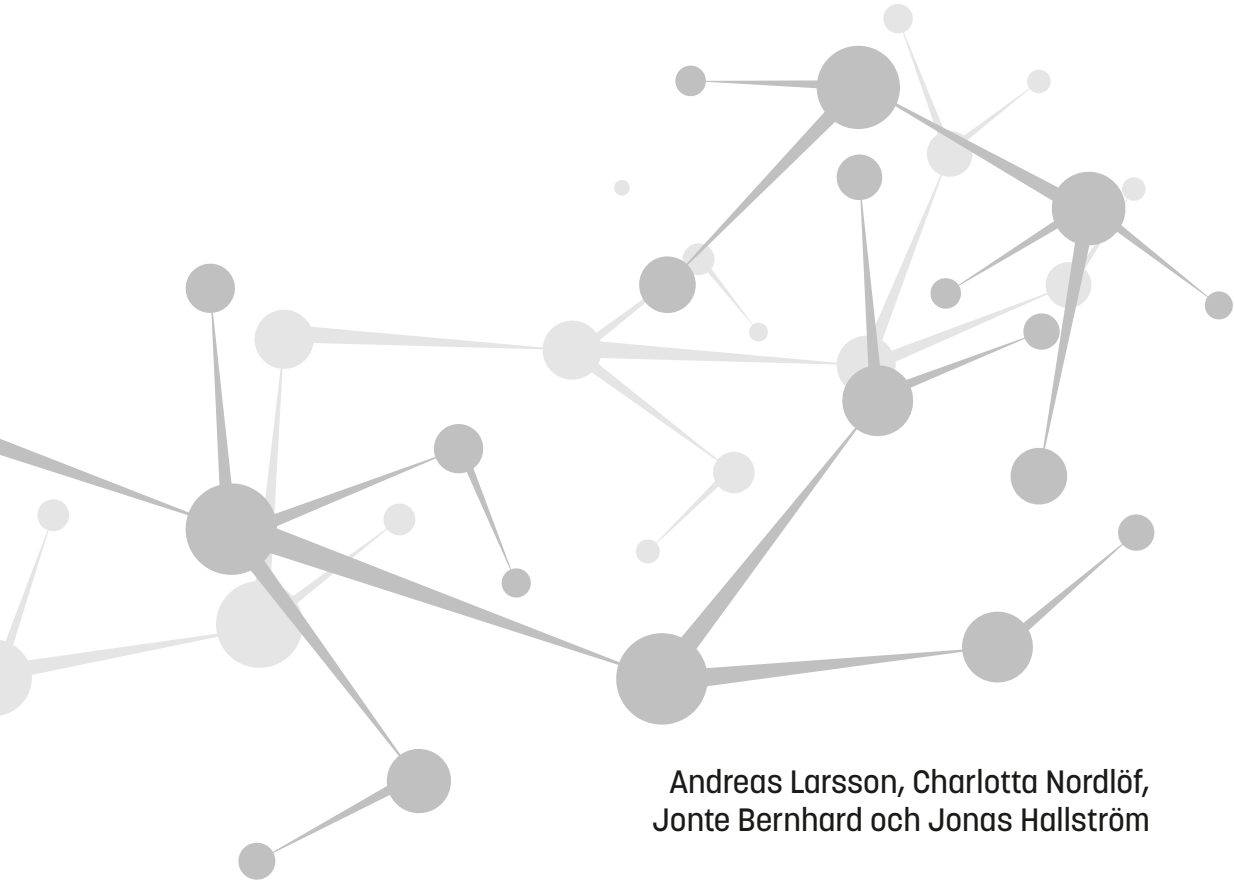
Naturvetenskapernas och teknikens didaktik nr 9 2024

Från teori till teknikundervisning



Andreas Larsson, Charlotta Nordlöf,
Jonte Bernhard och Jonas Hallström

LINKÖPINGS UNIVERSITET

NATDID
Nationellt centrum för naturvetenskapernas och teknikens didaktik

Naturvetenskapernas och teknikens didaktik No. 9

Från teori till teknikundervisning

Andreas Larsson, Charlotta Nordlöf, Jonte Bernhard
och Jonas Hallström

Institutionen för beteendevetenskap och lärande

Linköpings universitet, SE-601 74 Norrköping, Sweden
Norrköping 2024

Nationellt centrum för naturvetenskapernas och teknikens didaktik (NATDID) vid Linköpings universitet inrättades 2015 efter ett beslut från regeringen. Centret verkar för att sprida ämnesdidaktisk forskning inom naturvetenskap och teknik till personer verksamma inom skolan. På så sätt bidrar NATDID till att stödja skolutvecklingen på nationell nivå inom naturvetenskap och teknik. Denna forskningsspridning bygger på att skapa möten mellan lärare och forskare för att på så sätt bidra till att upprätta långsiktiga relationer och dialog mellan parterna.

https://www.liu.se/natdid

TekNaD, Teknik, naturvetenskap och didaktik, är en forskningsmiljö vid Institutionen för beteendevetenskap och lärande (IBL), Campus Norrköping, Linköpings universitet. TekNaD omfattar ett trettiotal seniora forskare, postdoktorer och doktorander i naturvetenskapernas och teknikens didaktik, och forskningen fokuserar exempelvis historiska, filosofiska och kulturella perspektiv på naturvetenskap och teknik i skolan, språk, redskap och representationer inom naturvetenskap och teknik i skolan, digitala verktyg och digitaliseringens effekter inom naturvetenskap och teknik i skolan samt bedömning och skolans styrning. TekNaD ger ut doktors- och licentiatavhandlingar i serien Studies in Science and Technology Education.

https://liu.se/forskning/teknik-naturvetenskap-och-didaktik-teknad

© Nationellt centrum för naturvetenskapernas och teknikens didaktik och författarna. Distribueras av Nationellt centrum för naturvetenskapernas och teknikens didaktik vid Institutionen för beteendevetenskap och lärande (IBL), Linköpings universitet.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/.

Printed in Sweden by LiU-tryck, 2024
Omslag: Tomas Hägg

ISBN 978-91-8075-886-4 (Tryckt)
ISBN 978-91-8075-887-1 (Digital)
https://doi.org/10.3384/9789180758871

Innehåll

Andreas Larsson, Charlotta Nordlöf, Jonte Bernhard och Jonas Hallström
Från teori till teknikundervisning 1

Del 1 – Perspektiv på teknikundervisning

Jonas Hallström och Karin Stolpe
Teknisk multilitteracitet – Att fånga det komplexa kunnandet i teknikämnet .. 7

Maria Svensson och Anne-Marie Cederqvist
Tekniska system med utgångspunkt i systemteori och systemtänkande 17

Jonte Bernhard
Kunskapens natur i teknik- och naturvetenskap 41

Claes Klasander
Teknikhistoria 53

Andreas Larsson
Språkets betydelse för teknikundervisningen 67

Per Norström
Modeller och modellering i teknik och teknikundervisning 79

Del 2 – Utmaningar i teknikundervisning

Charlotta Nordlöf
Verklighetsnära teknikundervisning 93

Annica Gullberg och Kristina Andersson
Genusmedvetenhet som del av teknikundervisning..... 107

Susanne Engström och Maria Sundler
Bygga hållbarhetskompetenser genom teknikämnets innehåll..... 121

Charlotta Nordlöf
Teknikutveckling – perspektiv på hur läraren kan forma undervisning 137

Jonas Hallström
Reglersystem 151

Del 3 – Exempel på teknikundervisning

Lars Björklund
Om elektriciteten försvinner 163

Patrik Sandsveden
Arbetsområdet infrastruktur 169

Från teori till teknikundervisning

Andreas Larsson[1], Charlotta Nordlöf[1], Jonte Bernhard[1]
och Jonas Hallström[1]
Institutionen för beteendevetenskap och lärande (IBL), Linköpings universitet

Inledning

Teknikens betydelse för samhället blir större för varje dag som går och formar också stora delar av våra liv. Våra hem är fyllda med olika apparater som, utan att vi egentligen tänker på det, ansluter oss till tekniska system som i sin tur försörjer oss med vatten, el, telekommunikation och annan infrastruktur. Tekniken spelar också en viktig roll i yrkeslivet, oavsett om man arbetar med att utveckla ny teknik, att underhålla teknik eller att använda teknik i sitt arbete. Behovet av att förstå tekniken har alltså aldrig varit så stort som nu varför vi valt att sätta samman denna antologi. Boken är skriven med blivande och verksamma lärare i fokus. Vi har därför valt att lyfta fram en bred förståelse för teknik och teknikundervisning, samtidigt som vi försökt visa hur denna förståelse kan vara ett verktyg för att utveckla undervisning. Målet för oss i redaktionen har med andra ord varit att skapa en blandning av texter som med varierande konkretion belyser den konstruerade världen ur ett flertal olika perspektiv.

Boken är utformad vid forskningsmiljön Teknik, naturvetenskap och didaktik (TekNaD) vid Institutionen för beteendevetenskap och lärande (IBL) och samlar forskare och lärarutbildare vid Linköpings universitet, Göteborgs universitet, Högskolan i Halmstad och Kungliga Tekniska högskolan (KTH). Under arbetets gång har alla författare träffats för att ge synpunkter på varandras texter för att på så vis säkerställa att bokens innehåll både har relevans för svensk skola, landets lärarutbildningar samt kan ge nya perspektiv på både ett klassiskt och samtida teknikinnehåll. Då bokens texter ges ut i samarbete med Nationellt centrum för naturvetenskapernas och teknikens didaktik (NATDID) har vi lagt mycket kraft på att texterna ska vara professionsvetenskapliga till sin karaktär. En professionsvetenskaplig text lånar delar av sin stil från populärvetenskapen samtidigt som den har en tydlig grund i det vetenskapliga sättet att skriva. Exakt vad detta innebär i praktiken skiljer sig givetvis åt mellan olika texter, men generellt sett handlar professionsvetenskapligt skrivande om att tydligt beskriva forskningsresultat på ett sådant sätt att forskningens ibland något svåra begrepp och idéer inte ska utgöra ett hinder för läsaren. Samtidigt väljer vi att ha kvar referenser till andra texter så att den som är intresserad kan fördjupa sig i olika frågor och granska våra skribenters arbete och den forskning som ligger bakom texterna.

