

Når midlet bliver et mål i sig selv



Jens Højgaard Jensen,
RUC

Kommentar til Line Have Musaeus, Jonas Ørbæk Hansen og Keld Nielsen: "Computational thinking i matematik, naturfag og samfundsfag – hvorfor, hvad og hvordan?", MONA, 2023(1).

I artiklen om computational thinking (CT) i *MONA, 2023(1)*, beretter forfatterne om et omfattende undervisningsudviklingsprojekt. Kernen i projektet har været kvalificering af gymnasielærere i matematik, de forskellige naturfag og samfundsfag til at undervise deres elever i CT i sammenhæng med deres respektive fag. Med særligt fokus på at udvikle elevernes modelleringskompetence ved hjælp af CT.

Min baggrund for at kommentere projektet er ikke nærkontakt med CT. Min erfaring er begrænset til mit speciale i eksperimentalfysik, hvor jeg i 1968 udarbejdede et databehandlingsprogram (i ALGOL til kørsel på GIER på HCØ). Altså på den vis et noget skævt og rustent udgangspunkt for en kommentar. Det er mine mere generelle erfaringer (som lærer på og studieleder for den naturvidenskabelige basisuddannelse, som lærer på fysikoverbygningsspecialiseringen og som naturvidenskabelig dekan og prorektor for RUC) med undervisnings- og uddannelsesdesign ved udviklingen af RUC fra 1972 til i dag som jeg vil trække på.

Jeg er af den opfattelse at en induktiv tilgang til undervisning, hvor eleverne arbejder aktivt undersøgende med et problem eller et emne, kan være betydelig mere udbytterig for eleverne end en deduktiv meddelende undervisning kan. Learning by doing. Som jeg forstår CT-projektet, baserer det sig på samme opfattelse. Udfordringen er så at sikre at det specifikke problem eller emne er repræsentativt for bredere forståelser af almen betydning. At det middel som casen er, peger imod et relevant mål. Mit hovedbudskab i kommentaren her er at påpege faren ved for mange og for spredte mål. Jeg vil gengive nogle af mine erfaringer med hvordan for mange mål kan føre til at midlet (casen) i praksis bliver målet – uden at det viser vejen til mere overordnede mål.

Fra starten af 1900-tallet blev fysikundervisningen på gymnasieniveau i Danmark og andre lande programmatisk reformeret fra ex cathedra kridt og tavle-undervisning til learning by doing-undervisning med vægt på eksperimentelle aktiviteter. Det blev

dog aldrig klart hvad målet med de eksperimentelle aktiviteter var og er. Eller rettere sagt, der kunne anføres mange gode grunde som i praksis kunne stå i vejen for hinanden. Lærke Bang Jacobsen (LBJ) nævner bl.a. i sin ph.d.-afhandling (med mig som vejleder), *Linking Physics Labwork Activities to Their Potential Learning Outcomes – Does a Declaration Make a Difference?* (Jacobsen, 2010), på baggrund af studier af fysikdidaktiske artikler, bekendtgørelser m.m., nogle meget forskellige potentielle mål som man har forestillet sig at de eksperimentelle aktiviteter kunne bidrage til at indfri. LBJ kategoriserer målene som spredende sig over “det konceptuelle domæne, det procedurale domæne, domænet for forskende undersøgelser, det perspektiverende domæne, domænet for videnskabelige holdninger og det affektive domæne”. Men i praksis har der i mere end hundrede år typisk helt overvejende kun været realiseret mål inden for det procedurale domæne (fx øvelse i måleteknik, databehandling og vurdering af usikkerheder) via kogebogsøvelser. I stedet for at være midler, bl.a. rettet mod overordnede mål, lever de eksperimentelle aktiviteter, af en række grunde som ikke har med de overordnede mål at gøre, typisk deres eget add-on-liv i gymnasiets fysikundervisning, som et mål i sig selv.

For den tidligere naturvidenskabelige basisuddannelse (nat-bas på RUC) gjaldt det (siden 1975), og for den nuværende treårige naturvidenskabelige bacheloruddannelse (nat-bac) gælder det, at den halvdel af studiet der er helliget problemorienteret projektarbejde i grupper, i de tre første semestre er styret af såkaldte semesterbindinger. Med de nuværende formuleringer er de tre projekter på de tre semestre bundet til at dreje sig om henholdsvis: anvendelse af naturvidenskab i teknik og samfund (første semester), samspil mellem teori, model, eksperiment og simulering i naturvidenskab (andet semester) samt naturvidenskab og videnskabsteori (tredje semester) (Roskilde Universitet, 2023). Projektarbejdet er ikke bundet til bestemte naturvidenskabelige fag. Men der er adgang til vejledning fra de forskellige fags lærere.

