



# Aktuel analyse

I denne sektion tages aktuelle problemstillinger i relation til matematik- og naturfagsdidaktik op til analyse og diskussion. Teksterne gennemgår ikke peer review, men skal være saglige, analytiske og argumenterende. Kontakt gerne redaktionen med idéer til indhold på [mona@ind.ku.dk](mailto:mona@ind.ku.dk).

# Forstå teknologien: Fra filosofi til didaktik



Keld Nielsen, lektor emeritus, Center for Videnskabsstudier, Aarhus Universitet

**Abstract:** *De muligheder, vi og vores børn vil få for fremadrettet at skabe bedre livsbetingelser, afhænger i ekstrem grad af, hvordan vi forstår og håndterer vores teknologiske muligheder. Derfor bør moderne uddannelse omfatte viden om – og holdninger til – teknologi og teknologiske valg. Artiklen giver en oversigt over de sidste 30 års udvikling af en filosofi og didaktik, der ikke har fokus på forholdet mellem teknologi og samfund, men undersøger spørgsmål som: Hvad er teknologi for et fænomen? Hvordan opstår ny teknologi? Hvilken rolle spiller design? Hvilke egenskaber har teknologien, der gør, at vi er så afhængige af den?*

## Indledning

Døgnet rundt er vi omgivet af teknologi. Den måde, vi bruger teknologi på, er afgørende for vores livsvilkår. Og de muligheder, vi – og ikke mindst vores børn – vil få for fremadrettet at skabe bedre livsbetingelser, afhænger i ekstrem grad af, hvordan vi håndterer vores teknologiske muligheder. Og styrer uden om de teknologiske faldgruber.

Derfor er det uomgængeligt, at moderne uddannelse og dannelse må indeholde viden om – og holdninger til – teknologi og teknologiske valg. Det gælder ikke kun for de fremadstormende digitale teknologier, men også for de store teknologiske systemer, der forsyner os med energi, transport, kommunikation, beboelse, fødevarer og sundhed. Og for alle de andre teknologier, som mennesker har udviklet og implementeret – og kontinuerligt udvikler videre på.

Men hvem er det, der har udviklet teknologierne, og hvem er det, der fortsat udvikler dem? Hvordan bærer de sig ad? Hvad vil de opnå? Hvorfor gør de det? Kan det gøres anderledes? Sandsynligvis kan vi mennesker slet ikke lade være med at bruge og udvikle teknologi:

“Af historien lærer vi, at der altid har været en forbindelse mellem mennesker og deres teknologier. [...] så længe mennesker har levet på denne jord, har de formået at udvikle sig, fra den første dag til i dag, udelukkende som følge af deres forhold til teknologier. En forståelse af teknologibegrebet er derfor afgørende, hvis vi skal forstå verden i dag, i fortiden og ind i fremtiden.” (Dakers, 2023, s. 237). (Alle citater er oversat af forfatteren).

I grundskolen har emnet teknologi i årtier været en del af det faglige indhold i de fire naturfag. Det har dog ikke ført til faglig enighed om, hvad man som underviser skal lægge i begrebet “teknologi”. Fraværet af en fælles forståelse er bl.a. påpeget i (Nielsen & Sillasen, 2020). Se også (Brandt et al., 2024).

I forbindelse med undervisning, der inddrager teknologi, er STEM-begrebet af stor betydning. Men i dansk STEM-sammenhæng er der heller ikke enighed om, hvad T’et står for. Behovet for, at fagområdet teknologi får en velbeskrevet plads i forbindelse med udvikling og implementering af STEM-undervisning, er påtrængende (Nielsen et al., 2023).

## Nye måder at forstå teknologi på

Denne artikel giver en oversigt over de sidste 30 års udvikling inden for den gren af filosofi, der beskæftiger sig med teknologi. Udviklingen har ført til en beskrivelse af teknologi, som forhåbentlig er så overskuelig, at det bør overvejes, om den kan bruges som udgangspunkt for en fokusskabende, teknologirettet fagdidaktik der er robust nok til at blive brugt både i en naturfaglig STEM-sammenhæng og i et bredere STEM-samarbejde med fx sprog- og samfundsfag.

Endemålet er at komme omkring tre store filosofiske spørgsmål:

“[...] teknologifilosofi er et felt, der har været optaget af tre hovedspørgsmål: (1) Hvad er teknologi? (2) Hvordan kan teknologiens konsekvenser for samfundet og den menneskelige tilstand forstås og evalueres? (3) Hvordan bør vi handle i forhold til teknologi?” (Brey, 2010, s. 43)

Det følgende handler om det første spørgsmål samt nogle af de implikationer, svaret har for de to andre.

### *Thinking through Technology*

I 1994 udgav den amerikanske filosof Carl Mitcham bogen *Thinking through Technology: The Path between Engineering and Philosophy* (Mitcham, 1994). Bogen fik stor betydning som afsæt for tænkning om teknologi – hvad er teknologi? – og dermed også for tænkning om undervisning i teknologi.

“Carl Mitcham udvidede forståelsen af teknologi til at omfatte teknologi som genstande, viden, aktivitet og vilje. Denne tænkning om teknologi som et bredere begreb har hjulpet med at sætte mere generelle målsætninger for teknologiuddannelse [...]. Nu, som et alment uddannelsesfelt, har diskursen om målene for teknologiuddannelse i vid udstrækning flyttet sig i retning af – blandt andre – begreberne teknologisk dannelse (‘technological literacy’) og teknologisk kompetence.” (Gill et al., 2023, s. 21)

I bogen gennemgår Mitcham to traditioner for beskrivelser af teknologi, som gennem historien har været dominerende. En teknisk “engineering philosophy of technology” (EPT) på den ene side og en “humanities philosophy of technology” (HPT) på den anden.

EPT er, når det kommer til stykket, ikke særlig filosofisk. Denne retning er fortrinsvis blevet dyrket af ingeniører, der ikke var trænet i filosofi, og som med begejstring betragtede teknologi “indefra” og beskrev den som en lang række af nyskabelser – opfindelser – og forbedringer. I denne forståelse er teknologi drivkraften bag menneskeheds fremskridt.

HPT har rødder i den græsk-romerske oldtid. HPT er skabt af tænkere trænet i filosofi, og derfor er den mere filosofisk interessant end EPT. Filosoferne betragter teknologien “udefra”, med skepsis, og ser den som et fremmedelement, en konstant udfordring for menneskets mulighed for at leve i overensstemmelse med sin sande natur. Blandt de mest kendte repræsentanter for HPT omtaler Mitcham bl.a. de teknologikritiske filosoffer Martin Heidegger og Jacques Ellul. Mitcham er overrasket over, hvor lidt de ved om teknologi og ingeniørarbejde, og hvor overfladisk de beskriver teknologien, imens de problematiserer den voldsomt (Mitcham, 1994, s. 142).

Mitcham holder fast i, at det ikke er nok kun at forstå teknologiens tekniske aspekter. For at komme til en dybere forståelse af teknologiens væsen og dens betydning for mennesker og kultur er det nødvendigt at behandle den filosofisk. Derfor er det nødvendigt at tage udgangspunkt i HPT. Udfordringen er – eller var det i 1994 – at HPT må baseres på langt mere empiri. På flere observationer af, hvad teknologi er, gør og kan. Historisk og sociologisk.