Bokens disposition och innehåll

Boken omfattar tre kompletterande delar – perspektiv på teknikundervisning, utmaningar i teknikundervisning och exempel på teknikundervisning. Den första delen beskriver olika sätt att förstå teknik och teknikundervisning. Texterna är skrivna på ett sådant sätt att de ska kunna finnas i bakhuvudet mest hela tiden för att så småningom bli till verktyg för läsaren när det kommer till att utveckla sig i sin profession. I bokens andra del finns mer beskrivande texter som, ofta med någon modell i centrum, tar sig an kända undervisningsproblem. Den avslutande delen innehåller en samling konkreta exempel på hur undervisning kan utformas samt korta reflektioner från de lärare som genomfört undervisningen. För att underlätta läsningen av boken har vi arbetat systematiskt med att skapa referenser mellan bokens kapitel – en slags teknikdidaktikens hyperlänkar. Texterna kan därför läsas som fristående bidrag, men också vävas samman till en större helhet.

Innehållet då? Bokens första del inleds med ett kapitel där *Jonas Hallström* och *Karin Stolpe*, båda vid Linköpings universitet, använder begreppet teknisk multilitteracitet för att beskriva de kunskaper och kompetenser som kan anses vara nödvändiga i ett teknikintensivt samhälle. Kapitlet beskriver tekniska kunskaper som tvärvetenskapliga, handlingsorienterade och situationsberoende och som även kan omfatta teknikområden som ännu inte existerar. I bokens andra text belyser *Maria Svensson*, Göteborgs universitet, och *Anne-Marie Cederqvist*, Högskolan i Halmstad, ett av bokens och teknikundervisningens mest återkommande begrepp, tekniska system. Kapitlet ger en grundlig genomgång av begreppets natur, men också hur ett systemiskt perspektiv på teknik kan bli ett verktyg i bland annat teknikundervisning. I det tredje kapitlet skriver *Jonte Bernhard*, Linköpings universitet, om de huvudsakliga skillnaderna mellan teknikvetenskapens fokus på att skapa och naturvetenskapens intresse för att förklara; skillnader som i praktiken kan ge upphov till epistemologiska utmaningar i undervisningen. I bokens fjärde kapitel argumenterar *Claes Klasander*, Linköpings universitet, för varför teknikhistoria – förståelsen för växelverkan mellan teknik, människa, samhälle och natur – är en central del av teknisk bildning. Han beskriver även hur kartor, tidslinjer och klädnypor kan användas som didaktiska verktyg i undervisningen. *Andreas Larsson*, också från Linköpings universitet, skriver om i sitt kapitel om språkets betydelse för teknikundervisningen och vikten av att förstå teknikens olika representationsformer. Kapitlet ger en översikt över hur språkvetenskap kan användas för att förstå de bakomliggande orsakerna till vad som sker i klassrummet. Bokens sjätte kapitel, skrivet av *Per Norström* från Kungliga Tekniska högskolan (KTH), behandlar modeller och modellering. Norström visar hur modeller är en förutsättning för att förstå teknik och bör vara en självklar del av undervisningen.

Bokens andra del inleds med att *Charlotta Nordlöf*, Linköpings universitet, beskriver hur en verklighetsnära undervisning kan formas genom att ta steget utanför skolans väggar. Hon lyfter exempel från samhället och arbetslivet för att låta eleverna lösa problem med utgångspunkt i deras vardag. Vidare beskriver *Annica Gullberg* och *Kristina Andersson*, båda från KTH, vikten av genusmedvetenhet i undervisningen och hur en genusmedvetenhetsspiral kan hjälpa lärare att reflektera över, och förändra sitt agerande i klassrummet. Vidare belyser *Susanne Engström* och *Maria Sundler*, även de från KTH, vikten av att förändra sitt beteende för att kunna anpassa teknikundervisningen till dagens hållbarhetsutmaningar. *Charlotta Nordlöf* återkommer i ett andra kapitel där hon beskriver teknikutvecklingsprocessen, och ger handfasta tips på hur den kan införas i klassrummet. I den andra delens sista kapitel skriver *Jonas Hallström* där han beskriver reglering av tekniska system kan gå till och hur detta kan bli till ett undervisningsinnehåll i teknikämnet.

I bokens tredje del presenteras beskrivningar av två arbetsområden som läsaren kan användas redan idag. *Lars Björklund*, Linköpings universitet, har utvecklat ett undervisningssätt om elektricitetens funktionella aspekter, baserat på solstormar. Exemplet bygger på en uppgift från en fortbildningskurs för lärare. I bokens sista kapitel delar teknikläraren *Patrik Sandsveden*, Klingsborgsskolan i Norrköpings kommun, med sig av sina erfarenheter av att utgå från aktuella händelser i undervisningen, såsom situationen i Ukraina, för att diskutera frågor om exempelvis infrastruktur.

Avslutningsvis

Samtidigt som vi i redaktionen medvetet arbetat för att skapa en bok som ger en bild av vad teknik, teknikdidaktik och teknikundervisning har varit, är och kan bli, inser vi att det finns många dimensioner kvar att behandla. Vi hade gärna inkluderat kapitel om teknikfilosofi, elevers intresse för teknik, programmering, interaktionsperspektiv på undervisningen och artificiell intelligens, för att nämna några. Vi hoppas dock att denna antologi har väckt din nyfikenhet och att du vill utveckla din teknikundervisning i relation till framtida frågor.

Andreas, Charlotta, Jonte & Jonas

Författarpresentation

Andreas Larsson är filosofie doktor i teknikens didaktik och arbetar som postdoktor vid Linköpings universitet. Hans forskning handlar för tillfället om teknikläraresförutsättningar för att bedriva undervisning samt hur artificiell intelligens kan komma att påverka det mänskliga språket i utbildningssammanhang. Andreas är också föreståndare för Nationellt centrum för naturvetenskapernas och teknikens didaktik (NATDID).

Charlotta Nordlöf är filosofie doktor i teknikens didaktik och arbetar som biträdande universitetslektor vid Linköpings universitet och har en bakgrund som teknikläraregymnasiet. På universitet undervisar hon lärarstudenter och är delaktig i forskningsprojekt som berör teknikens didaktik. Hon är även medarbetare på Nationellt resurscentrum för teknikundervisning i skolan (CETIS).

Jonte Bernhard är professor emeritus i ingenjörsvetenskapens didaktik vid Linköpings universitet. Han är civilingenjör i teknisk fysik med materialvetenskaplig inriktning, teknologie doktor i fasta tillståndets fysik, docent i fysik samt legitimerad lärare i fysik, matematik och teknik för gymnasieskolan. År 2022 utnämndes han till Fellow av European Society for Engineering Education (SEFI)

Jonas Hallström är professor i teknikens didaktik vid Linköpings universitet. Hans forskning rör teknikämnets historiska framväxt i skolan, teknikens epistemologi och ämnesfilosofi samt elevers och lärares attityder till och kunskaper om teknik och teknikundervisning. Hans forskning rör också olika ämnesinnehåll inom teknik och STEM: exempelvis tekniska system, artificiell intelligens, design, modeller och modellering.

Teknisk multilitteracitet – att fånga det komplexa kunnandet i teknikämnet

Jonas Hallström och Karin Stolpe
Institutionen för beteendevetenskap och lärande (IBL), Linköpings universitet

Begreppet teknisk multilitteracitet kan beskriva de grundläggande kunskaper och kompetenser som är nödvändiga i ett teknikintensivt samhälle.

Teknisk multilitteracitet beskriver de tekniska kunskaper en medborgare behöver för att klara av ett yrke där man hanterar teknik, kunna läsa teknik inom yrkesutbildning eller högre utbildning eller rent av klara sig i samhället.

Teknisk multilitteracitet kan beskrivas som en kompetens, en handlingsberedskap eller en slags ”läskunnighet” som består av dynamiska och situationsanpassade förmågor för att förstå, använda, hantera och värdera befintlig såväl som ny teknik.

Inledning

I Sverige och Norden har termerna teknisk bildning, teknisk allmänbildning och praktisk bildning använts sedan åtminstone tidigt 1900-tal för att beskriva grundläggande kunskaper om teknik (Hallström m.fl., 2014). Motsvarande engelskspråkiga begrepp, technological literacy, syftar också på grundläggande, allmänbildande kunskaper och förmågor för att förstå och hantera teknik, liksom att kunna bedöma och se de stora dragen i teknik som fenomen. När det gäller både teknisk allmänbildning och litteracitet ställs de ofta emot, eller i alla fall som komplement till, de mer specialiserade kunskaper och färdigheter som behövs inom specifika teknikområden som elektronik, reglerteknik, möbeldesign eller skeppsbyggnad (t.ex. Dakers, 2006; Jenkins, 1997).

Teknik som fenomen är objekt, aktiviteter och kunskaper som människan använt för att lösa problem eller uppfylla önskningar genom historien, ända sedan jägar- och samlarsamhället. Ändå kan dagens samhälle beskrivas som mer

genomsyrat av teknik än någonsin tidigare. Framför allt finns det väldigt avancerad teknik som vi har nära inpå oss dygnet runt – smarta telefoner, luftvärmepumpar, datorer och bilar. Denna teknik påverkar också sättet på vilket vi lever våra liv. Tekniken utvecklas snabbt, och vi med den. Därför är det inte längre möjligt att som tidigare tradera nödvändiga tekniska kunskaper från föräldrar till barn eller från mästare till lärling. Det är bland annat därför som det behövs professionella lärare med teknisk och didaktisk utbildning som undervisar den nya generationen, och detta sker huvudsakligen inom ämnet teknik i skolan, även om tekniska kunskaper också förmedlas i andra ämnen (se Hallström m.fl., 2014; Nye, 2007).

