
GYMNASIE

PÆDAGOGIK

En grundbog

REDIGERET AF

Jens Dolin, Gitte Holten Ingerslev og Hanne Sparholt Jørgensen

3. UDGAVE



HANS REITZELS FORLAG

4.15 Computational thinking	470
<i>Af Michael E. Caspersen</i>	
Baggrund	470
Radikalt nye muligheder	471
En taksonomi for it i uddannelse	472
Informatik og computational thinking	474
Afslutning	476
Litteratur	476

4.15 Computational thinking

Af Michael E. Caspersen

Informatik og computational thinking er internationalt hastigt i færd med at blive en del af almindannelsen i skolen på alle klassetrin; mange mener, at det er (eller snart bliver) en lige så væsentlig grundlæggende kompetence som læsning, skrivning og matematik.

I UK blev det i 2013 politisk besluttet, at computing skulle være en del af det nationale curriculum fra og med 2014 (UK, Department of Education 2013), og i USA lancerede Barack Obama i 2016 initiativet *Computer Science for All* (The White House 2016).

Gymnasireformen anno 2016 indeholder nogle tiltag på området: dels omkring det nye fag informatik og dels vedrørende generelle kompetencer inden for digital dannelse (om end læreplanernes ambitioner omkring digital dannelse generelt er meget beskedne). Med reformen er informatik indført i alle gymnasieuddannelser som et moderne, *almendannende* og *studieforberedende* fag, der afløser de nuværende it-fag (datalogi, multimedier, informationsteknologi m.m.).

I sidste halvdel af 2016 kom sagen for alvor højt på den politiske dagsorden. Danmarks Vækstråds *Rapport om kvalificeret arbejdskraft* havde som én af de fem højest prioriterede såkaldte her og nu-anbefalinger, at computational thinking gøres obligatorisk på alle uddannelsesniveauer (Vækstråd 2016), og i foråret 2017 offentliggjorde Vækstpanelet rapporten *Danmark som digital frontløber* (Vækstpanel 2017) med anbefaling om, at informatik gøres obligatorisk som fag i skolen, fra de tidlige år og på ungdomsuddannelserne. I foråret 2017 besluttede Undervisningsministeren, som et første skridt i grundskolen, at udvikle et etårigt forsøgsfag til udskolingen (Undervisningsministeriet 2017).

Baggrund

I det 21. århundrede er informatik ikke blot en sag for specialister. Informatik er et nyt dannelsesområde og en ny basiskompetence, som alle bør udstyres med fra barnsben – helt på niveau med at kunne læse, skrive og regne – intet mindre! Som Barack Obama siger: “In the new economy, computer science isn’t an optional skill – it’s a basic skill, right along with the three R’s” (US 2016, videoklip, 1:48-1:56).

De konkrete teknologier, der har set dagens lys gennem det sidste halve århundrede (fx internettet og www), er kun begyndelsen; i de næste 15-20 år vil vi se store forandringer, der vil udfordre, udvikle, forandre og berige alle professioner, skole- og videnskabsfag.

Det er ikke kun fysiske processer og arbejdsgange, der kan erstattes og udvikles af teknologien; også højtuddannelsesområder bliver nu helt eller delvist automatiseret, og grundlaget er data, algoritmer og allestedsnærværende teknologier, der integreres i alle aspekter af livet. Vi ser allerede nu store forandringer i form af hel eller delvis automatisering og videreudvikling af arbejde foretaget af advokater, ejendomsmæglere, finansanalytikere, læger, revisorer, forsikringsmæglere, bibliotekarer, journalister osv.

Nogle konkrete eksempler er udviklingen inden for advokatsektoren (New York Times 2017), sundhedssektorens arbejde med at beskrive og realisere (semi-) automatiserede processer på højt lægefagligt niveau (Hansen 2016) og transformationerne i journalistfaget, hvor “robotter” (dvs. programmer) skriver artikler og udvælger de nyheder, vi får i vores personlige nyhedsstrøm (Verge 2015; Wired 2017). Og hvad med uddannelsessektoren? Ja, den står naturligvis også for skud (Christensen et al. 2003; Bass 2012).

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 mv. Personer, der ikke forstår præmisserne for digitaliseringen, vil i stigende grad være stillet som de, der for århundreder tilbage ikke kunne læse og skrive.

Derfor skal informatik og computational thinking være en del af almindannelsen, så alle børn og unge uddannes til at være aktive, vidende samfundsborgere og til i bredeste forstand at kunne medvirke til at forme også den digitaliserede virkelighed.