Med det som udgangspunkt leder Mitcham efter et filosofisk grundlag for at beskrive teknologi. Han gennemgår 11 filosoffer, som i perioden 1955 til 1975 forsøgte at indfange de væsentligste træk ved teknologi. Deres 11 definitioner af teknologi stritter i alle retninger, og de er stort set uforenelige (“incompatible”). Ingen af dem er egnede som et samlende filosofisk udgangspunkt.

I stedet for at give endnu en definition formulerer Mitcham, hvad han kalder en karakteriserende rammesætning (“a characterological framework”) (Mitcham, 1994, s. 153). Gennem en syntese af forgængernes ræsonnementer ender han med at fremdrage fire aspekter, som han mener, karakteriserer teknologi. Teknologi manifesterer sig som:

- Artefakter – produkter, maskiner og redskaber, som omgiver os
- Viden – erfaring, knowhow, regler og teorier, hvormed vi forstår tekniske processer
- Aktiviteter – designprocesser, fremstilling, brug, vedligeholdelse og anden interaktion med teknologi
- Vilje/værdier (“volition”) – den menneskelige vilje, der ligger bag udvikling og brug af teknologi.

Vi vender tilbage til denne firedeling. Den løber som en tråd gennem store dele af en ny måde at tænke om teknologi på. Samtidig har Mitcham, gennem sin indflydelse på filosofiens udvikling, også medvirket til at give teknologi-didaktikken et nyt udgangspunkt:

“Mitchams (1994) *Thinking through Technology* har [...] i høj grad haft indflydelse på forskning i teknologiundervisning, og den har været grundlag for mange moderne studier af teknologiundervisning.” (Hallström, 2024, s. 94); se også (Dakers, 2019, s. 6); (Dakers, 2025, s. 6); (Larsson et al., 2024; Nia & de Vries, 2016).

### *Påvirkning fra videnskabsfilosofi*

Mitcham skrev sin bog i en tid, hvor tænkningen om teknologi var påvirket af udviklingen inden for videnskabsfilosofi.

I 1962 udkom Thomas Kuhns berømte bog om strukturen af videnskabelige revolutioner (Kuhn, 1962). Bogen igangsatte en omvæltning i opfattelsen af naturvidenskab: fra et “lukket”, værdifrit og logisk deduktivt system til en social aktivitet fuld af værdikonflikter, som er påvirket af det omgivende samfund og omvendt har stor indflydelse på samfundets udvikling. Dette nye sociologiske syn på videnskaberne inspirerede både teknologihistorikere og -filosoffer.

I 1970'erne – inspireret af de nye toner i videnskabshistorien og som en reaktion på den eksisterende klassisk-kritiske opfattelse af teknologi – begyndte en bølge af teknologihistorie og teknologifilosofi, som tog udgangspunkt i kildebaserede analyser af konkrete teknologier. På et empirisk grundlag beskrev historikere og filosoffer tilblivelsen og udbredelsen af specifikke teknologier, ofte med vægt på deres reception og effekt på brugerne. Udviklingen muliggjorde en mere detaljeret og realistisk indsigt i, hvordan nye teknologier lanceres, implementeres og modtages – eller forkastes. Udviklingen er siden blevet omtalt som den empiriske vending i teknologifilosofi (“the empirical turn in the philosophy of technology”) (Brey, 2010; Verbeek, 2022).

### *STS – fokus på forholdet mellem teknologi og samfund*

Den empiriske vending muliggjorde den “bevægelse”, der blev kendt som STS (science, technology, society). I STS er der fokus på, hvordan konkrete teknologier har indfly-

delse på samfundet og samfundet har indflydelse på udvikling og implementering af konkrete teknologier. Interessen samler sig om "brugere" som kunder eller socialt relevante aktørgrupper og deres forhold til teknologi/teknologier (Ankiewicz, 2019; Müller et al., 1984).

STS-vinklen er fx velegnet til at inddrage miljøpåvirkning i teknologiundervisning, eller – mere bredt – hvordan man vurderer indflydelsen på omgivelserne af en given teknologi. STS-tanker har da også haft stor indflydelse på behandling af teknologier og deres aspekter i en dansk undervisningssammenhæng (Larsen, 2020; Nielsen et al., 2023). STS betød, at teknologi i mange læseplaner fik en mere synlig status som en faktor i samfundet.

Men forståelsen af teknologi som en særlig form for viden og aktiviteter, herunder hvordan ny teknologi kommer til verden, blev ikke udviklet som en del af STS, fordi STS i mange sammenhænge overtog det gamle synspunkt, at ny teknologi vokser ud af videnskabelige gennembrud. Altså at teknologi i sit væsen er en anvendelse af videnskab. Teknologi har store konsekvenser, men filosofisk set blev den anset for at været uinteressant (Brey, 2010). (Behandlingen af teknologi i (Müller et al., 1984) giver et mere nuanceret syn på teknologisk aktivitet og teknologisk udvikling).

Det afgørende her er, at STS primært udviklede en tænkning *om* teknologi, men ikke beskæftigede sig nær så meget med, hvad teknologi *er* for et fænomen.

"Selvom STS-tænkningen bidrog til en voksende opmærksomhed på temaet teknologi i uddannelse, er teknologiens sande natur stadig generelt ukendt." (de Vries, 2018c, s. 76); se også (Turkoglu et al., 2022).

I en oversigtsartikel over "the empirical turn" udtrykker filosofen Peter-Paul Verbeek det således:

"Nogle forskere har hævdet, at teknologifilosofien [STS] i sin opmærksomhed på [teknologiens] sociale implikationer syntes at have glemt at tænke på selve teknologien." (Verbeek, 2022, s. 41)

Mens teknologi gennem STS fik en væsentlig plads i mange landes læreplaner, så skyggede STS samtidig for udviklingen af en dybere forståelse af teknologiens væsen. Men der er ingen modsætning mellem på den ene side at interessere sig for forholdet mellem teknologi og samfund og på den anden side at interessere sig for "teknologiens sande natur". De to tilgange supplerer hinanden.

### *30 år med teknologiens fire manifestationer*

I 1990'erne gik teknologifilosofien dermed ind i en ny epoke. Man tog nye emner op og fandt nye måder at undersøge tingene på (Brey, 2010, s. 36). Det skete ikke udelukkende på grund af Mitchams bog. Som nævnt spillede inspirationen fra en ny, mere sociologisk orienteret videnskabsfilosofi også en rolle.

Dele af den nye filosofi søgte at analysere karakteren af teknologi, artefakter og design. Tænkningen blev baseret på analyser af konkrete teknologier og designprocesser (de Vries, 2019, s. 27). I den tradition, vi ser på her, var kravet, at tænkningen skulle fokusere mere på selve teknologien og mindre på dens sociale konsekvenser. (Franssen et al., 2024) opsummerer:

“[Det er] en form for teknologifilosofi, som vi i øjeblikket anser for at indtage en position som alternativ til den [traditionelle] humanistiske teknologifilosofi. Den [...] har vundet momentum i de sidste tyve til femogtyve år. Denne form for teknologifilosofi [...] beskæftiger sig ikke primært med forholdet mellem teknologi og samfund, men med selve teknologien.” (Franssen et al. 2024, afsnit 1.3)

Denne nye tænkning om teknologi har materialiseret sig i en lang række artikler, rapporter, monografier og antologier. Mange af dem bygger videre på det fundament, der blev skabt af Mitcham (de Vries, 2018b, s. 8).