Denna utveckling leder oss till frågan om vad man som människa behöver kunna om teknik? Vilket tekniskt kunnande vi behöver i ett tekniskt komplext och samtidigt föränderligt samhälle är inte helt enkelt att bestämma. För att mer noggrant karaktärisera de tekniska kunskaper och förmågor som medborgare behöver kommer vi här använda oss av begreppet teknisk multilitteracitet (eng. multiliteracy). Det hjälper till att lyfta fram den tekniska kunskapens tvärvetenskapliga, handlingsorienterade och situationsberoende karaktär och kan även inkludera framtida teknikområden som inte finns ännu. Syftet med detta kapitel är att karaktärisera begreppet teknisk multilitteracitet.

Teknisk multilitteracitet – ett begrepp för att fånga det komplexa tekniska kunnandet i handling

Tekniken är skapad av människor för att lösa problem eller uppfylla behov och önskningar (t.ex. Kline, 2003). Teknik handlar generellt om så kallade artefakter (objekt, produkter), men också om system, processer, metoder och aktiviteter samt kunskaper om dessa, antingen för innovation och tillverkning eller för användning (Mitcham, 1994; van der Vleuten m.fl, 2017). Teknik kan därmed beskrivas som den konstruerade värld vi har runt omkring oss. Dock saknas tydliga beskrivningar av vad som ska inkluderas när det gäller just allmänbildande tekniska ämneskunskaper och -färdigheter, alltså det som man bör kunna och som ska ligga till grund för både deltagande i samhället och framtida yrken och utbildningar. Här ingår alltså grundläggande användning och skötsel av vardaglig teknik, och exempelvis vad som krävs för att kunna läsa och hantera tekniska instruktioner, ritningar, andra representationer/modeller med mera.

Litteracitet hänvisar i sin ursprungsbetydelse till läs- och skrivkunnighet. I en bredare bemärkelse kan begreppet omfatta förmågor och kompetenser i vidare mening (Bawden, 2001). Till exempel kan det handla om medielitteracitet, digital litteracitet, naturvetenskaplig litteracitet eller forskningslitteracitet som beskrivning av grundläggande tekniska kompetenser som är viktiga inom dessa mer specifika delområden. Litteraciteter bygger tillsammans upp en bredare

kompetens eller ”läskunnighet” som har praktisk relevans i en specifik kontext som dessutom förändras.

Litteracitet kan därmed förstås som kunskap i handling (se även Stolpe, 2024). Teknisk multilitteracitet skulle kunna komma till uttryck i handling i elevens möte med texter och i relation till andra typer av ämnesrelaterade representationer, alltså sätt att representera ett innehåll såsom ritningar, skisser, fysiska modeller, produkter och olika typer av media som påverkar kommunikationen av kunskaperna (Kress & Selander, 2012). Teknikutvecklingsprocessen i den svenska skolans teknikämne (se även Nordlöfs kapitel) kännetecknas av att eleven behöver kunna hantera olika representationsformer för att lösa tekniska problem (jfr. McVee m.fl., 2023). Elevers förmåga att tolka och förstå teknisk kunskap i olika representationsformer blir därmed en viktig del av teknisk multilitteracitet.

Användningen av begreppet teknisk litteracitet har i internationella sammanhang fått kritik för att vara fast i en snäv ingenjörstradition och ignorera den bredare samhällskontexten och teknikens konsekvenser för exempelvis miljön. Dakers (2014) argumenterar därför för att man behöver göra upp med en ensidig betoning av ingenjörstraditionen och införa nytt humanistiskt innehåll i begreppet teknisk litteracitet. Mitcham (2014) är av samma åsikt och betonar att teknisk litteracitet inte bara handlar om att människan ska nå nya tekniska framgångar utan även om att fördjupa det kritiska engagemanget. Dakers och Mitcham argumenterar alltså båda för en *kritisk* teknisk (multi)litteracitet, med inslag av humaniora och samhällsvetenskap.

I det här kapitlet baserar vi vår definition av teknisk multilitteracitet på den amerikanska *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*, där teknisk litteracitet definieras som “*förmågan att använda, hantera, värdera och förstå teknik*” (ITEA, 2007, s. 9, vår översättning), som vi anser inkluderar både en ingenjörs- och en humanistisk tradition.

Syftet med att beskriva teknisk litteracitet som en multilitteracitet är både att lyfta fram den tvärvetenskapliga och handlingsbaserade karaktären hos tekniska kunskaper och färdigheter, och teknikens inbäddning i ett visst kulturellt, samhälleligt och politiskt sammanhang. Båda dessa aspekter är avgörande för att främja demokratiska värderingar i förhållande till nuvarande och framtida teknik (Hallström, 2023; jfr. Clucas & Sjöström, 2024). Teknisk multilitteracitet består därmed av en teknisk kompetens eller handlingsberedskap tillsammans med till tekniken angränsande och delvis överlappande områden och de litteraciteter som är centrala där. Inom teknik behöver elever exempelvis också digital litteracitet, spatial litteracitet (Buckley m.fl., 2022), design-litteracitet, AI-litteracitet (Stolpe & Hallström, 2024) och naturvetenskapslitteracitet, alltså olika typer av kompetenser som kan omsättas i handling i teknikklassrummet (Hallström, 2023). Dessa litteraciteter ingår i det bredare begreppet teknisk

multilitteracitet, i linje med hur exempelvis forskarna Kahn och Kellner (2006) och Williams (2009) argumenterar. Genom att tala om en teknisk multilitteracitet kan vi inkludera möjligheten att vid behov pendla mellan specifika litteraciteter och samtidigt hänföra dessa till det mer övergripande paraplybegreppet teknisk multilitteracitet (se även Nordlöfs och Larssons kapitel).

Teknisk multilitteracitet i en vardags- och klassrumskontext

Både vardaglig användning och konstruktion och utveckling av teknik behöver finnas levande i teknikundervisningen. När eleverna flyttar hemifrån står de i sitt första egna hem som ska fyllas med möbler, apparater och andra lösningar för att underlätta vardagen. Redan i steget av att välja vilka saker som ska införskaffas till det nya hemmet behöver ungdomen göra en rad olika val baserat på funktion, storlek på rummen, smak och hållbarhetsaspekter. När ungdomen sedan kommer hem med den första IKEA-byrån behöver en instruktion i form av en ritning överföras till en ihopsatt fysisk möbel – ett byte av representationsform (se även Larssons kapitel). Det sätter bland annat den spatiala litteraciteten på prov.

Detta är förmågor som grundläggs i klassrummets teknikundervisning. När eleverna i klassrummet sätter igång teknikutvecklingsprocessen behöver de utveckla en egen idé om en teknisk lösning på ett givet eller identifierat problem, inte bara bygga efter en befintlig ritning (se även Nordlöfs kapitel). I ett första steg kan eleverna behöva göra efterforskningar genom att till exempel läsa böcker eller artiklar, göra sökningar på internet eller intervjua personer från en tänkt målgrupp för den tekniska lösningen. Att söka information på nätet kräver såväl språklig litteracitet, digital litteracitet samt kritiskt tänkande i relation till den information man hittar som att kunna bedöma vad som är relevant. Den information i form av text, bild och filmer som eleverna hittar behöver sedan omvandlas till en *design*, en teknisk lösning som också behöver utvecklas genom att representeras med en första idéskiss. Denna skiss kan både vara för att utveckla sin idé men, också för att kommunicera med sina grupp- eller klasskamrater (McVee m.fl., 2023).

Allteftersom idén tar form, behöver eleverna rita en alltmer detaljerad ritning. De behöver då kunskap om konventioner för hur man ritar, vilka symboler som används och vilka vyer som ska visualiseras. Att kunna läsa och omsätta information via en idéskiss, till en mer konkret ritning kräver ett flertal aspekter av en teknisk multilitteracitet såsom visuell och spatial litteracitet (t.ex. Thyberg m.fl., 2024). I många fall får eleverna också göra sin ritning med hjälp av ett datorprogram (till exempel CAD, se Brink m.fl., 2023). Då behöver eleverna alltså växla från representation av en lösning med papper och penna till ett datorprogram. I datorprogrammet möts eleverna av symboler, linjaler, algoritmer

och olika typer av knappar för olika funktioner, något som kan kräva både visuell och digital litteracitet som del av en teknisk multilitteracitet.

Om eleverna sedan ska konstruera en modell utifrån sin ritning kommer de ytterligare en gång att göra ett skifte av representation, och därmed kommer också andra delar av den tekniska multilitteraciteten att behövas, exempelvis den spatiala litteraciteten. Detta är viktigt vare sig de ska bygga en egen fysisk modell, eller använder en 3D-skrivare. Nu behöver eleverna välja material till sin konstruktion och hur materialet ska sammanfogas till en prototyp. Kanske upptäcker eleverna i det här skedet att den konstruktion de hade ritat faktiskt inte fungerar i praktiken, vilket gör att de måste återvända till ritbordet. På det sättet samspelar och aktualiseras olika delar av den tekniska multilitteraciteten i olika situationer. Därför går det inte heller att beskriva detta som enskilda, separata kompetenser eller kunskaper, utan istället är det just i pendlingen mellan olika litteraciteter och överföringen mellan olika representationer som teknisk multilitteracitet kommer till uttryck, testas, utvärderas, omförhandlas och utvecklas.

Avslutning

Samhällsutvecklingen ställer stora krav på oss som samhällsmedborgare, inte minst när det gäller tekniska kunskaper. Elever behöver därför utbildas så att de kan kliva ut i en arbetsmarknad där de inte bara ska använda utan också ibland utveckla och modifiera teknik och därför behöver en teknisk multilitteracitet. De behöver också rustas för att inte bara kunna hantera dagens teknik, utan även morgondagens.

