partial h}{\partial y} \frac{\partial \Phi}{\partial y}, \quad z = -h(x, y) \quad (1.16)$$

Centralt

Stokastiske metoder, differentialligninger
og mange andre "gode" sager

40 sider ikke-triviel matematik

Bølgemodel



```
set yvel yvel + ((([ypos] of (turtle (who - 1))) - ypos) +  
                  ([ypos] of (turtle (who + 1))) - ypos))  
set yvel ((1000 - friction) / 1000) * yvel ;; apply friction
```

Decentralt

Simpel lokal regel: $(a+b)/2$
Emergens og dynamik "foræret"

Agentbaseret modellering (ABM)

Matematisk vs. computationelt sprog (2)

$S \rightarrow I \rightarrow R$,

mens den totale populationsstørrelse $N = S + I + R$ er konstant.

Hvis antallet af modtagelige og smittende individer til tiden $t = t_0$ er $S(t_0)$ hhv. $I(t_0)$, så vil antallet af modtagelige til tiden $t = t_0 + \Delta t$ være

$$S(t_0 + \Delta t) = S(t_0) - c \frac{I(t_0)}{N} S(t_0) \Delta t, \quad (1)$$

idet hver af de modtagelige individer har $c\Delta t$ kontakter, og sandsynligheden for at en kontakt fører til smitte er I/N . Tilsvarende bliver antallet af smittende individer

$$I(t_0 + \Delta t) = I(t_0) + \frac{c}{N} I(t_0) S(t_0) \Delta t - b I(t_0) \Delta t, \quad (2)$$

hvor b angiver den rate, hvormed syge individer bliver raske og ophører med at smitte. Da populationsstørrelsen er konstant, kan $R(t)$ beregnes som $R(t) = N - S(t) - I(t)$.

Ligning (1) og (2) er udledt under antagelse af, at S og I ikke ændres i løbet af tidsrummet Δt . Tidsintervallet skal altså være lille og ved grænseovergangen $\Delta t \rightarrow 0$ fås nu to koblede ikke lineære differentialligninger:

$$S'(t) = -\beta S(t) I(t) \quad (3)$$
$$I'(t) = \beta S(t) I(t) - b I(t), \quad (4)$$

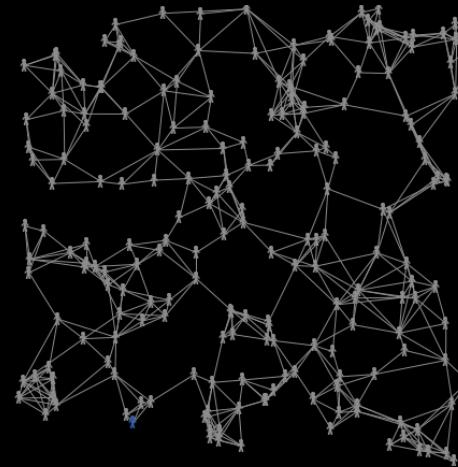
hvor mærket efter den variable betyder differentiation efter tiden. Parameteren $\beta = c/N$ kaldes *transmissionsparameteren*; den er matematisk bekvem, men vanskelig at tolke biologisk.

Centralt

Stokastiske metoder, differentialligninger
og mange andre "gode" sager

25 sider ikke-triviel matematik

Epidemimodel



The Washington Post

March 14, 2020

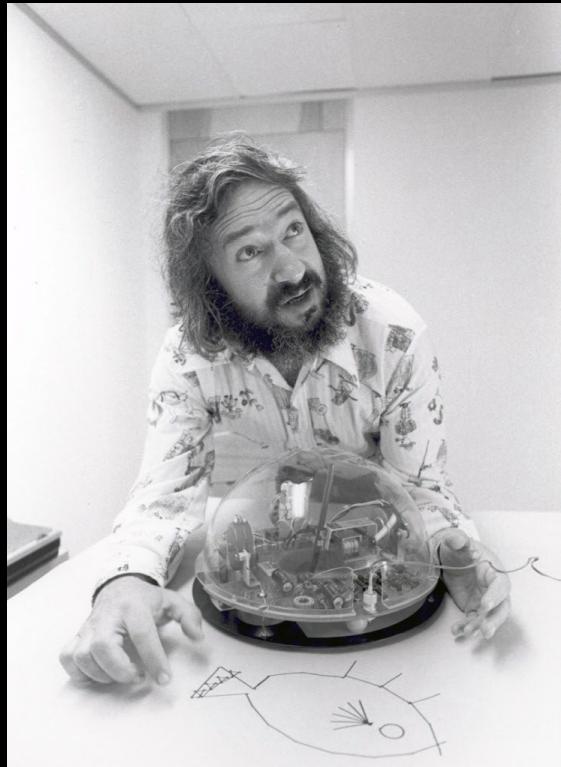
```
ask people with [infected?][  
  ask my-links with [random-float 1 < probability-of-interaction] [  
    if random 100 < 15[ ask other-end [ if not infected? and not immune? [ set infec  
  ]  
]
```

Decentralt

Simpel lokal regel
Emergens og dynamik "foræret"

Agentbaseret modellering (ABM)

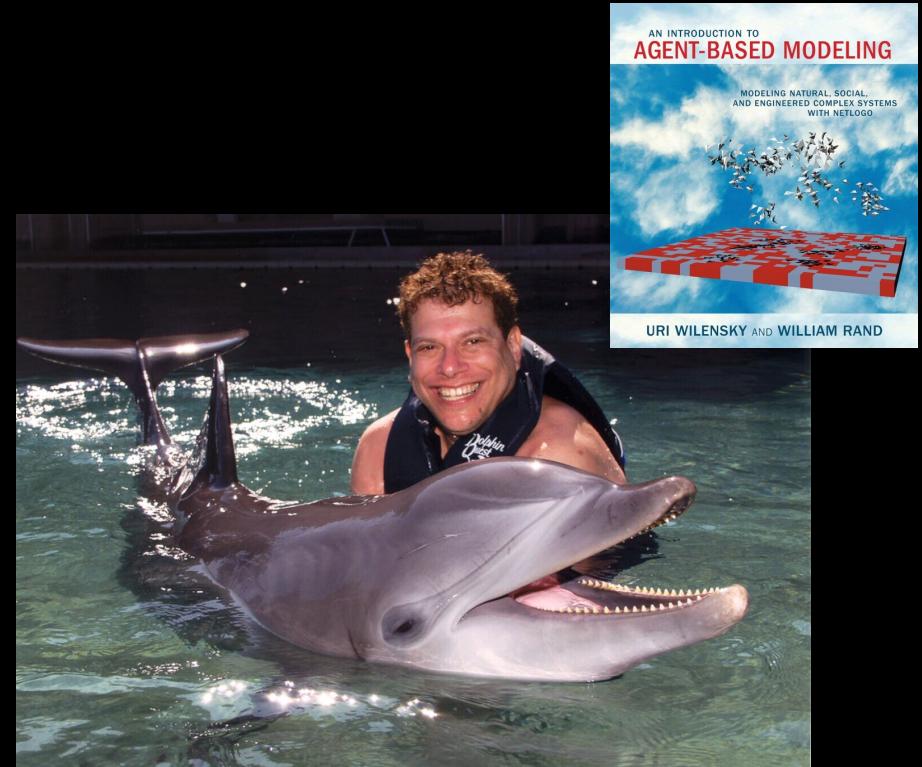
Beyond the Centralized Mindset



Seymour Papert og én turtle
Logo, 1967



Mitch Resnick og 1.000 turtler
StarLogo
(PhD, 1992)