I årene 1991-2008 holdt jeg foredraget “Orla og systemet af semesterbindinger på nat-bas” for de studerende ved deres studiestart på naturvidenskab på RUC. Orla var en studerende som jeg var vejleder for i to af de nedennævnte projekter. I Orlas projektarbejde på første semester var problemformuleringen “Hvilke konsekvenser for naturværdierne ved Tystrup-Bavelse søerne vil Københavns Vandforsynings planer om øget vandudvinding i området få?”. Udgangspunktet for projektet var en debat som Naturfredningsforeningens afdeling i Slagelse deltog i. En i projektgruppen var medlem af foreningen. Og gruppen udarbejdede projektrapporten med foreningen som målgruppe. Inddragede fagområder var botanik, zoologi, naturgeografi og kvartærgeologi. I Orlas projektarbejde på andet semester var problemformuleringen “Hvordan forudsiges sænkningen af grundvandsspejlet ved vandboringer?” Udgangspunktet var Orlas arbejde med projektet på første semester. Han arbejdede nu i en ny gruppe som han havde fået engageret i denne problemformulering. Målgruppen var Orla

og de øvrige gruppemedlemmer. Det inddragede fagområde var hydrologi. Gruppen udførte eksperimentelt arbejde (Darcys lov) og modellerede grundvandstragte (med inddragelse af matematik, fysik og geologi). I Orlas projektarbejde på tredje semester var problemformuleringen “Matematiske modeller – vejledning eller vildledning?”. Udgangspunktet var Orlas oplevelse i arbejdet med projektet på andet semester, hvor både eksperimenterne og modellerne var idealiserede i forhold til naturforholdene. I projektet blev tre forskelligartede matematiske modeller sammenlignet: en beregning af den geostationære TV-satellitbane ved hjælp af klassisk newtonsk mekanik, den hydrologiske grundvandstragt-model fra andet semester og en fiskeribiologisk matematisk model til at beregne maksimalt vægtudbytte i dambrug. Konklusionen af sammenligningen var at satellitmodellen kunne kontrolleres både teoretisk og empirisk, og at hydrologimodellen delvist kunne kontrolleres teoretisk, men i øvrigt empirisk, og fiskerimodellen kun empirisk. Målgruppen for projektet var de øvrige medstuderende i “huset” (storgruppen). De inddragede fagområder var matematik, fysik, geologi, biologi og ikke mindst videnskabsteori.

Historien om Orla og semesterbindingerne er autentisk, bortset fra en svag retouchering for at tydeliggøre signalet til de studerende om forskellige mål med de tre første semestres projektarbejde: at de skulle give dem repræsentative erfaringer med henholdsvis anvendt naturvidenskab (arbejde *med* naturvidenskab som redskab), grundvidenskab (arbejde *i* naturvidenskab med naturvidenskabelige metoder) og naturvidenskabernes samfunds- og erkendelsesfunktioner (arbejde *om* naturvidenskab). Og at disse tre mål kan føre over i hinanden.

Jeg var med til at udtænke systemet af semesterbindinger i 1975. De overordnede mål de beskrev for de tre semestre, som basis for de videre specialiserede studier i naturvidenskab på RUC, var relevante. Men af mange af de involverede lærere og studerende blev de også opfattet som luftige og uhåndterlige. Så sent som i 1991 var det stadig til en vis grad tilfældet. Det var grunden til mine foredrag om Orla for studiestarterne på den naturvidenskabelige basisuddannelse fra 1991 til 2008. Ved en senere studiereform i 2012 hvor nat-bas blev en integreret del af nat-bac, blev de, bortset fra små justeringer, videreført uændret, og de betragtes nu af lærere og studerende som en etableret, velfungerende og rammesættende hovedhjørnesten i indgangen til de naturvidenskabelige studier på RUC. Hvilket bidrag hertil mine Orla-foredrag har leveret, skal være usagt. Med fortællingen vil jeg illustrere at etablering af en deltagerkultur der kan fastholde overordnede mål for induktiv learning by doing-undervisning, kan være en sej og langsommelig sag. Undervejs har kulturen skullet vænne sig til på dette studietrin at betragte fagene som midler til at realisere semesterbindingerne.

I CT-projektet, tænker jeg, kan fagenes underordning som middel til at fremme computational thinking som mål ikke undgå at volde større problemer end fage-

nes underordning under semesterbindingerne på nat-bas, gymnasiets højere grad af organisering efter fag taget i betragtning. På nat-bac skete vores inddragelse af CT uden sværds slag ved at "simulering" blev tilføjet formuleringen af semesterbindingen for andet semester. Semestret skal nu give erfaring med at koble teori og model på den ene side med tilvejebringelse af og analyse af empiri gennem observation, eksperiment eller simulering på den anden. Før 2012 var simulering ikke nævnt i semesterbindingen. I gymnasiet er det nærliggende at frygte at CT-projektet, imod intentionerne, enten ikke finder fodfæste eller nemt relaxerer til "køgebogsøvelser" som elevøvelserne i fysik. Ifølge empiriske undersøgelser af LBJ (Jacobsen, 2010) får eleverne dog klart større udbytte af elevøvelserne hvis deres mål deklarerer. Men det forudsætter forståelige deklarationer som ikke kan forveksles med salgstaler. Og her kan jeg blive bekymret når CT-projektet mener at kunne realisere fagenes mål, CT-målet og et mål om modelleringskompetence samtidig, uden at klarlægge mål og midler i forhold til hinanden.