Kun en lille del af disse værker er omtalt her. Nærværende artikel er på ingen måde et forsøg på at lave et review. Hensigten er begrænset til at give en oversigt over de nye tanker og den baggrund, de har udviklet sig på.

I det følgende opsummeres kort de sidste 30 års beskrivelser af de fire manifestationer af teknologi, der blev foreslået af Mitcham. Et gennemgående sidetema er ønsket om at få de nye idéer ind i teknologiundervisningen samt ønsket om at udvikle en teknologiundervisning, som ruster eleverne til at leve i et moderne dilemmafyldt samfund, hvor teknologi og teknologiske valg spiller en større og større rolle.

## Teknologi som artefakter (og systemer)

Den mest umiddelbare måde at møde teknologi på er som den kæmpestore samling af genstande og systemer – artefakter – som er skabt gennem menneskelig aktivitet (de Vries, 2018a, s. 9; Larsson et al., 2024, s. 8; Meijers & de Vries, 2009).

“Artefakter – materielle genstande som værktøjer, maskiner og forbrugerprodukter – er det, der først og fremmest falder én ind, når ordet ‘teknologi’ nævnes. [...] Teknologi som objekter er den mest umiddelbare, for ikke at sige den enkleste, måde, hvorpå teknologi

manifesterer sig, og den kan omfatte alle menneskeligt fremstillede materielle artefakter, hvis funktion afhænger af en specifik stoflighed.” (Mitcham, 1994, s. 161)

Netop denne synlighed og – i mange tilfælde – fysiske nærhed af artefakter gør brugen af dem og beskrivelsen af dem til et oplagt udgangspunkt for undervisning om teknologi.

Et artefakt er meget mere end det, man umiddelbart kan sanse. Det, der for alvor kan medvirke til at forklare, hvorfor teknologiske genstande er så tæt vævet ind i vores liv og vores samfund, er deres “dobbelte natur” (“dual nature”).

Et artefakt har to sider. En fysisk, som vi kan sanse og bestemme ved iagttagelse og målinger (vægt, hårdhed, form, farve, indgående dele). Men vi anskaffer ikke et givent artefakt på grund af dets fysiske fremtoning, men fordi vi vil *bruge* det til noget. Artefaktet har et formål, en funktion (de Vries, 2019; Kroes, 2012; Kroes & Meijers, 2006). (Man kunne også sige, at artefaktet har en “betydning”, men i den engelsksprogede litteratur anvendes udtrykket “function” om den ydelse, som artefaktet designes til at kunne levere. Så her bruger vi også udtrykket “funktion”).

Et artefakt kan således ikke “forstås” ved kun at give en fysisk beskrivelse – eller kun en funktionel analyse. Begge sider skal indgå, ellers mister beskrivelsen det centrale ved vores forhold til teknologiens mange genstande (Kroes, 2012, s. 40). Det er artefakternes funktion – ikke deres konstruktion eller fysiske virkemåde – der er årsagen til, at vi omgiver os med dem. Hvis man undlader at inddrage det funktionelle i sin undervisning, mister man muligheden for at tale om, hvorfor artefakterne eksisterer og spiller en rolle for os.

Artefaktets funktionelle natur er en relation mellem artefaktet og brugeren. I sidste ende er det nemlig brugeren – eller brugerne – der tillægger artefaktet en funktion. Det er artefaktets funktion, der gør, at det rækker ind i vores sociale relationer.

Den intenderede funktion, som er indlejret i et artefakt gennem dets design, betyder, at artefaktet ikke er “neutralt” i den forstand, at det først får en funktion, når et menneske beslutter sig for at anvende det til et eller andet. Muligheden for en bestemt funktion er allerede indlejret i designet.

Men mennesker er opfindsomme i deres omgang med tekniske artefakter, og den intenderede funktion kan ikke entydigt fastlægge, hvordan vi bruger artefaktet. En travl forretningsmand bruger og “forstår” sin mobiltelefon på en anden måde end en teenager. Der er et ret stort spillerum i forholdet mellem den intenderede funktion og den reelle funktion, som diverse sociale grupper tillægger et givent artefakt (Franssen et al., 2024). Den grundlæggende funktion af artefaktet en bil er at transportere mennesker eller gods fra A til B. Men en bil kan tillægges en lang række andre funktioner, fx til brug i motorsport eller som prestigegivende udstillingsgenstand.

## *Teknologiske systemer*

Moderne teknologi bliver mere og mere “systemagtig”. Den kan ikke beskrives og forstås – og derfor heller ikke behandles didaktisk – uden at inddrage systemperspektiver. Betydningen af teknologiske systemer vil kun vokse (Hallström & Williams, 2022).

Et teknologisk system kan betragtes som et artefakt. Det har altså også en dobbelt natur. Vi udvikler, bygger og vedligeholder systemer, fordi de skal opfylde et formål eller levere en ydelse.

Systemer behøver ikke at være geografisk omfattende. Men de har altid et input, en proces og et output. Tag som eksempel artefaktet en “en vaskemaskine”. Den kan beskrives som et system, hvis input er snavset tøj, rent vand, vaskemiddel, elektrisk energi og instruktioner i form af software, der vælges af brugeren. Systemets output er rent tøj, snavset vand med opløst vaskemiddel, (spild)varme og information (på displayet) om maskinens status.

Til systemet er knyttet en proces: åbning af låge, tøj ind, luk låge, vaskemiddel ind, valg af program, vand ind, opvarmning, tromlen roterer osv. Som en vigtig del af processen genererer systemet information om sin egen tilstand ved at måle tid, vandstand og vandtemperatur. Gennem feedbackloops bruges informationerne til at styre processen. Det er kombinationen af feedback med en eller flere digitale (programmerbare) chips, der gør maskinen selvregulerende. Informationsbaseret feedback kombineret med programmerbar teknologi er et centralt træk ved de fleste moderne teknologiske systemer (Hallström, 2022c; Meadows, 2009; Mioduser & Kuperman, 2020; Perez & Svensson, 2024).

Store teknologiske systemer spiller en særlig rolle. Vores teknologiske samfund er kun muligt på grund af et voksende antal geografisk meget omfattende systemer, der forsyner os med drikkevand, elektricitet, fødevarer, lægebehandling, transport, underholdning, nyheder og kommunikation. Sådanne systemer drives og passes af specialister, der overvåger dem, vedligeholder dem, udbygger dem, justerer dem, hvis der opstår fejl, og sørger for, at de ikke kommer i konflikt med konkurrenter, lovgivning eller grupper af brugere. Store tekniske systemer er ikke kun afhængige af ingeniører og teknologer, men også af sociologer, økonomer, jurister, økologer, logistikere, historikere, statistikere mv.

De store systemer har en række fælles karakteristika (Hallström & Williams, 2022, s. 237):

- De består af både tekniske og sociale/menneskelige komponenter – systemerne er sociotekniske.
- De udvikles og holdes ved lige af dertil udviklede organisationer, som er tværfaglige. De har brug for både teknisk, juridisk, økonomisk, informationsvidenskabelig, sociologisk og politisk (og ofte miljømæssig) viden.