Uri Wilensky (og en delfin)
NetLogo
(PhD, 1993)

Computational Thinking

Computational Thinking

Thinking like a computer scientist

Computational Thinking

Thinking like a computer

Computational Thinking



Thinking Like a Computer

BY PETER J. DENNING, MATTI TEDRE

Computational Thinking

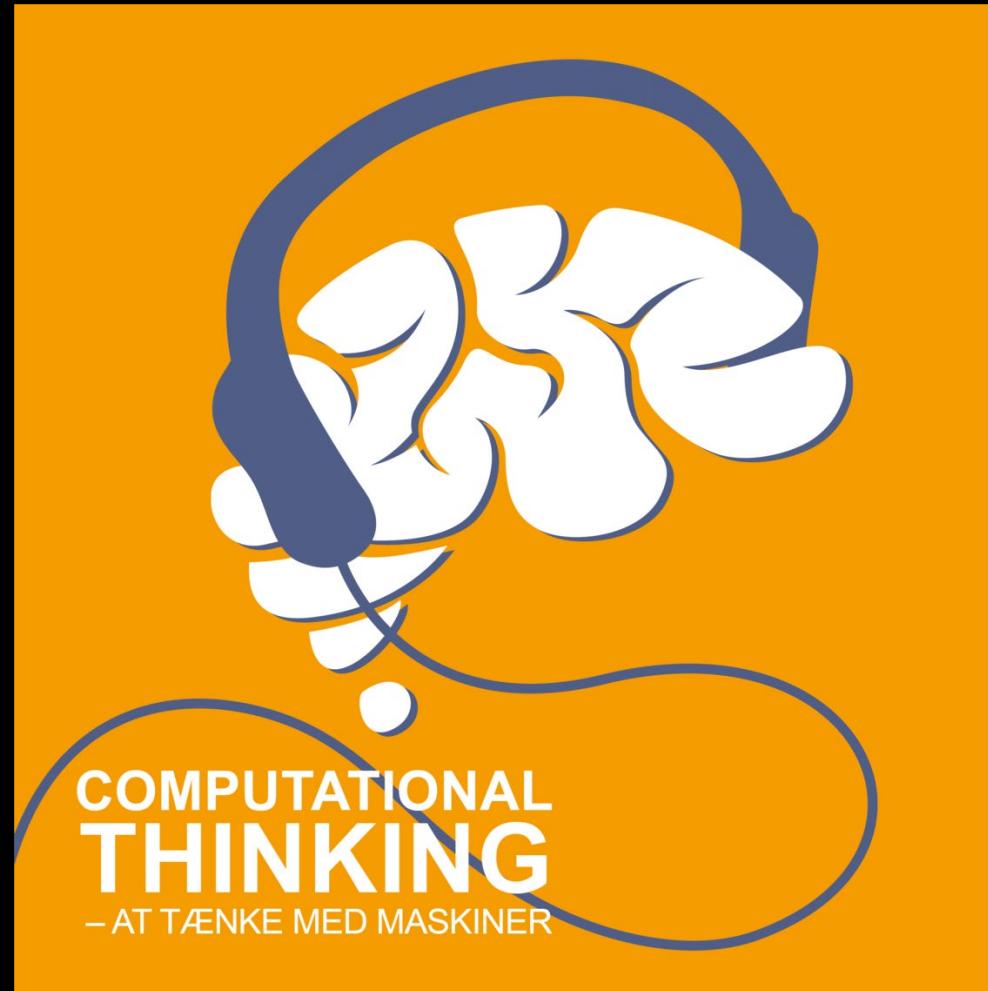
Thinking with a computer



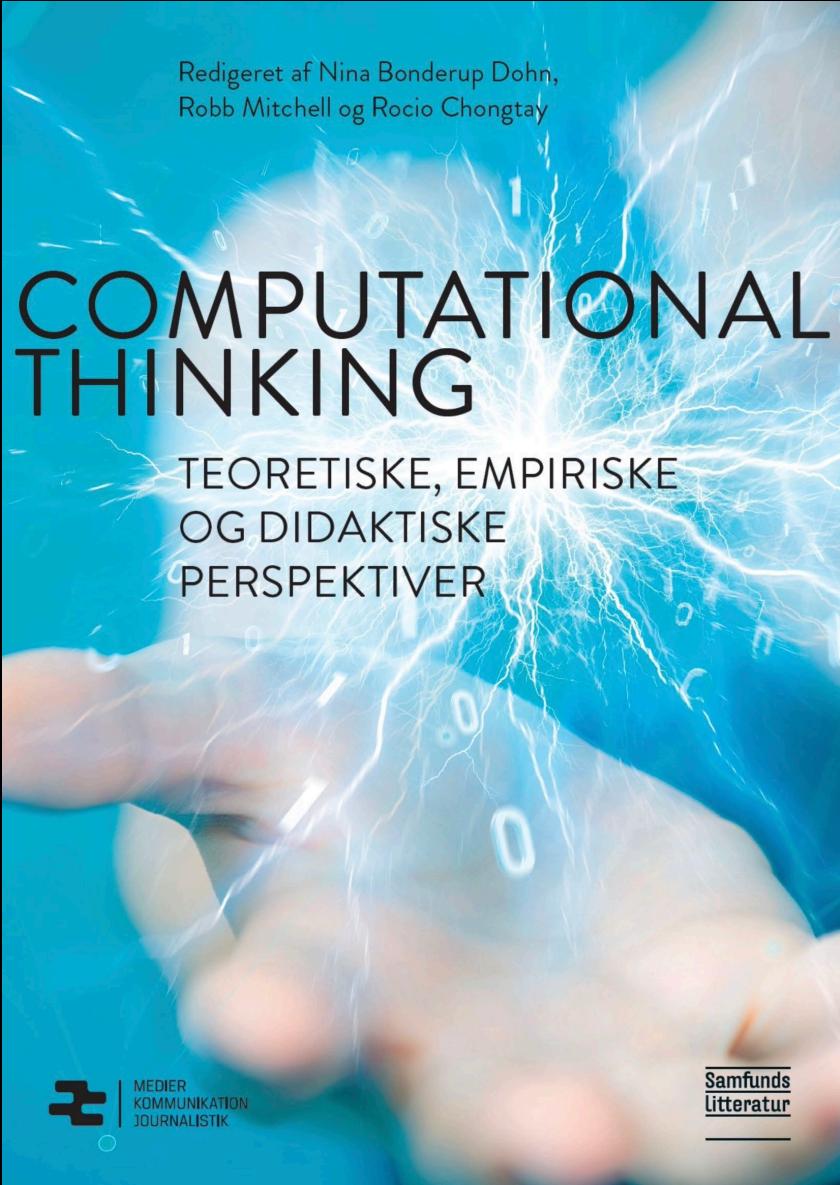
COMPUTATIONAL **THINKING**

– AT TÆNKE MED MASKINER

COGITARE CUM MACHINARUM ☺



Tre sæsoner, 17 episoder ... and still counting



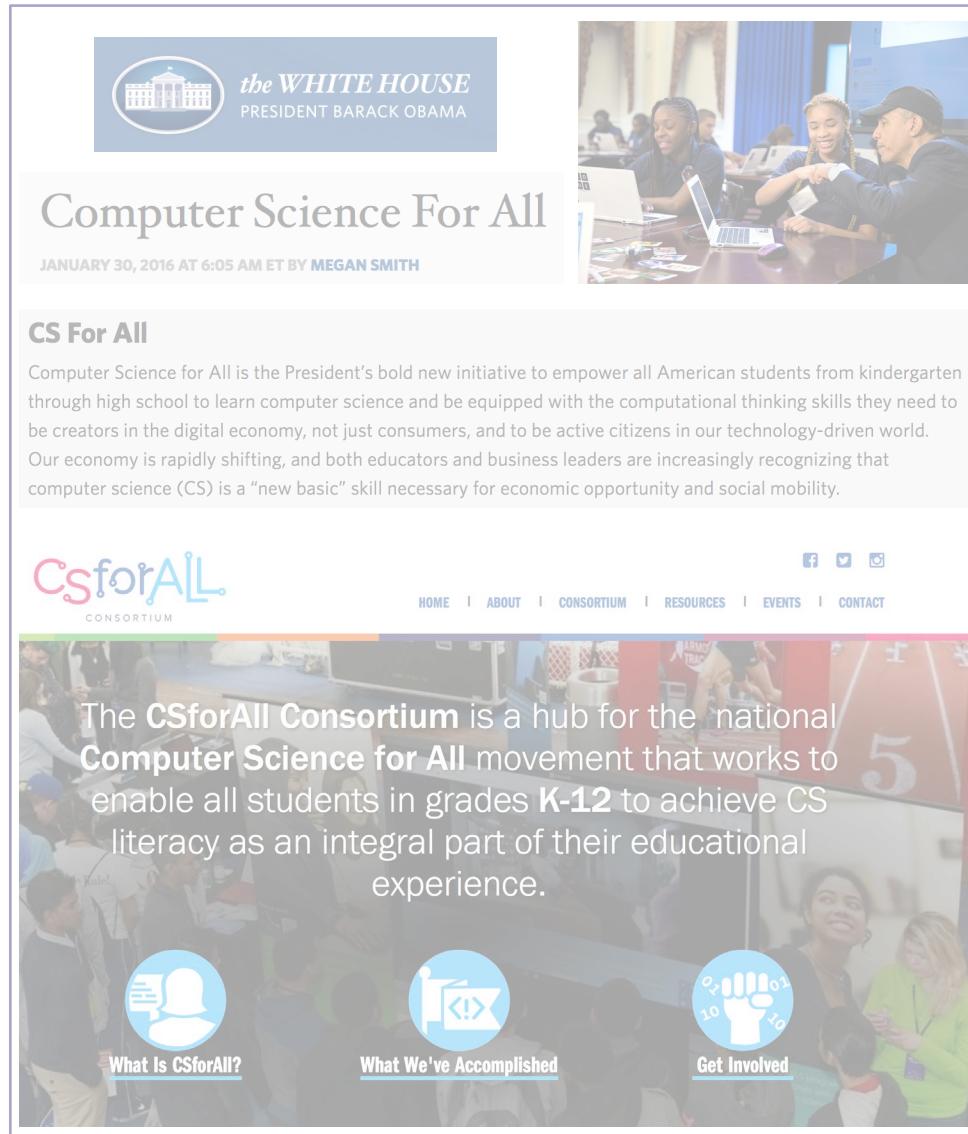
Computational Thinking

– et buzzord?



Bonus Slides

CS for All



The screenshot shows a news article from the White House website. At the top left is the White House logo with the text "the WHITE HOUSE" and "PRESIDENT BARACK OBAMA". Below it is the title "Computer Science For All" and the date "JANUARY 30, 2016 AT 6:05 AM ET BY MEGAN SMITH". To the right is a photo of three people at a table with laptops. The main text discusses the President's initiative to empower all American students to learn computer science. It highlights the shift in economy and the recognition that computer science is a "new basic" skill. The bottom section features the "CsforALL CONSORTIUM" logo and navigation links for HOME, ABOUT, CONSORTIUM, RESOURCES, EVENTS, and CONTACT. A large banner image shows students in a classroom setting. Below the banner are three circular icons with text: "What Is CSforAll?", "What We've Accomplished", and "Get Involved".

Informatics for All

Informatics for All

A similar joint effort
by a coalition of
the major
informatics organisations
in Europe



Informatics for All: The Strategy

Informatics for All The strategy

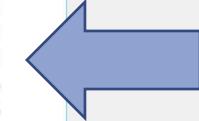
ACM Europe & Informatics Europe
February 2018



Contents

Executive Summary

1. Introduction	3
1.1 The Committee on European Computing Education	3
1.2 Case Studies	4
1.2.1 Initiatives in the US	4
1.2.2 Initiatives in the UK	4
2. Informatics for All	5
2.1 Initiative Statement	5
2.2 Two-tier strategy at all educational levels	5
2.2.1 Specialisation	6
2.2.2 Integration	6
2.3 A Grand Educational Challenge	6
3. Curriculum matters	7
3.1 Findings from CECE report	7
3.2 Curriculum considerations	7
3.3 Comments on Digital Literacy	8