Radikalt nye muligheder

Det er ikke konkrete digitale teknologier, det handler om, men derimod informatikkens grundlæggende principper, tænkemåder, udtryksformer og arbejdsformer.

Selvfølgerlig skal moderne teknologier spille en væsentlig rolle i undervisning og uddannelse, men de er et middel, ikke målet. Der er noget meget vigtigere og meget mere fundamentalt på spil, nemlig de radikalt nye muligheder, som informatik giver. Radikalt nye muligheder i form af et erkendelsesmæssigt, et udtryksmæssigt og et socialt/fællesskabsmæssigt paradigmeskift.

Erkendelsesmæssigt

Informatik er det 21. århundredes mikroskop, med hvilket vi gennem digitale, dynamiske modeller kan begribe, analysere, og reflektere over verden – kort sagt erkende verden. Informatik giver radikalt nye erkendelsesmuligheder – hvis vi vil.

Udtryksmæssigt

Informatik er også det 21. århundredes udtryksværktøj, med hvilket vi gennem et utal af digitale værktøjer (herunder programmerings- og modelleringsværktøjer) kan udtrykke os digitalt/generativt i stedet for analogt/statisk. Vi kan skabe helt nye udtryk – virtuelle verdener, om man vil.

I informatikken er man ikke begrænset af, hvad der eksisterer eller kan bygges i den fysiske verden (som i natur- og ingeniørvidenskab). Informatikken er sin egen virtuelle verden kun begrænset af vores fantasi og kreativitet eller rettere af fantasien og kreativiteten blandt dem, der kan udtrykke sig digitalt. It giver radikalt nye udtryksmuligheder – hvis vi vil.

Socialt/fællesskabsmæssigt

Med informatik kollapser fysiske, politiske og organisatoriske grænser, geografiske og tidsmæssige afstande elimineres og forståelsen af, hvad der udgør personlige og arbejdsmæssige fællesskaber, udfordres. It giver radikalt nye sociale og fællesskabsmæssige muligheder – hvis vi vil.

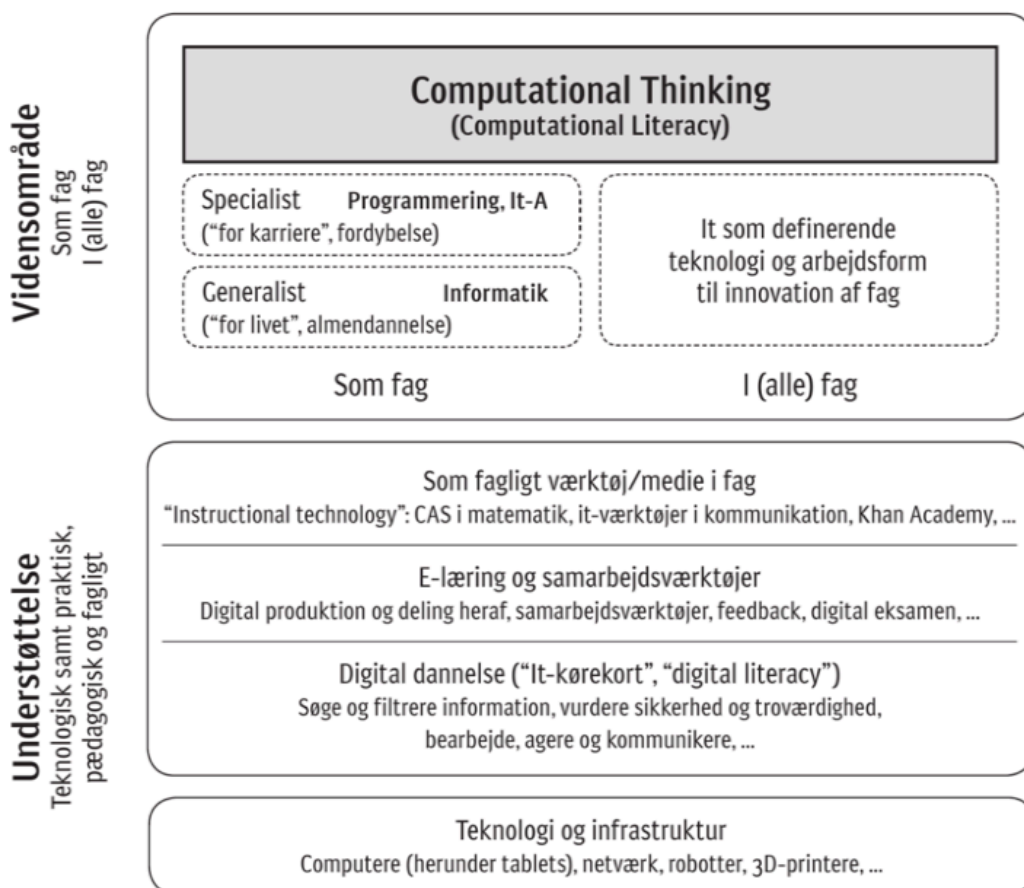
Informationsteknologien er ikke bare et spørgsmål om endnu en ny teknologi (som dampmaskinen og telegrafene m.m.). Tidligere tiders teknologier har strakt menneskeheden fysiske formåen; informatikken strækker vores mentale/kognitive formåen og åbner for radikalt nye muligheder.