Även om vi på många sätt lever i en ”slit-och-släng-värld” finns också en motsatt trend som bygger på hållbarhet och som betonar vikten av att återbruka. Här kan elevers tekniska multilitteracitet stärkas genom att bygga om föremål från hemmet och låta dem få nya funktioner, eller att laga möbler, cyklar eller andra saker som har gått sönder. Detta kan i sin tur bidra till att skapa ett mer hållbart samhälle. Om vi vill fostra ansvarsfulla medborgare att ta ansvar för vårt samhälle kan teknikämnet därför vara en bra plattform för att börja med det.

Samtidigt behövs också fler människor som kan verka inom tekniskt inriktade yrken. Det handlar både om de yrken som man traditionellt tänker på som tekniska som exempelvis svetsare, elektriker, byggarbetare och mekaniker, och andra yrken som blir alltmer tekniska som vård- och omsorgsyrken. De multilitteraciteter som behövs i dessa typer av yrken kan eleverna behöva möta redan i grundskolans och även gymnasiets teknikundervisning, vilka vi givit exempel på ovan. För den som läser vidare på olika högskoleutbildningar med teknisk inriktning, exempelvis ingenjörsprogram, behövs också en grundläggande teknisk

multilitteracitet som grund för de specialiserade kunskaper som karaktäriserar olika teknikområden (jfr. Nordlöf m.fl., 2022).

Det är därför viktigt för lärare att ta med en bred förståelse av teknikbegreppet (jfr. Mitcham, 1994; Svenningsson, 2020) in i teknikklassrummet, för att kunna utveckla en teknisk multilitteracitet hos eleverna. Oavsett vilken väg som eleverna tar efter skolan kommer de att ha nytta av en bredd av grundläggande teknikkunskaper, både i sin kommande yrkesgärning och som ansvarsfulla medborgare. Begreppet teknisk multilitteracitet pekar på att bredden av dessa teknikkunskaper handlar om kompletterande förmågor som behöver utvecklas i ett samhälle med en snabb teknikutveckling, och dessa kunskaper kommer till uttryck i handling. Den här dynamiska synen på kunskap gör att elever också kan rustas för framtida teknikutveckling. Artificiell intelligens (AI) blir alltmer viktig även i utbildningssammanhang, något som gör teknisk multilitteracitet i sitt dynamiska beroende av förändrade ämnesinnehåll extra central. Samtidigt som AI-litteracitet därvid på sikt blir en viktig komponent av teknisk multilitteracitet är det också viktigt att betona att utveckling av teknisk kunskap aldrig kan reduceras till enbart digitalt baserade aktiviteter utan också kräver människors förmåga att hantera olika representationsformer i en fysisk verklighet: fysiska ritningar, verktyg, modeller, material etcetera (t.ex. Tang & Cooper, 2024). Teknisk multilitteracitet blir då en kompetens, handlingsberedskap eller ”läskunnighet” som består av dynamiska och situationsanpassade förmågor för att kunna förstå, använda, hantera, och värdera befintlig såväl som ny teknik, digital såväl som analog.

Författarpresentation

Jonas Hallström är professor i teknikens didaktik vid Linköpings universitet. Hans forskning rör teknikämnets historiska framväxt i skolan, teknikens epistemologi och ämnesfilosofi samt elevers och lärares attityder till och kunskaper om teknik och teknikundervisning. Hans forskning rör också olika ämnesinnehåll inom teknik och STEM: exempelvis tekniska system, artificiell intelligens, design, modeller och modellering.

Karin Stolpe arbetar som forskare och lärarutbildare vid Linköpings universitet. Hennes forskningsintressen handlar om lärares förutsättningar för att undervisa i teknik och naturvetenskapliga ämnen. För närvarande arbetar hon främst med lärarstudenters användning av, och syn på artificiell intelligens och hur den nya tekniken kommer att påverka framtidens utbildningsmiljöer.

Referenser

Bawden, D. (2001). Information and digital literacies: a review of concepts. *Journal of Documentation, 57*(2), 218-259.

Brink, H., Kilbrink, N., & Gericke, N. (2023). Teach *to use* CAD or *through using* CAD: An interview study with technology teachers. *International Journal of Technology and Design Education, 33*, 957–979. https://doi.org/10.1007/s10798-022-09770-1

Buckley, J., Seery, N., Canty, D., & Gumaelius, L. (2022). The Importance of Spatial Ability Within Technology Education. I Williams, P. J., & von Mengersen, B. (Red.), *Applications of Research in Technology Education*. Contemporary Issues in Technology Education. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7885-1_11

Clucas, P., & Sjöström, J. (2024). Traces of *Bildung* in Upper Secondary Science Education: A Critical Investigation of Chemistry Teachers' Orientation Towards Promoting *Bildung* in Chemistry Education. *Science & Education*. https://doi.org/10.1007/s11191-024-00510-6

Dakers, J. R. (2006). Introduction: Defining Technological Literacy. I J. R. Dakers (Red.), *Defining technological literacy: Towards an epistemological framework*. Palgrave Macmillan.

Dakers, J. R. (2014). Introduction: Breaking with the past. I J. R. Dakers (Red.), *New frontiers in technological literacy: Breaking with the past*. Palgrave MacMillan.

Gilbert, J. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education, 2*(2), 115–130.

Hallström, J. (2023). The philosophical and political value of technology education: fostering technological multiliteracies. I D. Gill, D. Irving-Bell, M. McLain, & D. Wooff (Red.), *The Bloomsbury handbook of technology education* (s. 345-355). Bloomsbury.

Hallström, J., Hultén, M., & Lövheim, D. (2014). The study of technology as a field of knowledge in general education: historical insights and methodological considerations from a Swedish case study, 1842–2010. *International Journal of Technology and Design Education, 24,* 121–139. https://doi.org/10.1007/s10798-013-9252-x

ITEA. (2007). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology. Tredje uppl.* International Technology Education Association.

Jenkins, E. W. (1997). Technological literacy: Concepts and constructs. *The Journal of Technology Studies, 23*(1), 2–5.

Kahn, R., & Kellner, D. (2006). Reconstructing Technoliteracy: A Multiple Literacies Approach. I J. R. Dakers (Red.), *Defining Technological Literacy: Towards an Epistemological Framework* (s. 253-274). Palgrave MacMillan.

Kline, S. J. (2003). What Is Technology? I R. C. Scharff & V. Dusek (Red.), *Philosophy of Technology: The Technological Condition: An Anthology*. Blackwell.

Kress, G., & Selander, S. (2012). Multimodal design, learning and cultures of recognition. *The Internet and Higher Education, 15*(4), 265-268. https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2011.12.003

McVee, M. B., Schucker, K. A., Silvestri, K. N., & Tripp, J. N. (2023). Using multiliteracies and multimodality to explore engineering literacies and problem-scoping for multilingual learners: A perspective on multiliteracies for STEM learning. I R. J. Tierney, F. Rizvi, & K. Ercikan (Red.), *International Encyclopedia of Education (fjärde uppl.)* (s. 50-63). Elsevier Science.

Mitcham, C. (1994). *Thinking through technology: The path between engineering and philosophy*. The University of Chicago Press.

Mitcham, C. (2014). Foreword: Advancing and questioning literacy. I J. R. Dakers (Red.), *New frontiers in technological literacy: Breaking with the past*. Palgrave MacMillan.

Nordlöf, C., Norström, P., Höst, G., & Hallström, J. (2022). Towards a three-part heuristic framework for technology education. *International Journal of Technology and Design Education, 32*, 1583–1604. https://doi.org/10.1007/s10798-021-09664-8

Nye, D. E. (2007). *Technology matters: Questions to live with*. The MIT Press.

Stolpe, K. (2024). Forskningslitteracitet i praktiken: lärares motiv till att läsa och använda forskning. *Pedagogisk forskning i Sverige*, *24* (1-2), 7-30. https://doi.org10.15626/pfs29.0102.01

Stolpe, K. & Hallström, J. (2024). Artificial intelligence literacy for technology education. *Computers and Education Open*, *6*, 100159. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100159

Svenningsson, J. (2020). The Mitcham Score: quantifying students' descriptions of technology. *International Journal of Technology and Design Education*, *30*, 995–1014. https://doi.org/10.1007/s10798-019-09530-8

Tang, K.-S., & Cooper, G. (2024). The Role of Materiality in an Era of Generative Artificial Intelligence. *Science & Education*. https://doi.org/10.1007/s11191-024-00508-0

Thyberg, A., Schönborn, K. J., & Gericke, N. (2024). Investigating students' meaning-making of multiple visual representations of epigenetics at different levels of biological organisation. *International Journal of Science Education*, 1–27. https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2289175

van der Vleuten, E., Oldenziel, R., & Davids, M. (2017). *Engineering the Future, Understanding the Past: A Social History of Technology*. Amsterdam University Press.

Williams, P. J. (2009). Technological literacy: a multiliteracies approach for democracy. *International Journal of Technology and Design Education, 19*, 237-254.

Tekniska system med utgångspunkt i systemteori och systemtänkande

Maria Svensson[1] och Anne-Marie Cederqvist[2]
[1]Institutionen för didaktik och pedagogisk profession, Göteborgs universitet
[2]Akademin för lärande, humaniora och samhälle, Högskolan i Halmstad

Systemteorier bygger samman olika kunskapstraditioner och är tvärvetenskapliga i sin natur.

Systemtänkande som ett verktyg som möjliggör ett organiserat tänkande kring komplexa händelser och fenomen där målet att möta mänskliga behov och önskemål.

Ett tekniskt system består av flera komponenter som interagerar och tillsammans bildar en helhet. Därför är förståelsen sambanden mellan komponenterna centralt för att utveckla en systemisk syn på teknik.