4. Teachers	9
4.1 Availability of teachers	9
4.2 Preparing teachers	9
5. Research	10
5.1 Curriculum	10
5.2 Teaching methods and tools	10
5.3 Teaching the teachers	11
6. Towards Implementation	11
Acknowledgements	12



Hannes Werthner
Erich Prem
Edward A. Lee
Carlo Ghezzi *Editors*

Perspectives on Digital Humanism

OPEN ACCESS

 Springer

Informatics as a Fundamental Discipline in General Education: The Danish Perspective



Michael E. Caspersen

Abstract Informatics in general, and the particular development of artificial intelligence, is changing human knowledge, perception, and reality, thus radically changing the course of human history. Informatics has made it possible to automate an extraordinary range of tasks by enabling machines to play an increasingly decisive role in drawing conclusions from data and then taking action. The growing transfer of judgment from human beings to machines denotes the revolutionary aspect of informatics.

For societies to maintain or regain democratic control and supremacy over digital technology, it is imperative to include informatics in general education with a dual perspective on possibilities and implications of computing for individuals and society. The Danish informatics curriculum for general education acknowledges the dual and bipartite nature of informatics by complementing a constructive approach to computing with a critical analytic approach to digital artifacts.

1 Digital Humanism and General Informatics Education

Information technology is a technology unlike any other humankind has invented. All other technologies stretch our *physical ability* by enabling us to move faster from one place to another, to generate (green) energy, to develop life-saving medicine, to refine food production, and so forth. Information technology is crucial for other modern technologies, but the essential unique quality of information technology is that it stretches our *cognitive ability*.

Already in 1967, Danish Turing Laureate Peter Naur wrote about the importance of including informatics in general education (Naur, 1967, pp. 14–15; Naur 1992, p. 176):

M. E. Caspersen ()
It-vest – Networking Universities, Department of Computer Science, Aarhus University,
Aarhus, Denmark
e-mail: mec@it-vest.dk



Web-version

Flere ressourcer...