En taksonomi for it i uddannelse

Informatik og computational thinking er centrale begreber i bestræbelserne på at skærpe den meget brede og mangetydige taksonomi og diskurs omkring it i uddannelse.

It er et vidt begreb, og selv i uddannelsessammenhæng er der *mange* fortolkninger af begrebet. Formålet med dette afsnit er dels at kortlægge de forskellige betydninger af it i uddannelsessammenhæng, dels at sætte fokus på det hidtil upåagtede, nemlig it som alment relevant vidensområde, der bør udfoldes både som obligatorisk selvstændigt fag og i (alle andre) fag i skolen.

Overordnet set kan it i uddannelse deles op i to hovedområder: it som vidensområde og it som understøttende teknologi (se figuren nedenfor).



It i uddannelse – som vidensområde og som understøttende teknologi.

It som understøttende teknologi

I uddannelse er it en understøttende teknologi på (mindst) fire måder. Dels er der den *teknologiske* understøttelse i form af computere (herunder tablets), netværk, robotter, 3D-printere osv. Dernæst er der den *praktiske*, den *pædagogiske* og den *faglige* understøttelse. Den praktiske understøttelse handler om tilvejebringelse af almene brugerkompetencer, herunder etiske og sikkerhedsmæssige brugsaspekter; herhjemme betegnes dette område ofte som digital dannelse, internationalt benyttes betegnelsen "digital literacy". Den pædagogiske understøttelse handler om digitale værktøjer, der, uafhængigt af hvad der skal læres, kan understøtte arbejds-gange i forbindelse med undervisning; den gængse betegnelse for dette område er it og læring eller e-læring. Den faglige understøttelse handler om "instructional technology", dvs. digitale værktøjer, der kan understøtte læring inden for et bestemt fagligt område, f.eks. matematik, verdenshistorie, grammatik, fysik osv.; på Khan Academy (Khan 2017) findes utallige ressourcer, og specifikt til matematik findes diverse CAS-værktøjer, GeoGebra, Mathematica m.fl., som benyttes i vid udstrækning.

Det centrale i denne sammenhæng er imidlertid ikke it som understøttende teknologi, men derimod it som vidensområde: informatik og computational thinking.

It som vidensområde

Som tidligere beskrevet er informatik ikke længere blot en sag for specialister. Informatik er et nyt dannelsesområde og en ny basiskompetence, som alle bør udstyres med fra barnsben – helt på niveau med at kunne læse, skrive og regne.

Matematik er primært STEM-fagenes fælles sprog og spiller en central rolle i disse fag. Informatik er imidlertid hastigt i færd med at blive alle fags fælles sprog, og informatik og computationelle færdigheder kommer til at spille en central rolle i alle fag og professioner. I det følgende afsnit ser vi nærmere på de to begreber.

Informatik og computational thinking

Informatik (eng. computing) er et selvstændigt videnskabsområde, der har eksisteret i mere end 80 år – længere end den teknologi, vi forbinder dermed – og visionen for informatik blev faktisk formuleret allerede i midten af det 19. århundrede af Ada Lovelace (Computer History Museum).

Nogle ser informatik ikke bare som endnu et videnskabsområde, men som et fjerde videnskabeligt domæne på linje med teknik og naturvidenskab, humaniora og samfundsvidenskab (Rosenbloom 2012). Uanset hvad er informatik en fundamental disciplin, som forskellige af fagets nøglepersoner gennem tiden har forsøgt at karakterisere.

Kristen Nygaard argumenterede allerede i 1986 for termen *informatik* bl.a. for at understrege betydningen af begrebsmodellering og til at udtrykke, at informationssystemer er “networks of people, information processing equipment and other machinery, interacting through direct inter-human and (an increasing proportion of) electronically supported communication links” (Nygaard 1986, s. 9-10). Mere præcist definerer Nygaard informatik som følger: “Informatics is the science that has as its domain information processes and related phenomena in artefacts, society and nature.”