Inledning

Det är viktigare än någonsin att utveckla kunskap om tekniska system och förmåga att anta ett systemperspektiv. Vi kan under en dag resa mellan städer i olika länder med höghastighetståg eller flygplan - det är till och med möjligt att resa till månen. En viktig faktor för att åstadkomma dessa resor är de tekniska system som människan har utvecklat. Vi kan sitta hemma i köket och beställa veckans mat som sedan levereras till vår dörr en bestämd tid och dag eller skicka pengar till varandras konton med hjälp av några knapptryckningar på våra mobiltelefoner. Olika tekniska system är idag integrerade i vårt samhälle på ett sätt som gör dem mer eller mindre osynliga. Det innebär att det är svårt att överblicka tekniska system och då kan någon form av verktyg behövas som stöd för att förstå dem. Systemtänkande är ett verktyg som kan användas för att förstå hur till exempel ett transport- eller informationssystem är uppbyggt, fungerar och påverkar människan, samhället och miljön.

I detta kapitel presenteras några systemteorier och aspekter av systemtänkande samt didaktisk forskning med betydelse för förståelse av tekniska system som kunskapsområde. Tekniska system som begrepp etableras i relation till teorier och filosofiska traditioner i en teknisk kontext. Ur ett bildningsperspektiv

är kunskap om tekniska system betydelsefull för människor i ett samhälle där tekniska föremål i allt högre utsträckning kopplas samman och integreras med varandra. För att skapa goda förutsättningar för eleverna att lära sig om tekniska system måste de teoretiska och filosofiska traditionerna kompletteras med didaktiska traditioner. Det innebär förståelse för de didaktiska frågorna vad, hur och varför i relation till undervisning av tekniska system i skolan.

Systemteorier, systemtänkande och tekniska system

Systemperspektiv är ett etablerat sätt att förstå händelser och fenomen i vår omvärld genom att skapa en förståelse av helheter, delar och hur dessa samverkar med varandra. Det kan exempelvis handla om funktioner i människokroppen, olika materials livscykler eller politiska system. Att anta ett systemperspektiv är avgörande för att förstå hur vi kan hantera problem i relation till globala hållbarhetsfrågor såsom fattigdom, klimatförändringar och nedbrytning av ekosystem. Systemperspektivet är därför ett perspektiv som har stor betydelse och behöver finnas i vårt samhälle för att kunna möta de utmaningar i form av komplexa problem som vi står inför. För att kunna anta ett systemperspektiv på komplexa problem krävs dock en förmåga att tänka systemiskt, det vill säga ett systemtänkande.

Systemtänkande kan ses som ett ramverk eller verktyg som innefattar kunskaper och principer vilka möjliggör ett organiserat tänkande kring händelser och fenomen som är komplexa. Det syftar till att möjliggöra förståelse av delar, hur dessa samverkar i relationen till den helhet som det komplexa problemet eller det systemet representerar. Systemtänkande används för att lösa och förstå problem och situationer inom ett flertal områden i samhället, inom organisationer och inom forskning, både på lokal och på global nivå.

För att förstå vad lärande om tekniska system innebär presenteras i detta kapitel en syn på de teoretiska och filosofiska traditionerna kring systemteorier och systemtänkande. Beskrivningarna som vi gör här är inte på något sätt uttömmande utan ger en inblick i ett större fält med avsikt att vara till stöd för olika sätt att förstå teknikområdet.

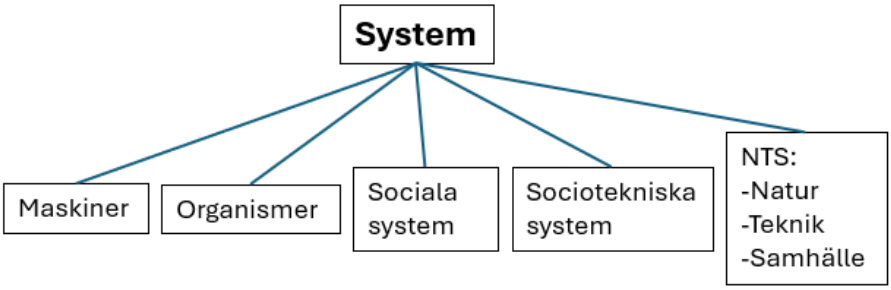
Systemteorier bygger på olika kunskapstraditioner

Systemteorier kan förstås i termer av ett skelett som bygger samman olika kunskapstraditioner. För att förstå system är det viktigt att ha i åtanke att system är tvärvetenskapliga till sin natur. Systemteorin respekterar inte de vanliga disciplingränserna utan sträcker sig över olika områden. För att hantera miljöfrågor krävs till exempel kunskaper från en mängd olika områden som biologi, meteorologi, stadsplanering och ekonomi. Man behöver alltså inhämta information

från tekniska, naturvetenskapliga och samhällsvetenskapliga forskningsresultat.

Systemteorin har sin grund i biologi, matematik och ingenjörskonst (Assaraf & Orion, 2005; von Bertalanffy, 1968). Kunskaper från flera olika områden krävs för att förstå och beskriva ett systems struktur och funktion. Det har gjorts försök att hitta en generell systemteori som belyser systems tvärvetenskapliga karaktär. Von Bertalanffy (1968) är en biolog som i slutet av 1960-talet introducerade General System Theory vilken behandlar system och definierar deras egenskaper som en helhet med hjälp av koncept och idéer lånade från olika vetenskapliga områden. Cybernetik, en annan teori (Wiener 1961), belyser systemets tvärvetenskapliga natur. Inom cybernetik ses information och informationsutbyte som basen för alla system, och matematiska modeller kan användas för att beskriva dem.

För att visualisera systemteorier kan man ta hjälp av en modell som organiserar system utifrån ett antal systemområden. Även om den blir en representation som presenterar en grov klassificering av system, hjälper den oss att förstå relationer och skillnader mellan systemområden. Ingelstam (2012) använder Luhmanns (1995) karta för att visualisera systemteori på två nivåer (figur 1). Den första nivån är en generell systemnivå där vi hittar generell systemteori (von Bertalanffy, 1968) med matematiska och abstrakta modeller. Under denna generella systemnivå finns det fem olika systemfamiljer som är konstituerade i förhållande till deras komponenters natur: 1) maskiner, 2) organismer, 3) sociala system, 4) sociotekniska system – system där tekniska föremål/system och människor/samhälle integreras, och 5) NTS (Natur Teknik Samhälle) – där det utöver de sociotekniska aspekterna även ingår natur och naturresurser. Bland familjerna finns likheter, och idéer har överförts från en familj till en annan.



Figur 1. Systemnivåer och systemfamiljer: en grundbild (Ingelstam, 2012, s.33)

I detta kapitel är två av systemfamiljerna, maskiner och sociotekniska system, av särskilt intresse eftersom karaktären hos komponenterna i dessa familjer på ett tydligt sätt kan relaterats till teknik och tekniska system. När det gäller maskiner, som till exempel en kaffemaskin, kan de studeras utifrån input-process-output, komponenter, anslutningar och feedback. Sociotekniska system, som till exempel transportsystem, kan studeras med fokus på fysiska komponenter, sociala komponenter och förbindelser.

Systemtänkande

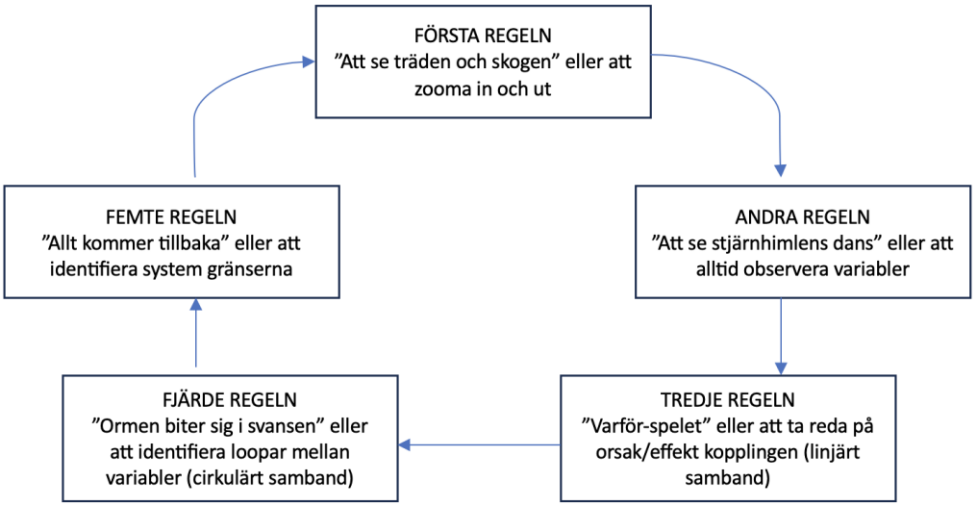
Användningen av systemtänkande i teknik blir viktig när det inte längre är möjligt att tänka på teknik i termer av enstaka föremål, som glasögon eller en stol, utan i termer av system, som mobiltelefoner och vatten- och avloppssystem. Vid utveckling av tekniska lösningar är målet att möta mänskliga behov och önskemål. Detta är särskilt viktigt eftersom det sällan är frågan om individuella lösningar för en individ, utan snarare lösningar som ska ses som lösningar för ett samhälle. När olika specialister krävs för att utveckla, designa, bygga och underhålla de tekniska lösningarna, blir en systemansats nödvändig:

> *A certain objective is given; to find ways and means for its realization requires the system specialist (or team of specialists) to consider alternative solutions and to choose those promising optimization at maximum efficiency and minimal cost in a tremendously complex network of interactions (von Bertalanffy, 1968, s.2)*

Systemtänkande används för att förstå händelser, situationer och problem i vår omvärld. Meadows (2008) beskriver systemtänkande som "*a way of thinking that gives us the freedom to identify root causes of problems and see new opportunities*" (s. 8). I problemlösningssituationer är kärnan i systemtänkande förmågan att vidga systemens gränser och avslöja dolda dimensioner inom dem. Systemtänkande enligt Senge (1990) kan ses som ett ramverk av kunskap, principer och verktyg som gör det möjligt att observera ”helheten”, förstå de inbördes sambanden mellan systemelement och identifierade förändringsmönster. Tiden är en viktig aspekt av systemtänkande. När man analyserar beteendet hos systemet utifrån orsak och verkan behöver både tillbakablickar och framåtblickar genomföras.