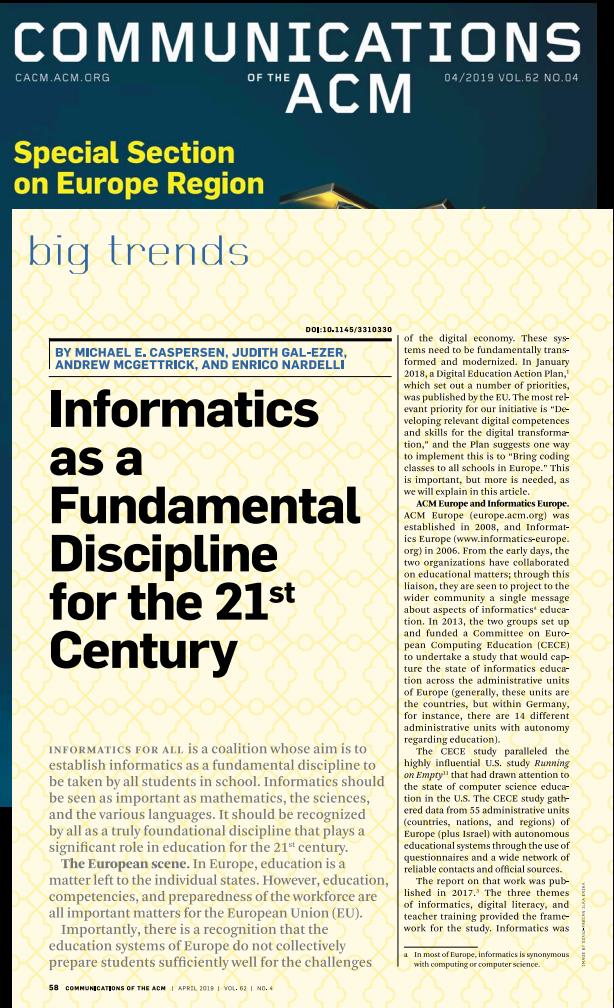
COMPUTATIONAL THINKING
– HVORFOR, HVAD OG HVORDAN?

Michael E. Caspersen
Ole Sejer Iversen
Mogens Nielsen
Arthur Hjorth
Line Have Musaeus

Samarbejdspartnere:
VILLUM FONDEN  **It-vest**  samarbejdende universiteter

Indhold

1. Vision: Hvorfor informatik og CT?	1
1.1 Den fjerde industrielle revolution?	2
1.2 Det fjerde videnskabelige domæne	3
1.3 Den fjerde sprøIFORM	3
1.4 Den fjerde fundationale kompetence	5
1.5 "Program or be programmed"	6
1.6 Automatisk udførelse af processer forandrer alt	7
2. CT – baggrund, karakteristik og relaterede begreber	10
2.1 Karakteristik og udbredelse af CT	10
2.2 CT og 'mathematical thinking'	13
2.3 CT og STEM	14
2.4 CT og makerspaces	15
3. Intermezzo om CT i erhverv og videnskab	17
4. CT i uddannelse – status	19
4.1 CT i international uddannelse	19
4.2 CT i dansk uddannelse	26
4.3 Teknologiorførstelse	29
5. CT i uddannelse – potentialet	31
5.1 Informatics for All – en tostrengt strategi	31
5.2 Tentativ ramme for CT i universitetsuddannelser	32
5.3 Computationale modeller af dynamiske systemer	32
6. CT i det danske uddannelsessystem – muligheder og udfordringer	34
6.1 Udvikling af curriculum og eksemplariske materialer	35
6.2 Uddannelse af undervisere	35
6.3 Forskning og fagdidaktisk indsigt	36
6.4 Udfordringer	38
7. Konklusion	40
8. Referencer	42
9. Appendikser	48
A.1 Computational Thinking – et vigtigt begreb	49
A.2 Constructionism og restructurations	51
A.3 Review af udvalgt forskningslitteratur om CT i uddannelse	54
A.4 Tentativ dansk taksonomi for CT i uddannelser	66



COMMUNICATIONS OF THE ACM
CACM.ACM.ORG 04/2019 VOL.62 NO.04

Special Section on Europe Region

big trends

BY MICHAEL E. CASPERSEN, JUDITH GAL-EZER, ANDREW MCGETTRICK, AND ENRICO NARDELLI

DOI:10.1145/3310330

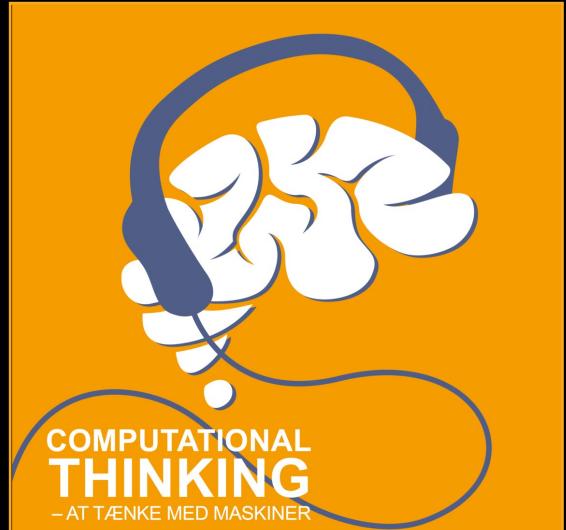
Informatics as a Fundamental Discipline for the 21st Century

INFORMATICS FOR ALL is a coalition whose aim is to establish informatics as a fundamental discipline to be taken by all students in school. Informatics should be seen as important as mathematics, the sciences, and the various languages. It should be recognized by all as a truly foundational discipline that plays a significant role in education for the 21st century.

The European scene. In Europe, education is a matter left to the individual states. However, education, competencies, and preparedness of the workforce are all important matters for the European Union (EU).

Importantly, there is a recognition that the education systems of Europe do not collectively prepare students sufficiently well for the challenges

a. In most of Europe, informatics is synonymous with computing or computer science.



COMPUTATIONAL THINKING
– AT TÆNKE MED MASKINER

Podcast om computational thinking

Computational thinking – at tænke med maskiner er en podcast-serie fra It-vest om informatik og brugen af computationale metoder i forskning og uddannelse.

Sæson 1 har fokus på forskning, og du møder en række forskere, lige fra fysik til litteraturvidenskab, der fortæller, hvordan de med computermodeller og data kan skabe helt nye resultater, som ikke var mulige for mennesket alene.

Sæson 2 har fokus på uddannelse, og vi tager dig med på besøg både i folkeskolen, i gymnasiet og hos forskere for at tale om brugen af modeller i undervisningen. Man kan høre om klimamodeller, NetLogo, sukkerplantager og meget mere.

Der er nu 12 episoder i serien, men mange flere er på vej. Lyt med og bliv overrasket, informeret og nysgerrig på mere...

Argументer for et selvstændigt fag i teknologiforståelse/informatik

Michael E. Caspersen

Direktør, It-vest

Adjungeret professor, Aarhus Universitet

28. januar 2020

Resumé

Dette er et notat med argumenter for et nyt fundamentalt fag om informatik-faglighed i folkeskolen. Notatet præsenterer i alt ti argumenter struktureret omkring tre hovedargumenter. For de fleste argumenter er der referencer til andre ressourcer, med uddybende beskrivelse og begrundelse.

Om terminologi: *Informatik* benyttes som betegnelse for den faglighed, det handler om; *teknologiforståelse* er benævnelsen for det aktuelle forsøgsfag i folkeskolen. (Man kan diskutere kvaliteten af benævnelsen *teknologiforståelse*, men det er ikke formålet her.)