- Deres geografiske udstrækning varierer alt efter deres struktur og funktion: Fra at dække byområder til at omfatte hele byer eller regioner/lande til at være globale. Det er netop i kraft af deres systemnatur, at det er muligt for dem at vokse sig så store.
- De indeholder feedbackmekanismer, som giver information om deres tilstand og gør det muligt at holde dem stabile.
- De interagerer med – og er ofte afhængige af – andre systemer.
- De har afgørende betydning for folks liv og samfundets indretning.
- De fleste af dem har stor indflydelse på miljøet.

Erfaringer viser, at det er udfordrende at inddrage store tekniske systemer i undervisningen, fordi systemerne er så komplekse. Eleverne har især vanskeligt ved at forstå den sociale del, som er abstrakt/usynlig for almindelige brugere. Det går bedre med at forstå den synlige – fysiske – opbygning (Svensson, 2018).

Det har vist sig vanskeligt at udvikle overskuelige mentale modeller af sociotekniske systemer, og der eksisterer p.t. ikke nogen simpel, udbredt model for, hvordan man kan undervise i og om systemer (Hallström & Klasander, 2020). Men i en moderne forståelse af teknologi kommer vi ikke uden om at arbejde med det sociotekniske systemaspekt:

“[Gode modeller af store sociotekniske systemer er vigtige] for at eleverne kan generalisere viden om teknologiske systemer og lære om, hvad der er de mest almindelige karakteristika ved teknologiske systemer, og hvordan de adskiller sig fra enkeltstående artefakter. En sådan generaliseret viden kunne kaldes systemtænkning, som er en måde at gribe studiet af teknologiske (og andre) systemer an på.” (Hallström, 2022a, s. 246)

En didaktik, der gør det muligt at reducere kompleksiteten i omtalen og forståelsen af store sociotekniske systemer, kræver en bedre filosofisk beskrivelse af systemerne og de træk ved dem, der er grundlæggende. En sådan beskrivelse har vi ikke endnu, men vi må håbe, at der snart sker et gennembrud. Der er nye idéer på vej, fx SAFO-modellen (SAFO står for System Architecture-Function-Outcome) (Lavi & Bertel, 2024); se også (Gilisen et al., 2020).

## Teknologi som viden

Teknologi er ikke mulig uden den viden, der anvendes eller udvikles i forbindelse med design, fremstilling, brug, vedligehold og genanvendelse/bortskaffelse af teknologi. Den omfatter viden om materialer og deres egenskaber, om processer, organisering, uddannelser, juridiske og miljømæssige krav samt viden om interaktioner mellem

brugere og artefakter. Teknologisk viden kan være knyttet til individer, grupper eller institutioner. Også viden om teknologiens uønskede effekter som forurening eller forarmelse af naturgrundlaget hører hjemme her.

Teknologisk viden er fx viden, som ingeniører henter fra naturvidenskaberne, viden om, hvordan man løser designproblemer, viden om tekniske normer og standarder, om økonomiske og juridiske forhold i relation til teknologi, og hvordan man omsætter ønsker fra en klient til tekniske krav, eller håndværkernes "tavse viden". Altså en blanding af elementer fra fag og faglige discipliner, der rækker fra naturvidenskab over samfundsvidenskab til jura, psykologi og håndværk.

Brugere, på deres side, har viden om, hvad tekniske apparater, maskiner og systemer kan bruges til, de ved, hvordan man bruger et givent artefakt, og de ved ofte, hvordan man vedligeholder eller reparerer artefaktet (Meijers & de Vries, 2009, pp. 70-71).

### *Teknologi er mere end "anvendt naturvidenskab"*

Udvikling og brug af moderne, avanceret teknologi er ikke muligt uden viden hentet fra naturvidenskaberne. Så det ligger til højrebenet at tænke, at drivkraften i teknologisk udvikling er anvendelsen af videnskabelige landvindinger.

Men konkrete studier af, hvad det er for en viden, som ingeniører og brugere anvender, udvikler og udveksler i forbindelse med design, fremstilling, tilpasning og brug af artefakter, har vist, at det er for begrænset at tænke på teknologi som "anvendt naturvidenskab". Ny videnskabelig viden er med til at gøre det muligt at udvikle ny teknologi. Men det er ikke videnskabelige resultater, der driver den teknologiske udvikling (de Vries, 2018b).

De første konkrete forståelser af, at teknologi forudsætter særlige typer af kompleks viden, opstod i 1990'erne i forbindelse med studier af, hvordan ingeniører faktisk arbejder. Bøger som *What Engineers Know and How They Know It* (Vincenti, 1990) og *Engineering and the Mind's Eye* (Ferguson, 1992) satte en ny dagsorden for studier af, hvad det er ingeniører ved, tænker og gør, når de løser teknologiske problemer. Dermed kom der også fokus på designprocessen (mere herom i næste afsnit).

En vigtig konklusion var, at i forbindelse med teknologi er der mange typer af viden og færdigheder i spil, hvoraf nogle er specifikke for teknologi. Ligesom andre professionelle discipliner – fx naturvidenskab, økonomi, lingvistik eller samfundsvidenskab – har teknologi sit eget specifikke vidensdomæne (de Vries, 2018b).

"De to aktiviteter naturvidenskab og ingeniørkunst rækker i høj grad ind over hinanden, men vedbliver at være forskellige." (Franssen, 2022, s. 68)

Videnskab og teknologi er også forskellige, når det gælder formålet med aktiviteterne. Kriteriet for god videnskab er, at de udsagn, man kommer frem til, er "sande" i den

forstand, at der er overensstemmelse mellem den udviklede viden (formler, teorier, modeller) og den observerede virkelighed. Men inden for teknologi taler man jo ikke om "sandhed" som et mål for det, man laver, men om "anvendelighed". Kernepunktet er, om resultatet kan bruges af nogen til noget. Her og nu. Og et stykke ind i fremtiden.

## Teknologi som aktivitet

Teknologi kan opfattes som noget, vi mennesker gør. I forskellige roller. Vi køber eller anskaffer, vi anvender, vi evaluerer, vi designer, vi fremstiller eller producerer, vi kasserer, vi genanvender, vi protesterer. I den moderne verden er vi alle teknologisk aktive, vi træffer teknologiske valg, og vi deltager i teknologiske processer. Både på et individuelt niveau og på kollektive niveauer.

### *Designprocesser*

Et resultat af den nye teknologifilosofi er, at der er kommet fokus på designprocessen. Tidligere tiders brug af begrebet "opfindelse" er forladt til fordel for en mere kompleks beskrivelse af, hvordan teknologi opstår og forbedres. Hvor man tidligere forstod begrebet "opfindelse" som et resultat af en pludselig, nærmest mystisk inspiration hos opfinderen (James Watts "opfindelse" af dampmaskinen er et stjerneeksempel), så har studier af konkrete designprocesser ført til en mere nuanceret forståelse af, hvordan teknologi kan udvikle og forny sig i en tilsyneladende uendelig proces.

Designprocesser er blevet studeret empirisk, med videooptagelse, spørgeskemaer, interviews mv. Et af resultaterne er, at en designproces er meget mere kompleks, end man havde forestillet sig. Mange typer af overvejelser indgår i en designproces. To centrale er kreativ inspiration og rationel beslutning. Det er kreativiteten, der skaber nye muligheder for at agere, og det er rationaliteten, der beslutter, hvad det er for en aktion, der skal vælges (de Vries, 2016).