CT er selvsagt en vigtig kompetence, sådan som teknologien og samfundet udvikler sig. Spørgsmålet er hvordan det kan inddrages i fx gymnasiet. I Feynmans indledende universitetsundervisning (Feynman et al., 1964) introduceres Newtons anden lov og differentiallyigninger via algoritmisk forståelse. Med papir og blyant finder han bevægelsen af svingende masser i enden af en fjeder og planetbevægelser ved numerisk integration af bevægelsesligningerne. Som et skridt på vejen hjælper algoritmiseringen af bevægelsesligningerne på forståelsen af indholdet i Newtons anden lov som mere end en manual. Men algoritmiseringen kan ikke erstatte matematisk analyse længere fremme ad vejen.

På samme måde tror jeg heller ikke at CT kan erstatte matematik til udvikling af gymnasieelevers modelleringskompetence. Jeg er imponeret over CT-projektets softwares evne til fx at simulere kemisk reaktionskinetik. Som en illustration. Og også imponeret over den potentielle mulighed for elevaktiverende undervisning ved elevernes adgang til at undersøge konsekvenserne for reaktionskinetikken når der skrues på indgående parameterverdier. Men til modelleringskompetence hører også for mig dømmekraft i forhold til matematiske/algoritmiske modellers troværdighed. Altså den bold Orla gik efter i sit projekt på tredje semester. Og som jeg har trillet videre med i flere omgange, senest i *Aktuel Naturvidenskab* (Jensen, 2019). Hvordan hjælper man gymnasieelever (og den bredere offentlighed) ud over et følelsesbestemt valg mellem blind tiltro (matematik lyver ikke) og blind skepsis (der er løgne, forbandede løgne og statistik) til matematiske modeller? Og algoritmiske computermodeller, som jo også som matematiske modeller er logisk form? Eller matematiske/algoritmiske modeller som fx de makroøkonomiske og de epidemiologiske? I tilknytning til min artikel i *Aktuel Naturvidenskab* findes et undervisningsmateriale til gymnasiebrug (Jensen & Videsen, 2019) der skal tydeliggøre at vurderingsmulighederne for matematiske

modellens troværdighed kan være meget forskellige, også når de umiddelbart formelt set ser ens ud. I materialet er der tre enkle eksempler på henholdsvis: 1. en matematisk formel som kun behøver at blive kontrolleret for logik- og regnefejl, 2. en matematisk model hvis forsimplinger ud over at kunne kontrolleres empirisk også kan kontrolleres teoretisk, 3. en matematisk model hvis forsimplinger alene kan kontrolleres empirisk. Hvor forskellene i mulighederne for at kontrollere modellernes troværdighed ikke ligger i modellernes formelle side, men i hvad der modelleres. Noget af det gode ved CT-projektet er at det inddrager gymnasiefagene bredt. Så ideelt set kunne der måske være basis for sammenligninger af modellernes karakterer på tværs af fagene, selvom gymnasiets organisering ikke er optimal til det. Hvis modelleringskompetence er målet for undervisningen, lader sammenligninger på tværs af fagenes brug af modeller måske nemmere sig gøre med fx undervisningsmaterialet i *Aktuel Naturvidenskab*. Da der kun skal bruges papir og blyant, er det under alle omstændigheder billigere og nemmere at foretage løbende justeringer af undervisningsmaterialet end hvis undervisningen er bundet til faste eksperimentelle opstillinger eller faste softwarepakker.

Efter min mening er det gode ved CT-projektet dels at det arbejder bottom up inden for gymnasiets rammer, dels at det i udgangspunktet dyrker en induktiv pædagogik. Hvis imidlertid et induktivt undervisningsforløb begrundes luftigt og abstrakt med at være godt for både det ene (fagene), det andet (modelleringskompetencen) og det tredje (CT), risikerer det ikke at være godt for noget, andet end at leve i sin egen ret (jf. kogebovsøvelserne i fysik).

Referencer

- Feynman, R.P., Leighton, R.B. & Sands, M. (1964). *The Feynman Lectures on Physics*, bind I. Reading: Addison-Wesley.
- Jacobsen, L.B. (2010). *Linking Physics Labwork Activities to Their Potential Learning Outcomes – Does a Declaration Make a Difference?* IMFUFA tekst nr. 476. Roskilde: Roskilde Universitet.
- Jensen, J.H. (2019). Matematiske modeller – vejledende eller vildledende? *Aktuel Naturvidenskab*, 6, s. 32.
- Jensen, J.H. & Videsen P.A. (2019). *Teoretisk og empirisk kontrol af matematiske modeller*. Lokaliseret 16/03/2023 på <https://aktuelnaturvidenskab.dk/undervisningsmateriale/alle-opgavesæt>.
- Roskilde Universitet (2023). *NAT studieguide 2023*. Lokaliseret 16/03/2023 på <https://ruc.dk/uddannelser-paa-institut-naturvidenskab-og-miljoe>.