10 grunde til at informatik-faglighed bør være et obligatorisk fag i folkeskolen

Der kan anføres mange gode argumenter for hvorfor informatik-faglighed bør være et obligatorisk fag i grundskolen. Nedenfor er opremset i alt ti grunde under følgende tre hovedbegrundelser:

1. At lære om den digitale verden er at lære om den verden, vi lever i og skab lige muligheder for at virke i den verden
2. Det digitale er radikalt nyt og fundamentalt – et fjerde sprog/en fjerde kulturteknik
3. Det digitale giver mulighed for kreativt udtryk og læringsmæssig berigelse i alle fag

1. At lære om det digitale er at lære om den verden, vi lever i og skab lige muligheder for at virke i den verden

- a) **Den digitale verden på lige fod.** I folkeskolen underviser vi i selvstændige fag alment om den kulturelle verden, den sociologiske verden, den levende verden og den fysiske verden. Den digitale verden har og får større og større indflydelse på den måde vi indretter og lever vores liv på både i fremtiden, under uddannelse og i arbejdslivet. Derfor skal vi naturligvis også undervise i den digitale verden.
- b) **Den essentielle digitale kløft** ('the digital divide') er ikke mellem at kunne bruge og ikke kunne bruge digitale værktøjer. Den essentielle digitale kløft er mellem *kun* at kunne bruge præfabrikerede digitale værktøjer, som en lille skare af eksperter udvikler på vegne af hele menneskeheden, og på den anden side selv at kunne "bøje" og skabe digitale artefakter til egne formål for individ, fællesskab og samfund. (Se i øvrigt afsnit 1.5 af *Computational Thinking – hvorfor, hvad og hvordan?*)
- c) **Digitale analfabeter.** Informatik er ny kulturteknik, et nyt sprog hvormed man kan udtrykke sig i verden og erkende verden. Hvis vi afholder børn og unge fra at lære denne kompetence, afholder vi dem fra at få en informeret og kvalificeret demokratisk stemme i samfundet, vi afskærer dem fra at kunne udtrykke sig informatisk, og vi afskærer dem

Fra teknologiforståelse til informatik



Michael E. Caspersen, Direktør for It-vest og adjungeret professor ved Institut for Datalogi, Aarhus Universitet

Kommentar til Keld Nielsen og Martin Sillasen: *Teknologiforstyrrelse: Hvad mener Børne- og Undervisningsministeriet, når de skriver "teknologi"?* MONA 2020-3

I artiklen problematiserer forfatterne at der ikke findes en entydig operationel definition af teknologibegrebet og foreslår at Børne- og Undervisningsministeriet igaangsætter en konkretisering af begrebet teknologisk dannelse, præcisering af T i STEM og får udarbejdet en bred definition af teknologibegrebet.

Jeg synes at artiklens synspunkter er fornuftige og rammende for den inkonsistente brug af teknologibegrebet, og forfatternes trepunktstilslag er relevant. Jeg vil her fokusere på forsøgsfaget teknologiforståelse og yderligere problematisere benævnelsen samt foreslå en passende benævnelse for den faglighed som faget omhandler.

Teknologiforståelse – en i dobbelt forstand misvisende varedeklaration

Grundlæggende handler det om at varedeklarationen "teknologiforståelse" ikke matcher indholdet. Og problemet er varedeklarationen, ikke indholdet. Det fremgår af kommissariet der lå til grund for udviklingen af forsøgsfaget [UVM, 2018a] at der er behov for at se på om følgende kundskaber bør styrkes i folkeskolen:

- *Teknologiens og automatiseringens betydning i samfundet, herunder forståelse af sikkerhed, etik og konsekvenser ved digitale teknologier.*
- *Computational thinking som vidensområde, herunder grundlæggende viden om netværk, algoritmer, programmering, logisk og algoritmisk tænkning, abstraktion og mønstergenkendelse, datamodellering samt test og afprøvning.*
- *Iterativ designproces i en vekselsvirkning mellem at forstå den verden, der designes til og de digitale teknologier, der designes med.*

Informatik som en fjerde sprogform

It-vest

samarbejdende universiteter

Om teknologiforståelse – og informatik som en fjerde sprogform

Michael E. Caspersen

Direktør, It-vest

Adjungeret professor, Aarhus Universitet

1. december 2019

Resumé

Dette er en kort beskrivelse af forsøgsfaget teknologiforståelse og de fire kompetenceområder som konstituerer faget. Informatik beskrives som en fjerde sprogform eller kulturteknik, hvormed vi kan erkende og udtrykke os på radikalt nye måder. Teksten henviser til tre artikler og en video, som eksemplificerer dette.

Faget og de fire kompetenceområder

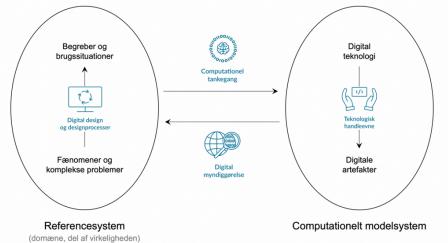
I 2018 er der udviklet et nyt forsøgsfag, teknologiforståelse til den danske folkeskoles 1.-9. klasse.

Formålet med faget er, at eleverne udvikler faglige kompetencer og opnår færdigheder og viden, således at de konstruktivt og kritisk kan deltagte i udvikling af digitale artefakter og forstå deres betydning.

Elevernes mestring af faget fordrej er beherskelse af digitale designprocesser og af digitale teknologiernes sprog og principper med henblik på iterativt og i samarbejde at kunne analysere, designe, konstruere, modifcere og evaluere digitale artefakter (1) til løsning af (komplekse) problemer og (2) til erkendelse ('Learn to Compute' og 'Compute to Learn').

Målene og indholdet af faget kan overordnet 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 (komplekst) problem eller bidrager til erkendelse.

Teknologiforståelse



Figur 1: Problemløsning og erkendelse vha. computationel modellering

1

It-vest

samarbejdende universiteter

Beskrivelsen af fagligheden er struktureret i fire kompetenceområder:

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



Digital myndiggørelse omhandler kritisk, refleksiv og konstruktiv undersøgelse og forståelse af digitale muligheder og konsekvenser. Dette svarer godt sagt til pilen *Værdi gennem brug og fortolkning* i figur 1.

Digital design og designprocesser omhandler tilrettelæggelse og gennemførelse af en iterativ designproces under hensyntagen til en fremtidig brugskontekst. Dette svarer godt sagt til aktiviteterne i referencesystemet samt design og evaluering af prototyper i det computationelle modellsystem.

Computationel tankegang omhandler analyse, modellering og strukturering af data og dataprocesser i abstrakte modeller (f.eks. algoritmer, data- og interaktionsmodeller). Dette svarer til modelleringssprocesser i det computationelle modellsystem samt pilen.

Teknologisk handleevne omhandler mestring af computersystemer, digitale værktøjer og tilhørende sprog samt programmering. I figur 1 svarer det godt sagt til læren om og arbejde med konkrete digitale teknologier til frembringelse af digitale artefakter.

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

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 digitale artefakter – en tilgang, hvor der er fokus på værdiskabelsen i referencesystemet fremfor ensidigt fokus på teknologiske muligheder.

Fagligheden bør også indgå som obligatorisk komponent i ungdomssdannelejer og videregående uddannelser, naturligvis afstømt i komplexitet og abstraktionsniveau til det pågældende uddannelsesniveau og tonet til den faglige kontekst. Med informatikfaget i ungdomssdannelejerne er vi allerede godt på vej, men dette fag bør 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 kurte videoer om teknologiforståelse, en overordnet og en om hvert af de fire kompetenceområder. Videoerne kan findes under menupunktet [Om forsøg](#).

2

It-vest

samarbejdende universiteter

Informatik som en fjerde sprogform/kulturteknik

Man kan betragte informatikken som det fjerde trin i menneskeheds sproglige udvikling: (1) talesprog, (2) skriftsprog, (3) formelt sprog, speciel matematik og (4) computationelt sprog. Computationelle sprog kan bl.a. benyttes til at beskrive kognitive processer, der kan udøres automatisert.

Sprogpræg 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 dannelses og kvæntevirgin i civilisationens udvikling.