"At forstå, hvor teknologi 'kommer fra', hvad der driver innovationsprocessen, er vigtigt – ikke kun for dem, der er nysgerrige efter at forstå selve fænomenet teknologi, men også for dem, der er bekymrede over dens rolle i samfundet.

[...] I de seneste årtier er der i stigende grad ikke kun blevet lagt vægt på etiske spørgsmål, der opstår under brugen af en teknologi, men også på designfasen. En vigtig overvejelse bag denne udvikling er tanken om, at teknologier og deres sociale konsekvenser i designfasen stadig er formbare, hvorimod teknologier i brugsfasen er mere eller mindre givne, og negative sociale konsekvenser kan være sværere at undgå, eller positive effekter sværere at opnå." (Franssen et al., 2024)

Forståelsen af designprocessen og dens rolle i udviklingen af teknologi er også blevet vigtig i undervisningssammenhæng:

“Mens design historisk set har været et element i teknisk uddannelse, er det i de seneste årtier blevet langt mere fremtrædende og har ændret karakter med en dagsorden om autenticitet og brugen af design som en pædagogisk aktivitet.” (Buckley, 2023, s. 21)

Det er altså en vigtig del af teknologiundervisningen, at eleverne deltager i designprocesser. Deltagelsen kan styrke faglig læring og træne sociale kompetencer, men det vigtigste fra et filosofisk-etisk synspunkt er, at eleverne får indsigt i, hvordan nye artefakter bliver skabt – at den teknologiske verden er frembragt gennem design og forandres gennem design. Hvis de vil ændre fremtiden gennem ændrede artefakter, så skal de i gang med at designe.

### *Evaluering af teknologi*

En absolut relevant aktivitet i dannende teknologiundervisning er vurderingen af en given teknologi eller en gruppe af teknologier. Kompetencer til at beskrive, analysere og vurdere virkningerne af en teknologi er en essentiel del af det at være teknologisk myndig.

En evaluering må oplagt tage udgangspunkt i de teknologiske aktiviteter, fx brug og implementering, der omgiver den givne teknologi. Men teknologi som “aktivitet” er måske det af Mitchams fire aspekter, der stadig er mindst gennemlyst af moderne teknologifilosofi (Mioduser, 2025).

Uden et didaktisk grundlag er arbejdet med at evaluere en given teknologi i en klasse i fare for at munde ud i en ustruktureret snak. (Williams & Barlex, 2020) efterlyser en didaktik, der kan støtte undervisning, hvori der indgår evaluering. Altså bringe orden og stilladsering i spørgsmål som: Hvordan afgrænser man, hvad der skal evalueres? Hvad er nødvendigt at vide om teknologien (historie, virkemåde)? Hvad skal man vide om brugen (hvem der gør hvad med teknologien, brugergrupper, udbydere, kontrollanter)? Hvordan gennemskuer/formulerer man intentionaliteten? Hvad er der af kontrol/lovgivning (og hvad mangler på dette område)? Hvilke spørgsmål skal man søge at besvare? Kan man sammenligne “vurderinger” af to eller flere forskellige teknologier? Er der en skala for vurderingerne? Osv.

Også Brey gør opmærksom på, at vi mangler at udvikle en model for, hvordan man i undervisningen kan arbejde med at evaluere konsekvenserne af ny teknologi. Lærerne skal have et bedre grundlag for at tale normativt og etisk om nye teknologier (Brey, 2010, s. 45).

## Teknologi som menneskelig vilje

Mitchams fjerde manifestation peger på den rolle, som menneskelig vilje spiller i at initiere, forme og realisere teknologisk udvikling. Det er ikke muligt at forstå teknologi som et fænomen uden at tænkningen inddrager, hvordan teknologi er knyttet til menneskers indre liv i form af vilje, ønsker og værdier. Mitcham bruger udtrykket "volition", der kan oversættes til "viljesakt".

"Volition" refererer til, at teknologi drives af menneskelige intentioner og motiver, og omfatter forskellige typer af menneskelig vilje, som overlevelseshæft, viljen til at kontrollere eller opnå magt, jagten på frihed, stræben efter forbedringer af livsvilkår og vilje til at virkeliggøre sine drømme.

Mitcham fremhæver, at forståelse af teknologi som en manifestation af vilje kræver en filosofisk tilgang, der anerkender, at teknologiske handlinger er forbundet med individuelle menneskelige ønsker og beslutninger, som almindeligvis kun kan realiseres, hvis de bliver delt med en eller flere grupper af andre individer. Dermed understreges teknologiens menneskelige oprindelse og den sociale og kulturelle karakter af teknologisk udvikling, drevet af (fællesgjorte) menneskelige drømme, værdier, mål og valg (Mitcham, 1994, s. 250).

### *Teknologisk determinisme*

I diskussioner om forholdet mellem vilje, individ, teknologi og samfund dukker et spørgsmål op: Er det i virkeligheden teknologi, der determinerer samfundets indretning – de sociale strukturer, vores kulturelle værdier og vores syn på verden i det hele taget? Er det teknologiske innovationer, der betinger, hvordan samfundet udvikler sig?

I 1960'erne og 70'erne var diskussionen stærkt påvirket af den allerede omtalte Jacques Ellul, der argumenterede for, at teknologi udvikler sig *autonomt*: Det er mennesker, der udtænker nye innovationer, men teknologien har en indre logik, som udspringer af krav om rationalitet og effektivitet. Det betyder, at etiske, kulturelle eller politiske synspunkter ikke har nogen kraft i den teknologiske proces. Teknologien er menneskeskabt, men den er ikke under menneskelig kontrol. Den betinger sin egen udvikling.

Forestillingen om teknologiens autonomi er – efter den empiriske vending – opgivet af det store flertal af teknologifilosoffer og -sociologer. Men selvom teknologien ikke er autonom, kan den jo godt være determinerende for, hvordan samfundet udvikler sig.

Her tegner sig et broget billede. (Hallström, 2022b) giver et overblik. Der er ingen enighed om, hvordan man kan forstå, beskrive og forklare teknologisk determinisme. Med hensyn til hvordan man kan behandle dette essentielle emne, skriver han,

"Der er forsket meget lidt – måske slet ikke – i den rolle, forestillinger om teknologisk determinisme har eller kan have i teknologiundervisning." (Hallström, 2022b, s. 18)

Når historikere undersøger, om en given teknologi udviser tegn på determinerende opførsel, tegner der sig et mønster: Hvis de undersøger store systemer og beskriver dem på et overordnet, abstrakt makroniveau, ser de ofte tegn på determinisme. Men hvis de undersøger en teknologi på mikroniveau og ser på, hvad bestemte individer i en lokal sammenhæng gør, så finder de masser af tilfældigheder og individuelle, personlige beslutninger og altså ingen spor af “determinisme”.

“Om teknologi udviser determinisme, afhænger altså af, hvordan man undersøger den og betragter den.” (Hallström, 2022b, pp. 19-22)

I forbindelse med designprocesser taler vi om, at designerne forsøger at indbygge “intentionalitet” i de udviklede artefakter. Det giver kun mening ud fra forestillingen om, at artefaktet – teknologien – er med til at determinere, hvordan brugeren forholder sig til artefaktet.