I en dugfrisk rapport om informatikundervisning i Europa (Vahrenhold 2017, s. 8-9) defineres Informatik som følger: “Informatics is the science about computational structures, processes, artefacts and systems.” Videre hedder det:

“Informatics is a discipline encompassing fundamental concepts and practices such as:

- Data, information, and representation
- Algorithms and programming
- Patterns and parameterization
- Abstraction and conceptual modelling
- Devices, network, and the web
- Computation and communication
- Design and interaction
- Security, privacy, and ethics
- Societal impact.”

Begrebet computational thinking (CT) betegner ifølge Wing, der (re-)lancerede begrebet i 2006, kompetencer til problemløsning, der kort kan beskrives som evnen til at repræsentere, analysere, bearbejde og præsentere data og dataprocesser gennem passende abstraktioner i modeller og simuleringer samt automatisere problemløsning gennem algoritmisk tænkning (Wing 2006, 2008, 2010, 2016). Lidt mere udførligt kan computational thinking beskrives som evnen til:

- at formulere problemer på en måde så computere kan anvendes til problemløsning
- logisk organisering og analyse af data
- at repræsentere data gennem passende abstraktioner i modeller og simuleringer
- at automatisere problemløsning gennem algoritmisk tænkning
- at identificere, analysere og implementere mulige løsninger vha. computere
- at generalisere og overføre problemløsning til en bredere variation af problemer.

Den oprindelige brug af begrebet computational thinking skal tilskrives Papert, der ikke gjorde et stort nummer ud af begrebet og kun benyttede det to gange (Papert 1980, 1996). Papert definerer begrebet noget bredere end Wing: “Computational thinking is the use of programming – as an extension of our mind – to experience and understand the world, to manipulate the world, and to create things that matter to us.”

Ved Center for Computational Thinking på Aarhus Universitet arbejdes med en tostrengt strategi for computational thinking: *som fag* (informatik) og *i fag*. Strengen *som fag* kan man læse mere om i Caspersen og Nowack 2013.

Strengen *i fag* handler om at integrere computational thinking i andre gymnasiefag (Nowack & Caspersen 2014). Dette arbejde er bl.a. inspireret af en af Paperts studerende, Uri Wilensky, der er professor i læringsvidenskab, datalogi og komplekse systemer ved Northwestern University i Chicago. Wilensky og hans kolleger arbejder med computational thinking i STEM-fag og inden for samfundsvidenskab (Wilensky 2006, 2015; CT-STEM; Weintrop et al., 2015). I et mindre, nystartet pilotprojekt, finansieret af Region Midtjylland, arbejder vi sammen med ni midtjyske gymnasier om at udvikle og afprøve forløb til kemi, bioteknologi, samfunds-fag og fremmedsprog. Der er endnu ikke udviklet færdige forløb, men man kan smugkigge ind i værkstedet og få en fornemmelse af, hvad der arbejdes med (CT-i-fag 2017).

Afslutning

Globalt er der mange aktiviteter i gang for at kvalificere og inkludere computational thinking i uddannelse; for K-12-området, dvs. 0-12. klassetrin, giver Grover og Pea 2013 en fin oversigt, og i oktober 2016 blev et amerikansk curriculum "framework" for K-12 publiceret; heri er fire ud af syv "core practices" karakteriseret som "computational thinking practices" (K-12CS 2016).

Der findes en del online-ressourcer med inspirerende materialer (CAS-a; CAS-b; CAS-c; CSTA). Der er netop publiceret et par bøger om emnet (Curzon & McOwan 2017; Rich & Hodges 2017), masser af konferencer om computing education behandler emner, og i juli 2017 afholdes den første internationale konference om Computational Thinking in Education (CTE 2017).

Som det er fremgået, er computational thinking globalt i fokus i forbindelse med gentænkningen af et bredere og alment relevant curriculum for informatik i diverse uddannelser i mange lande. Fokus er i første omgang primært på skoleniveau (0.-12. klassetrin), men det vil være relevant fremadrettet også at have øje for videregående uddannelser, hvor det vil give særdeles god mening at integrere fagligheden og udvikle støttefagstilbud på diverse bachelor- og kandidatuddannelser.