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

Tilsvarende med matematisk sprog. Simple forholdsregler tal som 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 gru:

$$\begin{array}{l} \text{It is indeed} \\ \text{for words} \quad \frac{1}{2} = \frac{3}{4} \\ \text{that half's} \quad 2 = 3 \\ \text{three quarters} \\ \text{of two thirds} \\ \text{of two thirds} \end{array}$$

Hvis det i stedet udtrykkes matematisk i form af en ligning, kan enhver, der er elementert matematisk skolet, snævt verificere korrektheeden af udregningen. Men det convente gælder også: hvis man ikke er skolet, kan man ikke se, at det er korrekt!

På samme måde kan informatikken sprogs mulighed for at simplificere beskrivelsen af tilfældige, relativ forståelige koncepter som ligninger, sammen med 'Learn to Compute' disse.

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

På samme måde kan man ved hjælp af andre komplekse og dynamiske præparer repræsentationer ved hjælp af relativt simple og transparente computationelle modeller.

Modellerne er langt nummeret af forst end de tilsvarende matematiske modeller, og de har den ekstraordinære kvalitet, at de kan eksperimentere/tilpasse. Derned inviterer de til "markonik" i form af undersøgelse, justering af modellen ved simpel programmering, hypotesedannelse, eksperiment, flere justeringer af modellen osv. Eleverne kan således opnå indsigts i komplekse dynamiske systemer – det Peter Hesseland omtaler som systemforståelse (se nedfor).

Beskrivelse og udformning gør det muligt for os at tanke og udtrykke nye, supplerende tanker – at vokse udbevæltet både som individ og samfund – og med informatikens mulighed for automatisering af abstraktioner kan disse tanker manifestere sig i vilkårligt avancerede digitale artefakter.

It-vest
samarbejdende universiteter

Eksempler på brug af computationelt sprog

Afslutningsvis henvises til fire eksempler på brug af computationelt sprog til videnudveksling og/eller undervisning.

Maria Rasmussen er lærer på Hernslev Skole, og hun var medlem af den digitalklassegruppe som i 2018 udviklede et videnskabeligt teknologiprojekt.

Læs artiklen [Teknologiforståelse – brug af sproget politiken i teknikken](#) fra MNUA i september 2018. Projekten er et godt eksempel på hvordan et computative sprog kan bruges til at udnytte et computationelt udtryk til at lave en fortynning. Artiklen inkluderer en evaluering af fortynningen.

Peter Hesseland har i oktober 2019 i sin artikel med titlen [Gode ideer til computationelt sprog](#) fra November 2019 i *It-vest* beskrevet et godt eksempel på hvordan en computationelt sprog kan bruges til at udnytte en computationelt udtryk til at lave en fortynning.

Stephen Wolfram har på sin blog [What Is a Computation?](#) fra november 2017 beskrevet et godt eksempel på hvordan en computationelt sprog kan bruges til at udnytte en computationelt udtryk til at lave en fortynning.

Stephen Wolframs blog-drag (fortynning): besværet vi alle om for at rigtigt grænse ud af konne kommunikation ved hjælp af computationelle elementer (f.eks. i opgavematerialerne i skolen og på videnudveksling). Og det er ikke en god idé, at vi ikke ved, hvad der er korrekt i et computationelt sprog. Det er ikke en god idé, at vi ikke ved, hvordan man kan udnytte et computationelt sprog til at lave en fortynning.

Stephen Wolframs blog-drag (fortynning): besværet vi alle om for at rigtigt grænse ud af konne kommunikation ved hjælp af computationelle elementer (f.eks. i opgavematerialerne i skolen og på videnudveksling). Og det er ikke en god idé, at vi ikke ved, hvordan man kan udnytte et computationelt sprog til at lave en fortynning.

Michel Besseli er L200s Pædagogisk Ledelse og Ledelse af Forstørrelsesgruppen [Udbygningskoderne](#) ved MIT i Boston. Michel Besseli (og han nu attede mentor, Sørensen Pædagog) har i ca. 35 år undervist i matematik og teknologi.

I videoen [Coding as the New Literacy](#) taler Michel Besseli om programvare, som er et sprogs inventar, man kan udnytte (eller kommunikere) og lære (at bruge). Han menes med at lære at "lære" (at write) og "være" (at write-to-know). På samme måde som matematisk sprog sammen med "Learn to Compute" disse.

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

På samme måde kan man ved hjælp af andre komplekse og dynamiske præparer repræsentationer ved hjælp af relativt simple og transparente computationelle modeller.

Modellerne er langt nummeret af forst end de tilsvarende matematiske modeller, og de har den ekstraordinære kvalitet, at de kan eksperimentere/tilpasse. Derned inviterer de til "markonik" i form af undersøgelse, justering af modellen ved simpel programmering, hypotesedannelse, eksperiment, flere justeringer af modellen osv. Eleverne kan således opnå indsigts i komplekse dynamiske systemer – det Peter Hesseland omtaler som systemforståelse (se nedfor).

Beskrivelse og udformning gør det muligt for os at tanke og udtrykke nye, supplerende tanker – at vokse udbevæltet både som individ og samfund – og med informatikens mulighed for automatisering af abstraktioner kan disse tanker manifestere sig i vilkårligt avancerede digitale artefakter.

3

Eksempel



Tidsskriftet MONA
(Matematik- og Naturfagsdidaktik)
September 2019, pp. 69-79.

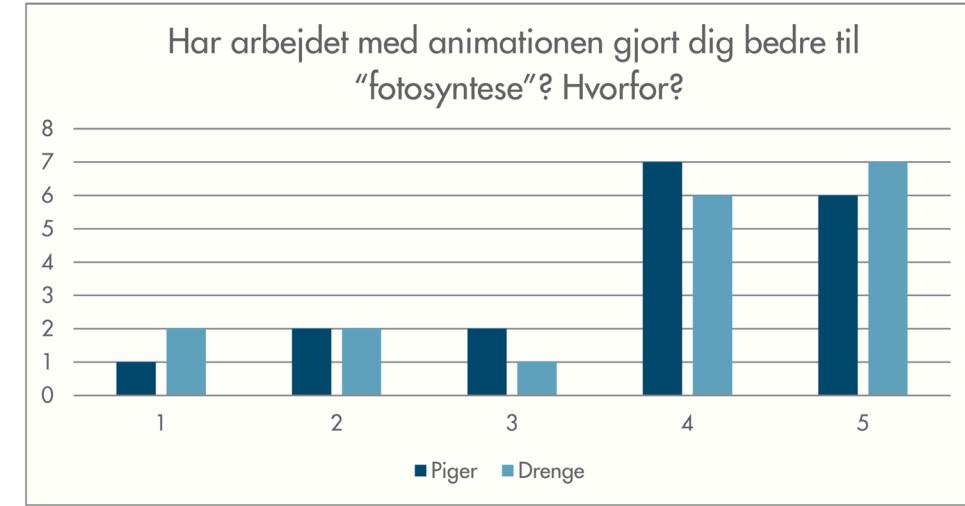
Teknologiforståelse – hvorfor og hvordan