På den anden side ved vi, at brugerne ofte “omfortolker” et givent artefakt og bruger det på en måde, som designeren ikke havde forudset. En forsigtig konklusion er, at det sociale og det teknologiske udvikler sig sammen. Udviklingen er i en eller anden forstand fælles, men i det store hele uforudsigelig.

Der er selvfølgelig også den mulighed, at teknologien determinerer meget lidt, men at vi som brugere af teknologi udviser teknologisk søvngænger (“technological somnambulism”) og slet ikke udnytter de muligheder, vi har for at træffe teknologiske valg og dermed påvirke udviklingen (Winner, 1986).

Her er altså – igen – et område, hvor vores forståelse af teknologien, og dermed vores muligheder for at tale om den og udvikle en didaktik, er underudviklet. Det er ikke tilfredsstillende, men indtil videre er situationen uafklaret.

### *Teknologisk fornyelse fordrer etik*

Fordi store dele af vores fysiske omgivelser skabes gennem teknologiske aktiviteter, opstår et krav om, at teknologisk viden bør inkludere viden om etik, altså om hvordan man kan skelne mellem, hvad der teknologisk set er godt eller dårligt.

Teknologisk dannelse bør inkludere spørgsmål om holdninger og etik: Hvilken slags udvikling ønsker vi? Hvilken fremtidig teknologi harmonerer med vores ønsker? Hvilke krav kan vi stille? Hvem bør bestemme? Hvem har ansvar? Og hvorfor? (Brey, 2010, s. 43; Dakers, 2018, s. 3).

I forbindelse med inddragelsen af det etiske aspekt i teknologiundervisningen foreslår Verbeek følgende (Verbeek, 2022, s. 49):

1. Analysér/beskriv teknologien i den konkrete kontekst, hvor den bruges.
2. Diskutér og analysér de potentielle effekter, som teknologien har/kan få for alle relevante involverede.
3. "Oversæt" effekterne til konkrete handlinger rettet mod:
  - a. Et eventuelt redesign af teknologien/artefakterne
  - b. Teknologiens "omgivelser", fx gennem regulering eller nye rammer (contexts) for brugen
  - c. Brugerne i form af uddannelse, kommunikation eller empowerment.

### *Teknomoralske valg*

Shannon Vallor er professor ved University of Edinburgh, hvor hun er leder af Center for Teknomoralske Fremtider (Centre for Technomoral Futures). Hun var redaktør på den indflydelsesrige *The Oxford Handbook of Philosophy of Technology* (Vallor, 2022b).

Hun peger på det paradoks, der ligger i, at det først er i dette århundrede, vi har udviklet en teknologifilosofi, som kan hjælpe os med at stille komplekse spørgsmål og tænke i dybden om teknologi. Lige så længe som der har været mennesker, har teknologi være med til at forme menneskelig eksistens, men filosofisk har vi ret konsekvent overset den teknologiske faktor (Vallor, 2022a, s. 1).

En central indsigt er for hende, at teknologi, som vi prøver at forstå fænomenet, altid kobles uadskilleligt til den sociale verden, og hun foretrækker derfor at tale om en teknosocial udvikling.

Teknologifilosofisk er vi, mener hun, dog kun ved begyndelsen. Der er stadig mange sider af den teknosociale udvikling, som vi ikke kan gennemskue eller beskrive. På grund af den manglende forståelse er menneskehedens teknosociale fremtid "uigenemskuelig, uforudsigelig, kompleks og med potentielt destabiliserende effekter". Vores situation er domineret af "akut teknosocial uigenemskuelighed" (Vallor, 2016, s. 6).

Samtidig ved vi, at fremtiden – miljømæssigt, socialt, videnskæssigt, politisk – mere end nogensinde afhænger af, hvilke teknologier der udvikles, og hvordan vi bruger dem. Vi er nødt til at foretage teknologiske valg i lyset af, hvad det er for en verden, vi gerne vil leve i. Vallor spørger:

"Hvordan kan vi vælge klogt blandt de tilsyneladende uendelige muligheder, som nye teknologier tilbyder? De valg, vi træffer, vil forme fremtiden for vores børn, vores samfund, vores art og andre, vi deler vores planet med, på måder, der aldrig før har været mulige. Er vi forberedte på at vælge klogt?" (Vallor, 2016, s. 3)

For di teknosociale valg er uløseligt forbundne med forestillinger om det gode liv, er valgene ikke kun teknologiske. De er også moralske – de er teknomoralske.

Vallor er optimist. I en teknomoralsk fremtid vil vi have mulighed for at vælge en verden, hvor teknologi ikke drives af lysten til at tjene penge, men er til gavn for alle. Hun minder os om, at teknologi, som er designet ud fra de rette værdier og anvendt til fælles bedste, er – og altid har været – en fantastisk kraft til udvikling, oplevelse, velfærd og samvær. De egenskaber ved teknologi har vi stadig en mulighed for at udnytte:

“I en anderledes verden, udstyret med stærke og inkluderende filosofiske forestillinger, kan teknologier [...] ses som udtryk for menneskelig frihed i solidaritet med andre, ja, som nye veje til materialisering af kærlighed. Teknologier kan være, og har ofte været, motorer for ikke blot krig og rigdom, men også for kreativ leg, kunstnerisk udtryk, social omsorg, tjeneste og trøst for andre. [...] Vi må udforske fornyelsen og udvidelsen af sådanne muligheder, og i dem, tror jeg, ligger vores bedste filosofiske håb om endelig, forsinket [“belatedly”], at blive klogere på teknologi.” (Vallor, 2022a, s. 7)

## Afslutning

Artiklen beskriver et begrebsmæssigt grundlag for at tænke på, tale om og undervise i teknologi. Grundsynspunktet er, at filosofiske overvejelser af den type er anvendelige, når man vil udvikle et fag og en tilhørende didaktik. Men vejen fra overordnede begreber til meningsgivende undervisning er lang.

I starten af artiklen blev det problematiseret, at vi i Danmark mangler et teknologibegreb, der er fælles i de mange sammenhænge, hvor emnet teknologi indgår i grundskolens undervisning. Det ledsagende spørgsmål var, om den her beskrevne opfattelse af teknologi er så overskuelig og anvendelig, at det giver mening at overveje, om den kan være udgangspunkt for et gennemgåede teknologibegreb.

Spørgsmålet kan selvfølgelig ikke med rimelighed besvares på grundlag af en kort oversigt, som den der er givet her, men håbet er, at tanker fra oversigten kan inspirere løbende diskussioner om, hvad det er, man underviser i, når man underviser i “teknologi”. Gerne med et fælles teknologibegreb i baghovedet.

Afslutningsvis sættes her Mitchams begrebsverden i relief ved kort at omtale to af de mest oplagte udfordringer, der er på vejen fra filosofiske begreber til faglig undervisning.

Den første er, at teknologiundervisning altid må være konkret og teknologien/teknologierne sættes i en kontekst. Man kan ikke bare undervise om begreberne. De er vanskelige at lære, fordi de er abstrakte. (de Vries, 2016, pp. 101-109).

Den såkaldte STEL-rapport (ITEEA, 2020) giver detaljerede eksempler på, hvordan man kan undervise i teknologi i forskellige kontekster. Rapporten bruger ikke Mitchams begreber eksplicit, men er stærkt inspireret af hans tanker (Starkweather, 2025). STEL-rapporten er tidligere omtalt i MONA (Nielsen et al., 2023).