Litteratur

- Bass, R. (2012). Disrupting ourselves: The problem of learning in higher education. *Educause Review*, 47(2): 23-33.
- Caspersen, M.E. & Nowack, P. (2013). Computational thinking and practice – a generic approach to computing in danish high schools. *Proceedings of the 15th Australasian Computing Education conference: ACE 2013, Adelaide, Australien*: s. 137-143.
- CAS-a (2017). *Computational thinking*. Kan findes på: computingschool.org.uk
- CAS-b (tilgået d. 6.6.2017). *Developing computational thinking*. Kan findes på: teachinglondoncomputing.org
- CAS-c (tilgået d. 6.6.2017). *Interdisciplinary computational thinking*. Kan findes på: teachinglondoncomputing.org
- Christensen, C.M., Aaron S. & Clarck, W. (2003). Disruption in education. *Educause Review*: 44-54.
- Computer History Museum (tilgået d. 11.6.2017). *Ada Lovelace*. Kan findes på: computerhistory.org/babbage/adalovelace/
- CSTA (tilgået d. 6.6.2017). *Computational thinking*. Kan findes på: csteachers.org
- CTE (2017). *International conference on computational thinking in education, Hong Kong, juli 2017*. Kan findes på: eduhk.hk
- CT-i-fag (2017). *Forløbsbeskrivelser. CT i fag*. Kan findes på: tinyurl.com/ct-i-fag-DK

- CT-STEM (tilgået d. 6.6.2017). *Computational thinking in science and math*. Kan findes på: ct-stem.northwestern.edu
- Curzon, P. & McOwan, P.W. (2017). *The power of computational thinking*. London: World Scientific Publishing.
- Grover S. & Pea, R. (2013). Computational thinking in K-12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42 (1): 38-43.
- Hansen, T.R. (2016). *The role of AI in Healthcare – An in-depth guide*. Kan findes på: tinyurl.com/hansen-AI-healthcare
- K-12CS (2016). *K-12 Computer Science Framework*. Kan findes på: k12cs.org
- Khan (tilgået 11.6.2017). *Khan Academy*. Kan findes på: khanacademy.org
- New York Times (2017). A.I. is doing legal work. But it won't replace lawyers, yet. *New York Times*, 19. marts 2017.
- 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, 2014: s. 147-151.
- Nygaard, K. (1986). Program development as a social activity. I: H.-J. Kugler (red.) *INFORMATION PROCESSING 86. Proceedings of the IFIP 10th World Computer Congress*. Dublin: Elsevier Science Publishers.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York, NY: Basic Books.
- Papert, S. (1996). An exploration in the space of mathematics education. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1(1): 95-123.
- Rich, P.J. & Hodges, C.B. (2017). *Emerging research, practice, and policy on computational thinking*. Cham: Springer.
- Rosenbloom, P.S. (2012). *On computing: The fourth great scientific domain*. Cambridge, MA: MIT Press.
- UK, Department of Education (2013). *National curriculum in England: Computing programmes of study*. Kan findes på: gov.uk
- The White House (2016). *Weekly address: Giving every student an opportunity to learn through computer science for all*. Kan findes på: obamawhitehouse.archives.gov
- Undervisningsministeriet (2017). *Undervisningsministeren nedsætter rådgivningsgruppe for digital læring*. København: Undervisningsministeriet.
- Vahrenhold, J. (2017). *Informatics education in Europe: Are we all in the same boat?* ACM Europe and Informatics Europe, 2017. Kan findes på: informatics-europe.org
- Verge (2015). AP's 'robot journalists' are writing their own stories now. *The Verge*, 29. januar 2015. Kan findes på: informatics-europe.org
- Vækstråd (2016). *Vækst i hele Danmark – en effektiv og sammenhængende indsats for vækst og erhvervsudvikling*. Kan findes på: danmarksvaekstraad.dk
- Vækstpanel (2017). *Digitalt vækstpanel afleverer 33 ambitiøse anbefalinger til regeringen*. Kan findes på: em.dk

- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille L. & Wilensky, U. (2015). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25: 127-147.
- Wilensky, U. (2006). Thinking like a wolf, a sheep, or a firefly: Learning biology through constructing and testing computational theories – an embodied modeling approach. *Cognition and Instruction*, 24(2): 171-209.
- Wilensky, U. & Rand, W. (2015). *An introduction to agent-based modeling: Modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Wing, J.M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3): 33-35.
- Wing, J.M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transaction of the Royal Society*, 366(1881): 3717-3725.
- Wing, J.M. (2010). *Computational thinking: What and why?* Kan findes på: cs.cmu.edu
- Wing, J.M. (2016). *Computational thinking: 10 years later*. Kan findes på: cacm.acm.org
- Wired (2017). *What news-writing bots mean for the future of journalism*. Kan findes på: wired.com