I teknikutbildning är problemlösning en central del av innehållet och innefattar systemtänkande. Systemtänkande innebär "nya" sätt att tänka. När man löser ett problem är tankeprocessen central och tänkandet bör vara en integrerad del av problemlösningsprocessen från början. En central aspekt med systemtänkande är att först tänka på det övergripande syftet med systemet och sedan börja beskriva systemet i relation till det övergripande syftet (Churchman,

1967). Först bör man ställa sig frågan vad systemet är till för, och inte börja med en lista över vilka föremål som utgör dess struktur. Det finns flera olika systemansatser som kan användas för att förstå problem i världen: leta efter var problem uppstår i systemet; göra modeller av systemet; identifiera mänskliga värden i systemet; eller att leva i och uppleva systemet (Churchman, 1967).



Figur 2. Regler för systemtänkande reviderad bild från originalbild Mella (2012, s. 25)

En modell som kan användas för att beskriva systemtänkande är den som Mella (2012) presenterar i form av fem regler för systemtänkande (figur 2). Den första regeln handlar om att när vi försöker förstå vår omvärld kan vi inte begränsa oss till att studera individuella komponenter utan det är viktigt att ”se” även det större sammanhanget där komponenterna ingår och hur dessa har en specifik betydelse i för helheten. Detta är ett av grundelementen i systemtänkande att utveckla en förmåga som innebär att man kan zooma in och ut mellan delar och helhet och helhet och delar.

Den andra regeln kräver något mer än att se, helhet och delar, det handlar om att veta vad man ska titta efter. Regeln innebär att rikta uppmärksamheten mot variabler i komponenterna som varierar och hur denna variation får betydelse för systemet som helhet. Det är inte det som är konstant som är intressant utan det som förändras. När man studerar ett system som man vill förbättra, som till exempel en mobiltelefon, kan man notera sådant som färg, form och material som alla är mer eller mindre konstanta men det är lagringskapacitet eller uppkopplingshastighet som är intressanta variabler att ta hänsyn till då dessa förändras.

Regel nummer tre handlar om att ta reda på och förstå orsaken till den variation som observeras i olika variabler. Strömmen går oftare i mitt hus än i grannens, vad är orsaken till detta? För att förstå orsaken till variation i en variabel behöver vi ta hänsyn till två relaterade faktorer: 1) de processer som skapar variationen hos variablerna och 2) de variabler som "aktiverar" processerna (orsak eller indata) och de variabler som kan "förklara" processerna (effekter eller utdata). Enkelt uttryckt kan regeln förklaras som att för att identifiera orsaken till en variabels dynamik måste vi konstruera en kedja av orsak-verkan i flera steg och ställa oss frågan varför upprepade gånger.

Den fjärde regeln tydliggör att det inte räcker att förstå orsak-verkan utan det handlar om att det som är en verkan eller effekt också kan bli en orsak i en annan variabel, det handlar om att koppla samman variabler tills man kan göra en loop av variationerna. Det är frågan om att gå från ett linjärt tänkande till ett cirkulärt tänkande. Att se hur olika delar i ett system är relaterade och kan kopplas samman.

Den femte och sista regeln handlar om att avgränsa systemet. Att bestämma vilka komponenter och variabler som är en del av och formar systemet och att exkludera de som är för svaga för att på ett tydligt sätt påverka systemet. Vi kan identifiera två typer av gränser, dels de externa som avgränsar systemet som en helhet mot omgivningen, dels de interna som utgör avgränsningar när vi i stället ser på systemet som ett antal delar som bildar en helhet.

Systemtänkande möjliggör ett tänkande och en förståelse för den alltmer komplexa teknik i form av tekniska system som omger oss och som kräver att vi för att förstå den kan uppfatta delar i relation till helhet så väl som helhet i relation till delar, förstå orsaker och verkan i olika variabler samt vilka avgränsningar som måste göras.

Tekniska system

I dagens samhälle har tekniken blivit alltmer systemisk. När vi pratar om teknik idag handlar det nästan aldrig om enstaka föremål som en individ har gjort för att uppfylla ett behov eller ett önskemål, som det var när människor gjorde sina egna verktyg och kläder. Idag handlar det snarare om tekniska system som syftar till att leverera både till samhället och till individer, som produktionssystem och elsystem vilket kräver nya teorier och metoder för att förstå tekniken som omger oss.

Teknik som systemisk innebär att fokusera på andra egenskaper och annan dynamik än vad som görs med enskilda objekt eller artefakter. Att fokusera på artefakterna, och processen för produktion av dessa, skulle kunna beskrivas som en instrumentell syn på teknik. Denna uppfattning bygger på idén att teknik är ett verktyg för mänskliga val. Människor kan välja att använda, missbruka eller

inte använda artefakterna alls. På så sätt kan människan sägas styra tekniken ur ett utifrån perspektiv. Om man i stället ser människans roll i tekniken som en integrerad del av tekniken uppstår en mer systemisk syn på teknik (Dusek, 2006; Kline, 1985/2003). I detta synsätt ses mänskligt engagemang som en del av systemet. Tekniken är inte isolerad till enskilda artefakter. Det inkluderar snarare en länkning mellan artefakter, processer, regler och människor.

Människans integrerade roll är särskilt tydlig i sociotekniska system där det tekniska och det sociala är sammanvävda på ett sätt som gör det svårt att se dem som åtskilda – de är en sömlös väv (Hughes, 1989). I sociotekniska system ligger fokus på att beskriva och förstå hur komponenter av tre olika karaktärer interagerar med varandra: (1) den tekniska kärnan – tekniska artefakter; (2) teknisk och vetenskaplig kunskap samt säkerhet i tekniska regleringssystem och standardisering; (3) aktörer – användare, entreprenörer, organisationer, företag etcetera (se även Klasanders kapitel). Två andra perspektiv som kan användas för att förstå sociotekniska system är att se på dem med hjälp av Huges (1989) beskrivning som stora tekniska system (LTS) eller som social konstruktion av tekniska system (SCOT) (Bijke m.fl., 1989).

Ett annat sätt att förstå grundläggande värden i tekniska system är i termer av systemsignifikanter (Klasander, 2010). Systemsignifikanterna utvecklas utifrån kriterierna att de utgör eller representerar nyckelbegrepp och tankebanor som kännetecknar hur vi tänker på och beskriver världen som ett system. Systemsignifikanter skulle kunna ses som en vägledning när man kopplar samman teorier om system med kunskap om utbildning om tekniska system. Vi har här valt att beskriva hur man genom att förstå systemets karaktär, ett antal systembegrepp och några systemmetoder kan bidra till undervisning av tekniska system i teknikundervisningen.

System och dess karaktär

Tekniska system påverkar människor, samhälle och miljö och kan ge både positiva och negativa konsekvenser, på mer eller mindre komplexa sätt. För att kunna förstå och även förutsäga konsekvenserna behöver de tekniska systemen redas ut och beskrivas i relation till deras karaktär och komplexitet. Ett system kan beskrivas som antingen enkelt, komplicerat, komplext eller ”wicked” (Törnberg, 2017). Wicked kan översättas med ohanterbara eller svårhanterade system, men eftersom det inte finns någon precis översättning till svenska väljer vi att fortsättningsvis använda wicked (se även Engström & Sundlers samt Nordlöfs kapitel). Beskrivningarna baseras på hur många komponenter som ingår, hur många samband som är nödvändiga att förstå, hur människan interagerar med systemet, och vilket syfte systemet har i relation till individer och/eller samhället.

- *Enkla system* består av ett fåtal komponenter eller enheter som samverkar för att åstadkomma en specifik funktion. I dessa system är det lätt att få en överblick av hur komponenter samverkar för att uppnå systemets funktion. Ett exempel på ett enkelt system är en strömbrytare som styr en lampa. Strömbrytaren är då ingångs-komponent och lampan utgångs-komponent i systemet, och funktion uppnås genom att lampan aktiveras när strömbrytaren ändrar läge.

- *Komplicerade system* kännetecknas av att de har ett stort antal komponenter som är organiserade i olika hierarkiska nivåer, vilket kan vara flera mindre delsystem som samverkar. En kaffemaskin är ett exempel på ett komplicerat system. Kaffemaskinens struktur av komponenter och delsystem som till exempel uppvärmningsanordning, vattentillförsel, bönbehållare, kvarn, sumplåda, etcetera möjliggör vissa interaktioner som leder till att systemets funktion uppnås - att användaren kan få en kopp kaffe. Denna typ av system är möjliga att överblicka och förstå då det går att analysera ner till dess minsta komponenter och delsystem, och hur dessa samverkar för att uppnå systemets funktion.

- *Komplexa system* innehåller många komponenter, både fysiska och mänskliga på olika nivåer i systemet, vilka kan interagera både i och mellan nivåerna. En skillnad mellan komplicerade och komplexa system är att komponenterna samverkar på ett sådant sätt att det inte går att förutsäga systemets beteende enbart genom kunskap om dess delar (se även Bernhards kapitel). Till exempel medför integrationen av människor som komponenter i ett system att det blir komplext system. Trafiksystemet kan beskrivas som komplext med fysiska delar: bilar, bussar och trafikljus, och mänskliga: bilförare, fotgängare och cyklister som agerar tillsammans i systemet. Människan som komponent och agent i dessa system gör att systemet påverkas och kan ändra karaktär. Det är därför svårt att avgöra hur systemet kommer bete sig. I trafiksystemet påverkar människor i stor utsträckning hur trafiken flyter utifrån deras sätt att agera som till exempel bilist eller cyklist. Därför finns det också större sannolikhet att oväntade händelser inträffar. För att kunna analysera dessa system behöver man titta på vad som händer på olika organisatoriska nivåer, som till exempel vad som händer på operativa nivåer kring användande och underhåll av trafiksystemet (Ingelstam, 2012).