Den anden er inkorporering af digital teknologi. Mitchams karakteristik af teknologi er almen og skelner ikke mellem forskellige former for teknologi som fx transportteknologi, sundhedsteknologi, energiteknologi eller lignende. Han skelner heller ikke mellem digital og ikke-digital teknologi. Teknologiens fire manifestationer er relevante i forbindelse med alle former for teknologi.

Samtidig ved vi, at digital teknologi har egenskaber, der gør den anderledes og revolutionerende i forhold til "konventionel" teknologi (Floridi, 2014). Dertil kommer, at de udvikler sig med halsbrækkende fart. Og at de trænger ind overalt. Digitale teknologier giver i kraft af deres "anderledeshed" mange didaktiske udfordringer. Det skyldes især:

- Digitale teknologier kan bruges til at styre og kontrollere anden teknologi. Programmerbare teknologier har udviklet sig til en slags metateknologi, som indgår i andre teknologiformer. Fra vaskemaskiner til store teknologiske systemer (Perez & Svensson, 2024; Voll, 2025).
- Digitale teknologier giver nye muligheder for at kommunikere. Kæmpestore digitalt baserede netværker bag fx sociale medier trænger dybt ind i vores hverdag med enorme menneskelige og sociale implikationer.
- Vi indsamler, opbevarer og tilgår data/informationer på måder, der er fundamentalt forskellige fra, hvad der tidligere har været muligt. Computere er blevet forståelses- og problemløsningsmaskiner på måder, menneskeheden aldrig før har oplevet. En radikal vidensrevolution.

Forandringerne er omfattende og komplekse, og der forestår et påtrængende arbejde med at "udvide" Mitchams fire manifestationer, så de modsætningsfrit og didaktisk anvendeligt integrerer digital teknologi.

(Hallström, 2024) giver et lovende bud. Han vil udvikle "en forenet teknologiteori" ("a unified theory of technology", s. 89), der udstrækker Mitchams ideer til at omfatte digitale teknologier. Han påpeger, at et stykke software også er et artefakt, og konkluderer efter en længere diskussion, at "både digitale og analoge teknologier bør betragtes som tekniske artefakter med en dobbelt natur" (s. 89).

Hallström tilføjer en ny karakteristik af digitale teknologier ved at pege på, at de er "repræsentative". Når vi bruger et digitalt artefakt, er det ikke den digitale teknologi i sig selv, der giver artefaktet dets funktion, men den information, artefaktet gør tilgængelig for os. Et eksempel er et digitalt termometer. Det er ikke den indbyggede chip og dens kode, der er interessante for os, men den information om temperatur, som vises (repræsenteres) på termometerets display.

(Perez & Svensson, 2024) giver et tilsvarende bud. Også de peger på den betydning, det har for forståelsen og evalueringen af et digitalt artefakt, at man har dets dob-

belte natur for øje. De peger endvidere på den rolle, kodning spiller i digital teknologi: "I vore dage er artefaktens funktion i stor udstrækning styret af en programmeret enhed." (s. 215).

Så for at komme til en bedre forståelse af digitale artefakter – mener Perez og Svensson – er man nødt til at diskutere dem med termer, der ikke blot er præget af erkendelsen af deres dobbelte natur, men også inkluderer computationel tænkning og systemtænkning. Dermed antyder de en didaktik for undervisning om digitale teknologier, der tager udgangspunkt i Mitcham, og hviler på tre ben.

Det vil altså være muligt at basere et bredt og inkluderende – og didaktisk frugtbart – teknologibegreb på Mitchams fire manifestationer. Der er er også begrundet håb om, at et sådant begreb meningsfuldt kan udstrækkes til at omfatte digitale teknologier.

## Referencer

- Ankiewicz, P. (2019). Andrew Feenberg: Implications of Critical Theory for Technology Education. In J.R. Dakers, J. Hallström, & M.J. de Vries (Eds.), *Reflections on Technology for Educational Practitioners* (pp. 115-130). Brill Sense.
- Brandt, H., Petersen, L., Petersen, N.A.I., Wøhlk, E.B., & Wied, K. (2024). *NAFA inspirationsmateriale til temaperiode 3 Teknologisk dannelse i naturfag – Tillæg til NAFAs inspirationsguide til rofessionelle læringsfællesskaber i læreruddannelsen 2024-2025*.
- Brey, P. (2010). Philosophy of Technology after the Empirical Turn. *Techné*, 14(1), 36-48.
- Buckley, J. (2023). Historical and Philosophical Origins of Technology Education. In D. Gill, D. Irving-Bell, M. McLain, & D. Wooff (Eds.), *The Bloomsbury Handbook of Technology Education* (pp. 14-27). Bloomsbury Academi.
- Dakers, J. (2018). Philosophy of Technology and Engineering. In M. de Vries (Ed.), *Handbook of Technology Teaching* (pp. 3-6). Sense Publishers.
- Dakers, J.R. (2019). Bernard Stiegler. On the origin of the Relationship between Technology and Humans. In *Reflections on Technology for Educational Practitioners* (pp. 87-99). Brill.
- Dakers, J.R. (2023). *A Nomadic Pedagogy about Technology: Teaching the Ongoing Process of Becoming Ethnotechnologically Literate* (1 ed., Vol. 18). BRILL.
- Dakers, J.R. (Ed.). (2025). *A Collection of Dreams about the future of Technology Education. A Festschrift in Honour of Marc J. de Vries* (Vol. 21). Brill.
- de Vries, M. (2016). *Teaching about Technology. An Introduction to the Philosophy of Technology for Non-Philosophers. 2nd Ed.* Springer.
- de Vries, M. (Ed.). (2018a). *Handbook of Technology Education*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-44687-5>.