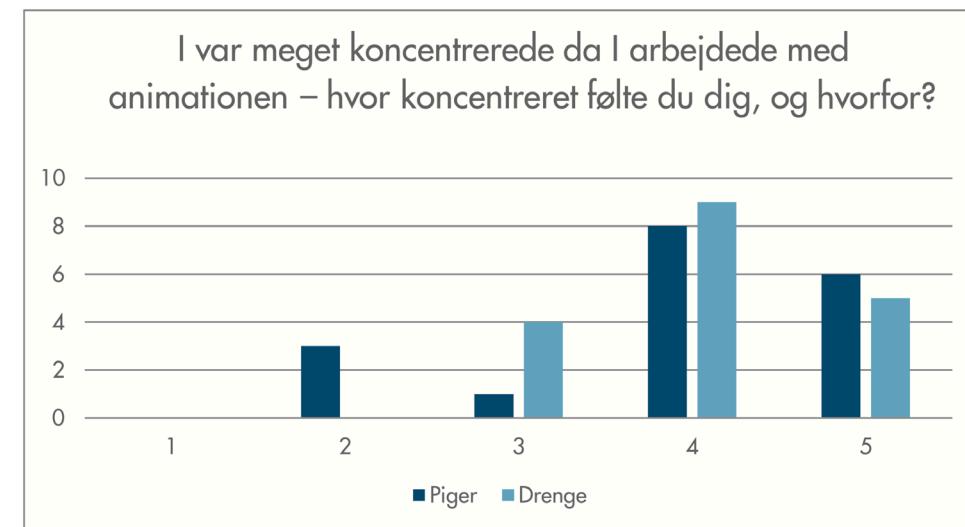
Maria Damlund,
Hornbæk Skole

Programmering af en simulering
af fotosyntese (i Scratch).

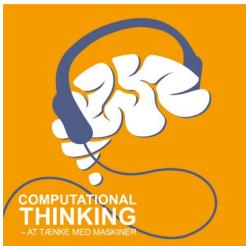
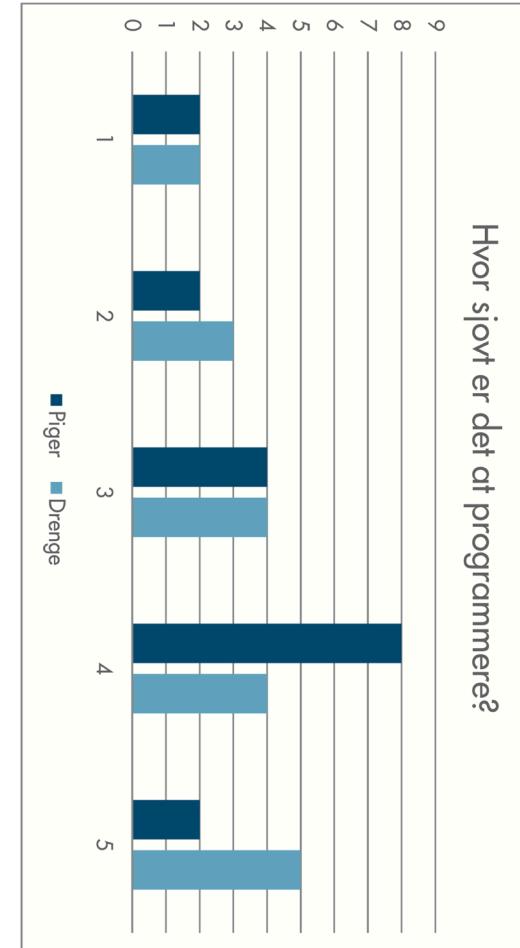
Lavet individuelt af 36 elever på 7. årgang
med elever i 3. klasse som målgruppe.



Figur 1. 7. årgangs svar vedr. arbejdet med animationen "fotosyntese". I søjlediagrammet er 1 = [jeg lærte ikke noget], og 5 = [jeg lærte meget].



Figur 3. 7. årgangs svar vedr. koncentration i arbejdet med animationen "fotosyntese". I søjle-diagrammet er 1 = [jeg kunne ikke koncentrere mig], og 5 = [jeg var meget koncentreret].



PhD Defence Line Have Musaeus: Developing Students' Computational Thinking and Subject Knowledge through Computational Modeling in Secondary Education

ZOOM event

TIDSPUNKT

mandag 31. januar 2022, kl. 13:00 - 16:00

mandag 31. januar 2022, kl. 10:00

Computational Literacy/Fluency

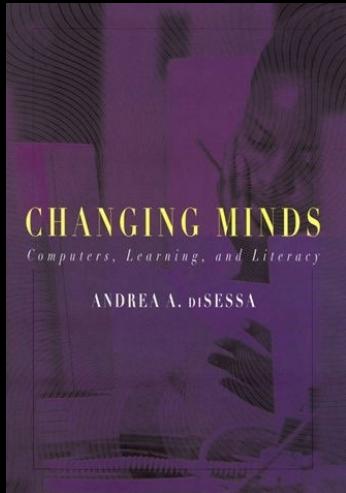
Two videos from the Lifelong Kindergarten group @ MIT Media Lab



CACM, November 2020

Coding is a new way for people to share ideas with the world
– an extended form of writing.

Computational Literacy & Essay



Andrea diSessa, professor @ UC Berkeley

Changing Minds: Computers, Learning and Literacy, MIT Press (2000)

*If a true computational literacy comes to exist,
it will be infrastructural in the same way current literacy is in current schools.*

Students will be learning and using it constantly through their schooling careers and beyond in diverse scientific, humanistic, and expressive pursuits.

Outside of schools, a computational literacy will allow civilization to think and do things that will be new to us in the same way that the modern literate society would be almost incomprehensible to preliterate cultures.



Computational essay: A type of essay that integrates text with programs, interactive diagrams and computational tools to express an idea.



Peter Hesseldahl | 9. oktober 2019 kl. 21:00 |



KOMMENTAR: Vi ville stå bedre rustet i en kompleks og omskiftelig verden, hvis vi lærte at forstå de generelle mekanismer, der præger udviklingen af alle systemer – fra biologi, økonomi og til internettet. Men mærkværdigvis er systemforståelse slet ikke på skemaet.

Man skulle ikke tro, det var muligt, men efter min mening findes der et sæt af grundlæggende kompetencer, som passer præcist til de udfordringer, vi står over for nu og fremover, men som skolerne fuldstændig overser.

Verden hænger stadig tættere sammen, vi påvirker hinanden på kryds og tværs, og vi er mere indbyrdes afhængige end nogensinde. Alligevel er der en tendens i tiden til at søge lokale, isolerede løsninger og en tilbøjelighed til at bruge forsimplede forklaringer på problemstillinger, der reelt afgøres af et meget stort antal faktorer i et komplekst samspil.

Økonomi, politik, klimaet, trafik, internettet, kroppen og vores sundhed. Det er emner, der er afgørende for vores trivsel, men hvis vi skal kunne forholde os konstruktivt og realistisk til dem, er vi nødt til at forstå de bagvedliggende mekanismer, der bestemmer, hvordan de udvikler sig som systemer.

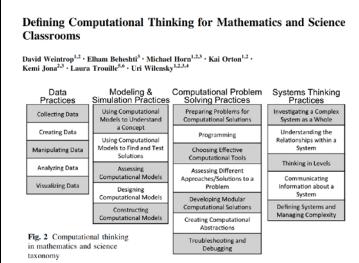
- Hvis man ikke som udgangspunkt medtænker selvforsvækkende tendenser og *tipping points*, så kan man ikke forstå, hvordan klimaet udvikler sig, eller hvordan historier spredes viralt på de sociale medier.