- *Wicked system* innehåller precis som komplexa system många komponenter, både fysiska och mänskliga på olika nivåer i systemet, vilka kan interagera både i och mellan nivåerna. Dessa system kan beskrivas som arenor där olika anpassningsbara system interagerar och konkurrerar om begränsade resurser (Andersson m.fl., 2014). Detta kan vara stora sociotekniska system som innehåller flera oförutsägbara faktorer som är föränderliga och i stor utsträckning påverkar hur systemet beter sig. Detta leder till att systemet blir så komplext att det är mycket svårt att överblicka och förstå. Till exempel beskrivs ofta miljöproblem som wicked. Begreppet ”wickedness” används då för att beskriva dessa problem som saknar definitiva formuleringar, och det är oklart när och om de kan lösas då de orsakas av många andra problem och kräver unika lösningar (Rittel & Weber, 1973).

Undervisningen i teknik har tidigare i stor utsträckning fokuserat på att förstå maskiner och styrsystem som är tillgängliga och transparenta jämfört med mer komplicerade sociotekniska system som transport- och energisystem. Med tanke på dagens digitaliserade värld är undervisningen kring de mer otillgängliga och icke transparenta digitala systemen avgörande för att eleverna ska förstå hur de fungerar och konsekvenserna av dem. Studier visar att elever kan ha svårt att förstå hur digitala system är uppbyggda och fungerar. De kan identifiera komponenter och förstå systemets struktur, men de har svårare att förstå hur komponenter samverkar och påverkar systemets funktion, samt hur informationsflödet styrs i systemet (se Cederqvist, 2021; Mioduser m.fl., 1996).

Det har även genomförts studier kring elevers förståelse av sociotekniska system. Denna typ av system är mer komplexa till sin natur då människor är integrerade i systemet. Undervisning kring socio-tekniska system ställer andra krav på undervisning än när man undervisar om maskiner och digitala system eftersom de är mer komplexa och svårare att överblicka. Svensson (2011) studerade bland annat elevers förståelse av mobiltelefonsystemet, energisystemet och transportsystemet. Artefakter som mobiltelefoner, tvättmaskiner och glödlampor presenterades för eleverna och de fick beskriva vad som krävs för att kunna använda dem. Eleverna kunde identifiera komponenterna och förstå systemets struktur ganska bra, men de hade problem med att beskriva hur komponenterna samverkar i systemen och hur människor och delsystem är kopplade till det aktuella systemet. Systemets funktion verkar hamna i bakgrunden till förmån för strukturen. Eftersom de sociotekniska systemen är en stor och viktig del av vår vardag, behöver elever utveckla förståelse för både struktur och funktion hos dessa system. Detta är avgörande för att som brukare av systemet kunna ta ställning och fatta välgrundade beslut i relation till val av teknik.

Systembegrepp

I teknikundervisningen finns det ett behov av att kunna identifiera vilka grundläggande begrepp, lagar och principer som ska lyftas fram om tekniska system. Vi har med utgångspunkt i tidigare forskning kring undervisning om tekniska system (se till exempel Ginns m.fl., 2005; Koski & de Vries, 2013; Svensson & Ingerman, 2010) valt att lyfta fram några begrepp som visat sig vara särskilt viktiga för att kunna förstå tekniska system. Dessa begrepp är flöde, inflöde, utflöde, processer, komponenter och deras samverkan, återkoppling, delsystem, systemgräns och black box. Nedan beskrivs dessa mer ingående.

Flöde är det som förflyttas i ett tekniskt system. Detta kan vara materia, energi eller information. När man studerar ett system tittar man på vad som förflyttas i systemet och flödets karaktär samt vilka krav som flödet ställer på systemets komponenter och samband. Det är även intressant att studera relationen är mellan flödet i systemet och den omgivande världen. Detta kan till exempel vara vilka konsekvenser flödet kan ha för människor, samhälle och miljö. Flödet kan baseras på primära resurser och sekundära resurser. Detta innebär att det i system finns ett huvudsakligt flöde eller så kallat primärt flöde som är centralt för systemets funktion, det vill säga systemet tillgodoser ett behov genom att förflytta en primär resurs som kan vara antingen materia, energi eller information. I till exempel ett vattenförsörjningssystem utgör vatten det primära flödet. Men systemet kräver även ett flöde av energi för att driva pumpar och ett flöde av information för att systemets reglerteknik ska fungera. Dessa flöden kan då anses vara sekundära flöden.

I ett tekniskt system pratar man oftast om två huvudriktningar: det som kommer in och det som går ut – inflöde respektive utflöde. Inom ett tekniskt system hanteras in- och utflödet av energi, information eller materia genom olika processer[1]. Processerna är organiserade och strukturerade för att utföra olika funktioner och uppgifter inom det tekniska systemet. Processerna är således baserade på teknikens olika funktioner såsom transformera, transportera, lagra, och styra/reglera för att omvandla inflödet till önskat utflöde. I ett vattenförsörjningssystem skulle detta kunna beskrivas som att det med hjälp av pumpar (process) transporteras vatten från en sjö (inflöde) till ett vattenverk där vattnet renas (process). Därefter transporteras vattnet vidare med hjälp av pumpar (process) till en vattenreservoar där det lagras (process), och transporteras därefter vidare ut till hushållen där rent vatten kan tappas ut ur kranen (utflöde). Processer innebär alltså interaktion och samverkan mellan olika komponenter i systemet för att uppnå systemets önskade funktion.

[1] Begreppet processer syftar till de aktiviteter som utförs för att uppnå ett specifikt ändamål eller resultat

Komponenterna i ett tekniskt system representerar de individuella delar eller enheter som samverkar för att systemet som helhet ska fungera. Ett vattenförsörjningssystem består till exempel av flera komponenter såsom själva vattenreservoaren, pumpar, ledningar, reningsanläggning, vattenreservoar, sensorer, tryckregleringsventiler, vattenmätare, backventiler, och tappkranar. För att detta tekniska system ska kunna fungera är det avgörande att dessa komponenter samverkar för att utföra de nödvändiga processerna som åstadkommer systemets funktion. Det vill säga att hämta in, rena, lagra och distribuera vatten till konsumenter. I ett tekniskt system kan komponenter vara centrala eller perifera, där begreppen centrala och perifera syftar på graden av komponenternas betydelse för systemets övergripande funktion. De centrala komponenterna har en avgörande roll för systemets huvuduppgifter och är ofta oumbärliga för att systemet över huvud taget ska fungera. De perifera komponenterna har en stödjande eller kompletterande roll. De är inte nödvändiga för grundläggande funktioner, men de kan förbättra eller utöka systemets funktionalitet. Att förstå vilka komponenter som är centrala och perifera är viktigt vid analys och design av system eftersom det hjälper till att fokusera resurser och uppmärksamhet på de mest kritiska delarna av systemet.

Återkoppling används i tekniska system för att övervaka och justera systemets beteende, vilket kan vara avgörande för att uppnå systemets funktion. Återkoppling i ett tekniskt system är en mekanism där resultatet av en process återförs till systemet som ett inflöde (se även Hallströms kapitel). Det återkopplade resultat används sedan för att påverka och justera systemets beteende. I tekniska system används återkoppling för att styra flödet av materia, energi eller information. För att detta ska fungera ingår komponenter som till exempel sensorer som kan mäta utflödet i systemet för att få fram ett så kallat är-värde. Information om är-värdet sänds till den komponent som reglerar systemet vilken jämför är-värdet med ett förväntat värde, även kallat bör-värdet. Motsvarar inte värdena varandra så regleras flödet. Återkoppling är en grundläggande princip inom reglerteknik och spelar en viktig roll för att upprätthålla stabilitet, precision och önskade egenskaper i tekniska system. Det finns olika typer av återkoppling. Negativ återkoppling innebär att förändringar motverkas och hjälper till att stabilisera systemet. Positiv återkoppling innebär däremot att resultatet av en process förstärker och ökar förändringen i systemet. Detta leder till snabba förändringar och även till instabilitet i systemet. Detta används ofta för att hålla systemet nära ett önskat mål eller en referenspunkt för att undvika överdrivna förändringar samt hantera störningar. Återkopplingar inom till exempel ett vattenförsörjningssystem är avgörande för att säkerställa effektivitet, säkerhet och tillförlitlighet. Dessa återkopplingar kan bestå av tekniska processer där sensorer används för att övervaka olika parametrar i systemet. Till exempel kan en sensor placeras vid utloppet av ett vattentorn för att mäta vattenflödet. Denna

sensor skickar kontinuerligt data till en central styrenhet. Om sensorerna registrerar att flödet överstiger en fördefinierad nivå kan styrenheten automatiskt skicka en signal för att justera pumparna som pumpar vatten in i tornet (negativ återkoppling). Detta säkerställer att vattennivån i tornet hålls inom önskade gränser och att det inte uppstår översvämning eller brist på vatten.

Delsystem är självständiga enheter eller komponenter som kan utföra specifika funktioner eller uppgifter inom ramen för ett större tekniskt system. Även om ett delsystem är självständigt måste det samverka för att uppfylla funktionen för det större tekniska systemet. I till exempel vattenförsörjningssystemet kan pumpanläggningar och reningsverk ses som olika delsystem vilka har sina egna funktioner (förflytta eller rena vatten), men de arbetar även tillsammans för att skapa ett fungerande vattenförsörjningssystem. I detta sammanhang blir systemarkitekturen viktig då den definierar strukturen och sambandet mellan delsystemen. Detta innefattar hur flödet av till exempel vatten styrs och regleras mellan dessa delsystem för att uppfylla systemets övergripande funktion.