- de Vries, M. (2018b). Philosophy of Technology: Themes and Topics. In M.J. de Vries (Ed.), *Handbook of Technology Education* (pp. 8-16). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-38889-2\\_1-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-38889-2_1-1)
- de Vries, M. (2018c). Technology Education: An International History. In M. de Vries (Ed.), *Handbook of Technology Education* (pp. 73-84).
- de Vries, M. (2019). Peter Kroes and Anthonie Meijers. The Dual Nature of Artefacts. In J. Dakers, M. de Vries, & J. Hallström (Eds.), *Reflections on Technology for Education – Philosophers of Technology Inspiring Technology Education* (pp. 25-35).
- Ferguson, E.S. (1992). *Engineering and the Mind's Eye*. The MIT Press.
- Floridi, L. (2014). *The Fourth Revolution: How the Infosphere Is Reshaping Human Reality*. Oxford University Press, Incorporated. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/asb/detail.action?docID=1685674>
- Franssen, M. (2022). Philosophy of Technology and the Continental and Analytic Traditions. In S. Vallor (Ed.), *The Oxford Handbook of Philosophy of Technology* (pp. 55-77). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190851187.013.5>
- Franssen, M., Lokhorst, G.-J., & van de Poel, I. (2024). "Philosophy of Technology", *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (E.N. Zalta & U. Nodelman, Eds.). Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/fall2024/entries/technology/>
- Gilisen, M.G.R., Knippels, M.-C.P.J., & van Joolingen, W.R. (2020). Bringing systems thinking into the classroom. *International Journal of Science Education*, 42(8), 1253-1280.
- Gill, D., Irving-Bell, D., McLain, M., & Wooff, D. (2023). *The Bloomsbury Handbook of Technology Education* (1 ed.). Bloomsbury Publishing. <https://www.bloomsburycollections.com/encyclopedia?docid=b-9781350238442>
- Hallström, J. (2022a). Chapter 12. Teaching and Learning About Technological Systems: A Research Synthesis. In J. Hallström & J.P. Williams (Eds.), *Teaching and Learning About Technological Systems. Philosophical, Curriculum and Classroom Perspectives* (pp. 235-249). Springer.
- Hallström, J. (2022b). Embodying the past, designing the future: technological determinism reconsidered in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(1), 17-31. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09600-2>
- Hallström, J. (2022c). Feedback in Technological Systems. In J. Hallström & J.P. Williams (Eds.), *Teaching and Learning about Technological Systems: Philosophical, Curriculum and Classroom Perspectives* (pp. 153-170). Springer.
- Hallström, J. (2024). Design and Make – and Code? Technology Education and a Unified Conception of Technology. In J. Hallström & M.J. de Vries (Eds.), *Programming and Computational Thinking in Technology Education: Swedish and Interantional Perspectives* (pp. 89-102).
- Hallström, J., & Klasander, C. (2020). Making the invisible visible: Pedagogies related to teaching and learning about technological systems. In J. Williams & D. Barlex (Eds.), *Pedagogy for technolgy education in secondary schools: Research informed perspectives for classroom teachers* (pp. 65-82). Springer.

- Hallström, J., & Williams, P.J. (Eds.). (2022). *Teaching and Learning about Technological Systems. Philosophical, Curriculum and Classroom Perspectives*. Springer.
- ITEEA. (2020). *Standards for Technological and Engineering Literacy: The Role of Technology and Engineering in STEM Education*. iteea.org/stel
- Kroes, P. (2012). *Technical Artefacts: Creations of Mind and Matter. A Philosophy of Engineering Design*. Springer.
- Kroes, P., & Meijers, A. (2006). The dual nature of technical artefacts. *Studies in History and Philosophy of Science, 37*, 1-4.
- Kuhn, T.S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press.
- Larsen, P. (2020). STEM på htx. 25 år med teknologi og engineering i de gymnasiale uddannelser i Danmark. *MONA – Matematik- og Naturfagsdidaktik, 2020(3)*, 39-51.
- Larsson, A., Nordlöf, C., Bernhard, J., & Hallström, J. (2024). *Från teori till teknikundervisning* (Vol. 9). Institutionen för beteendevetenskap og lärande. Linköpings Universitet.
- Lavi, R., & Bertel, L.B. (2024). The System Architecture-Function-Outcome Framework for Fostering and Assessing Systems Thinking in First-Year STEM Education and Its Potential Applications in Case-Based Learning. *Education Sciences, 14(7)*, 720.
- Meadows, D.H. (2009). *Thinking in Systems. A Primer*. Earthscan.
- Meijers, A.W.M., & de Vries, M.J. (2009). Technological Knowledge. In J.K.B. Olsen, S.A. Pedersen, & V.F. Hendricks (Eds.), *A Companion to the Philosophy of Technology* (pp. 70-74). Wiley-Blackwell.
- Mioduser, D. (2025). Nurturing Design and Technological Thinking. A Core Goal in Technology Education. In J. Dakers (Ed.), *A Collection of Dreams about the future of Technology Education. A Festschrift in Honour of Marc J. de Vries* (pp. 351-368). Brill.
- Mioduser, D., & Kuperman, A. (2020). Young Children's Representational Structures of Robot's Behaviors. *Design and Technology Education: An International Journal, 25(2)*, 143-159.
- Mitcham, C. (1994). *Thinking through Technology. The Path between Engineering and Philosophy*. The University of Chicago Press.
- Müller, J., Remmen, A., & Christensen, P. (1984). *Samfundets teknologi: teknologiens samfund*.
- Nia, M.G., & de Vries, M.J. (2016). 'Standards' on the bench: Do standards for technological literacy render an adequate image of technology? *Journal of Technology and Science Education, 6(1)*, 5-18. <https://doi.org/10.3926/jotse.207>
- Nielsen, K., Bertel, L.B., Kaltoft, P., & Sillasen, M. (2023). Behov for et tydeligt teknologibegreb – om teknologi og teknologisk dannelse i STEM. *MONA – Matematik- og Naturfagsdidaktik, 2023-4*, 95-115.
- Nielsen, K., & Sillasen, M. (2020). Teknologiforstyrrelse: Hvad mener Børne- og Undervisningsministeriet, når de skriver "teknologi"? *MONA – Matematik- og Naturfagsdidaktik, 2020(3)*, 63-73.
- Perez, A., & Svensson, M. (2024). Student Teachers' Experience of Programmed Technological Artefacts. In J. Hallström & M. de Vries (Eds.), *Programming and Computational Thinking in Technology Education. Swedish and International Perspectives* (pp. 213-233).

- Starkweather, K.N. (2025). The Wisdom, Power and Promise of Marc J. de Vries' Thoughts. In J.R.Dakers (Ed.), *A Collection of Dreams about the Future of Technology Education. Festschrift in Honour of Marc J. de Vries* (pp. 97-99). Brill.
- Svensson, M. (2018). Learning About Systems. In M. de Vries (Ed.), *Handbook of Technology Education* (pp. 447-462). Springer.
- Turkoglu, A.Y., Aydin, F., & Es, H. (2022). Science teacher's perceptions of the nature of technology: a Q-methodology study. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(5), 2671-2696. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09713-2>
- Vallor, S. (2016). *Technology and the Virtues: A Philosophical Guide to a Future Worth Wanting*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780190498511.001.0001>
- Vallor, S. (2022a). Introducing the Philosophy of Technology. In S. Vallor (Ed.), *The Oxford Handbook of Philosophy of Technology* (pp. 1-16). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190851187.013.1>
- Vallor, S. (Ed.). (2022b). *The Oxford Handbook of Philosophy of Technology*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190851187.001.0001>.
- Verbeek, P.-P. (2022). The Empirical Turn. In S. Vallor (Ed.), *The Oxford Handbook of Philosophy of Technology* (pp. 35-54). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190851187.013.4>
- Vincenti, W.G. (1990). *What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History*. Johns Hopkins University Press.
- Voll, L.O. (2025). *Skaperskolen – en didaktisk plattform for praktisk udervisning i skolen* (Naturfagssenterets rapportserie, Issue 1/2025).
- Williams, J.P., & Barlex, D. (Eds.). (2020). *Pedagogy for Technology Education in Secondary Schools. Research Informed Perspectives for Classroom Teachers*. Springer Nature Switzerland.
- Winner, L. (1986). *The whale and the reactor: A search for limits in an age of high technology*. University of Chicago Press.

## English abstract

*The opportunities we and our children get to create a better future depend on how we understand and respond to the technological potentials. Therefore, modern education must include knowledge about, and attitudes towards, technology and technological choices. The article gives an overview of the last 30 years of development of a philosophy and teaching-ideas which do not focus on the relationship between technology and society, but is concerned with questions like: What IS technology? How does new technology arise? What role does design play? What properties does technology have that make us so dependent on it?*