Skriftsprog og matematik

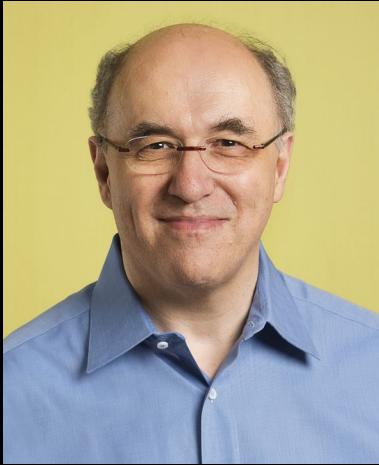
Statisk og deskriptivt (analogt)
Lukket (matematik) ...

Computationelt sprog

Dynamisk og generativt (digitalt)
Åbent...



Stephen Wolfram om CT (2016)



Its intellectual core is about formulating things with enough clarity, and in a systematic enough way, that one can tell a computer how to do them.

Mathematical thinking is about formulating things so that one can handle them mathematically, when that's possible. Computational thinking is a much bigger and broader story, because there are just a lot more things that can be handled computationally.

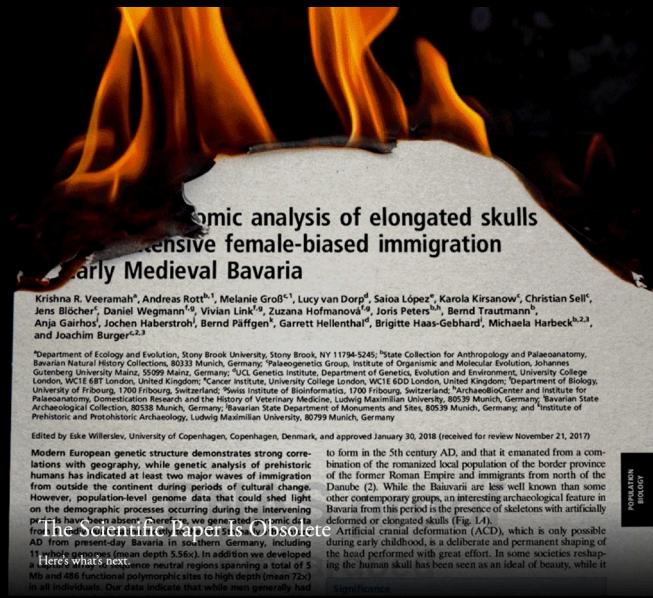
Computational thinking is going to be a defining feature of the future—and it's an incredibly important thing to be teaching to kids today.

There's always lots of discussion (and concern) about how to teach traditional mathematical thinking to kids. But looking to the future, this pales in comparison to the importance of teaching computational thinking.

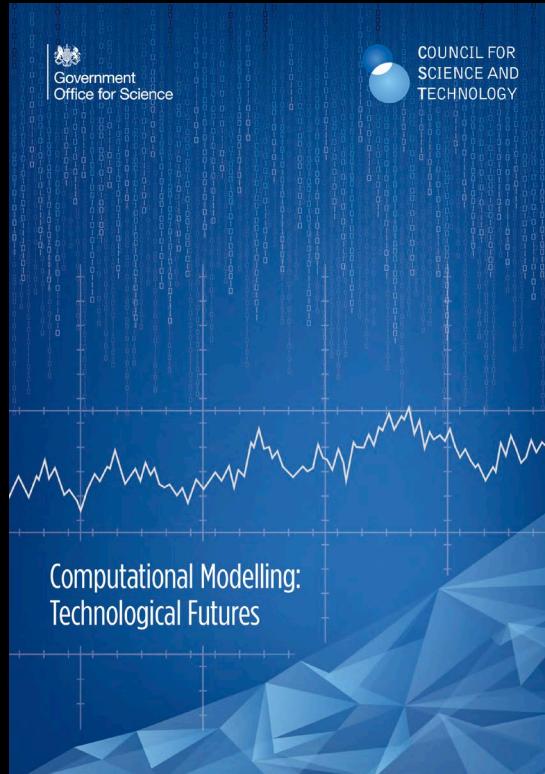
Yes, there's a certain amount of traditional mathematical thinking that's needed in everyday life, and in many careers. But computational thinking is going to be needed everywhere. And doing it well is going to be a key to success in almost all future careers.

Computationelle metoder

Computational essays



Computational modelling in
- public policy
- business and manufacturing
- finance and economics
- ...



A: digital

Kommentar: Systemforståelse - et fag, du ikke kan få



KOMMENTAR: Vi ville stå bedre rustet i en kompleks og omskiftelig verden, hvis vi lærte at forstå de generelle mekanismer, der præger udviklingen af alle systemer – fra biologi, økonomi og til internettet. Men mærkværdigvis er systemforståelse slet ikke på skemaet.

Man skulle ikke tro, det var muligt, men efter min mening findes der et sæt af grundlæggende kompetencer, som passer præcist til de udfordringer, vi står over for nu og fremover, men som skolerne fuldstændig overser.

Verden hænger stadig tættere sammen, vi påvirker hinanden på kryds og tværs, og vi er mere indbyrdes afhængige end nogensinde. Alligevel er der en tendens i tiden til at søge lokale, isolerede løsninger og en tilbøjelighed til at bruge forsimplede forklaringer på problemstillinger, der reelt afgører af et meget stort antal faktorer i et komplekst samspil.

Økonomi, politik, klimaet, trafik, internettet, kroppen og vores sundhed. Det er emner, der er afgørende for vores trivsel, men hvis vi skal kunne forholde os konstruktivt og realistisk til dem, er vi nødt til at forstå de bagvedliggende mekanismer, der bestemmer, hvordan de udvikler sig som systemer.

- Hvis man ikke som udgangspunkt medtænker selvforsværtende tendenser og tipping points, så kan man ikke forstå, hvordan klimaet udvikler sig, eller hvordan historier spredes viralt på de sociale medier.



Udvalgte podcast-episoder

Episode 9

- Systemforståelse med agentbaseret modellering og tusindvis af virtuelle skildpadder



Episode 10, 11

- Klimamodeller og cellemembraner – kode og faglighed i smuk balance
- Sukkerrør og barselsorlov – modeler i samfundsøgning og historie



Episode 12

- Intelligente skolemøbler og mikrocomputere – computationelle kompetencer i folkeskolen



Episode 14

- Penduler, tornadoer og omvendt tyngdekraft – fysikuddannelse med computationelle færdigheder



Episode 17

- Simple agenter og komplekse fænomener – oprindelsen af agentbaseret modellering



Links til episoder

Two notable Norwegian initiatives

Mathematics, Science and Computational Thinking (MASCOT)

MASCOT (Mathematics, Science and Computational Thinking) aims to develop systematic knowledge about research and policy of CT, as well as knowledge about teaching, learning and assessment processes in Nordic teacher education and schools, primarily focusing on CT in Mathematics and Science. MASCOT aims to use the gained knowledge to develop new educational practices and means of assessment. It is a goal to make sure that knowledge gained from research in schools and teacher education programmes mutually inform each other in order to improve professional educational practices and assessment in both arenas.

Kick-off seminar today and tomorrow!

CCSE

Center for Computing
in Science Education



CCSE

Center for Computing
in Science Education

Computational literacy as a driver for disciplinary renewal

Anders Malthe-Sørensen

*Professor, Department of Physics, University of Oslo (UiO)
Director, Center for Computing in Science Education, UiO
Leader, Interdisciplinary honours program, UiO*



Kommentar 3b: Implikation vs. ækvivalens

Wings definition og karakteristik af CT er beskrevet i implikationer,
ikke ækvivalenser (bi-implikationer)

Computational Thinking er

abstraktion,
dekomposition,
mønstergenkendelse,
'separation of concerns', etc.

Man kan ikke slutte den anden vej.