Systemgränsen i tekniska system markerar den avgränsning som separerar det specifika tekniska systemet från dess omgivning och även vad som inte ingår i systemet. Systemgränsen definierar således vilka komponenter, processer och interaktioner som inkluderas inom systemet och vilka som ligger utanför. Systemgränsen spelar en viktig roll när man vill försöka förstå vad som är centralt för att förstå systemets funktion och även det som ligger utanför systemgränsen vilket betraktas som externt och påverkar systemet utan att direkt vara en del av det. Systemgränsen skapar således tydlighet kring systemets omfattning. Den gör det också möjligt att avgöra vad som är relevanta faktorer för att kunna analysera systemet. Systemgränsen kan även underlätta förståelse av hur systemet interagerar med sin omgivning i relation till faktorer såsom tid, rum och resurser. Det hjälper till att förstå in- och utflöden av energi, information och material mellan systemet och dess omgivning och vilka konsekvenser systemet kan ha på människor, samhälle och miljön, både lokalt och globalt här och nu, men även för kommande generationer.

Black box, eller ”svart låda”, används när delar av ett system är okända eller osynliga för betraktaren. Detta kan till exempel vara den interna strukturen av komponenter eller olika processer i systemet som man då ”black boxar”. Med andra ord betraktas systemet som en sluten enhet där dess inre funktioner inte är transparenta. I stället kan man studera systemets inflöde och utflöde för att förstå hur systemet fungerar, utan att nödvändigtvis förstå detaljerna i dess inre funktioner. Detta kan förenkla analysen av ett system då man i stället kan fokusera på den mer övergripande funktionen. Till exempel kan processer och komponenter i vattenförsörjningssystemet black boxas då en person ska förstå hur den ska använda en tappkran för att få tillgång vatten, och möjligen även konsekvenserna om man inte stänger av kranen efter tappning. Personen kan alltså

hantera tappkranen och få tillgång till vatten utan att nödvändigtvis behöva känna till komponenter och de detaljerade processer som sker inuti vattenförsörjningssystemet. Med andra ord behöver personen inte förstå i detalj hur varje komponent fungerar, personen vill veta hur systemet kan användas, och hur det beter sig och utvecklas. Att betrakta delar av ett system som svarta lådor är användbart när man vill förenkla komplexitet och fokusera på att kunna överblicka ett system och dess beteende utan att behöva förstå dess inre funktioner.

De flesta studier som gjorts om tekniska system i relation till undervisning drar slutsatsen att elever ofta kan identifiera och beskriva komponenter i ett system. Systemens struktur beskrivs vanligtvis som linjära med början i ett inflöde och slut i ett utflöde, och däremellan finns ett antal komponenter. Elever verkar även ha en förståelse för interaktionen mellan komponenter (se till exempel Cederqvist, 2021; Hallström & Klasander, 2017; Svensson, 2011). Elever verkar dock ha en begränsad förståelse för komponenternas funktion, processerna i systemet, och vad komponenterna gör med flödet, till exempel transporterar, omvandlar, lagrar, eller styr och reglerar. I många system är processerna inbäddade i komponenterna på ett sådant sätt att det är svårt att undersöka hur de fungerar i detalj, och de blir svarta lådor (Hallström & Klasander, 2017; Koski & de Vries, 2013).

Ett sätt att hantera de svårigheter som finns när det gäller att förstå tekniska system kan därför vara att använda olika systemmetoder i undervisningen. Ett sätt är att använda sig av olika modeller för att visualisera och analysera system.

Systemmetoder och modeller

Det finns några användbara sätt att beskriva, utveckla och kontrollera system vilka kan vara relevanta vid undervisning om tekniska system. Ett sätt är att skapa en representation av ett system – en modell – för att på så vis förenkla och skapa överblick av systemet (se även Norströms kapitel). Det är användbart både för de som ska utveckla ett system och för användare av systemet då de behöver förstå systemets konsekvenser inför olika beslut i relation till system (Sterman, 1991). I följande del av kapitlet beskrivs tre olika metoder och modeller:

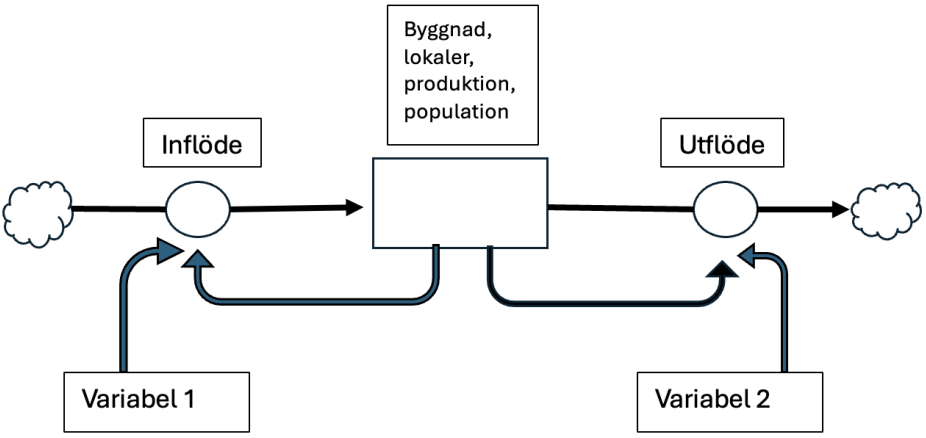
Systemdynamisk modell

En systemdynamisk modell (SDM) är en typ av modell som används för att förstå hur olika komponenter i ett system interagerar med varandra över tid och hur dessa interaktioner påverkar systemets övergripande beteende. Modellen introducerades av Jay Forrester på 1960-talet. Syftet var bland annat att studera samspelet mellan ekonomi, teknik och naturresurser. Genom att använda en systemdynamisk modell kan vi simulera olika scenarier och förutsäga hur olika åtgärder kan påverka till exempel energianvändningen i en byggnad över tid. Detta kan hjälpa oss att identifiera möjligheter att minska energiförbrukningen, optimera systemets prestanda och minska driftskostnaderna samtidigt som vi upprätthåller en bekväm inomhusmiljö.

För att identifiera och lösa problem som är kopplade till hållbarhetsfrågor används ofta SDM. Modellen hjälper oss att förstå komplexa interaktioner och dynamiken i system som exempelvis ekosystem, organisationer och samhällen. SDM används ofta för att beskriva komplexa problem med olika återkopplingsloopar, flöden av energi, material och pengar, produktion, distribution, försäljning och återvinning (figur 3). Ett exempel på hur en systemdynamisk modell kan tillämpas är vid analys och optimering av energianvändningen i en byggnad. Då kan man titta på följande:

1. *Flöden och beståndsdelar:* Modellen identifierar flöden av energi som el och värme mellan olika delar av byggnaden, inklusive ventilationssystem, belysning, uppvärmning och luftkonditionering.
2. *Ackumuleringar:* Modellen inkluderar ackumulering av energi över tid såsom uppvärmd luft i ett rum beroende på antalet personer eller värme som lagras i byggnadsmaterial som till exempel betongväggar.
3. *Återkopplingar:* Modellen tar hänsyn till återkopplingar som till exempel att ökad användning av luftkonditionering leder till ökad energiförbrukning, vilket i sin tur kan leda till ökade kostnader och därmed påverka användarens beteende för att minska användningen.
4. *Fördröjningar:* Modellen kan inkludera tidsfördröjningar för att återspegla systemets reaktion på förändringar. Till exempel kan det ta tid för luftkonditionering att svara på en ökning av temperaturen och börja kyla ner rummet.

5. *Kopplingar:* Modellen kan visa hur olika delar av systemet är kopplade till varandra. En förändring i en del av systemet, som att justera termostaten för uppvärmning eller kylning, kan påverka energianvändningen i andra delar av byggnaden.



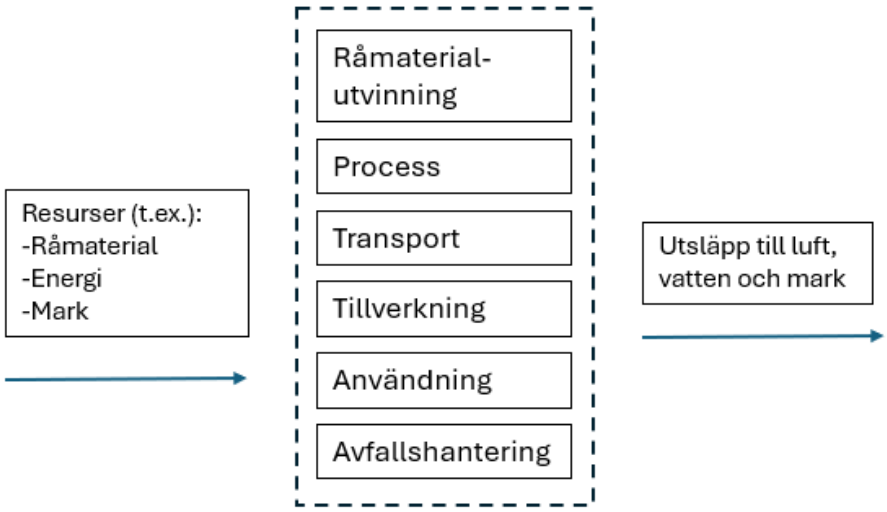
Figur 3. Generell systemdynamisk modell

Livscykelanalys

Att göra en livscykelanalys (LCA) är ett sätt att utvärdera en produkts eller en tjänsts miljöpåverkan hela vägen från råvaruutvinning, tillverkning, distribution, användning och slutligen avveckling eller återvinning (Baumann & Tillman, 2004). Livscykelanalysen utgör i sin tur underlag för att förstå hur produktionsprocesser kan förbättras och bli mer hållbara. Idag kommunicerar många företag sina produkters livscykler som en del av produktens marknadsföring för att visa på hur hållbar produkten är. LCA används ofta i ett tidigt skede vid utvecklingen av en produkt eller tjänst för att kunna bedöma dess miljöpåverkan och därav utveckla produktionen (figur 4). Genom göra en LCA kan fysiska processer och flöden av energi och materia identifieras.

En livscykelanalys innefattar olika steg (Baumann & Tillman, 2004):

1. *Mål och omfattning:* Definiera syftet med analysen, vilken omfattning den kommer att ha, dvs. systemgränser identifieras och hur resultatet är tänkt att användas. Det kan vara att identifiera de mest miljöpåverkande stegen i en produkts livscykel eller jämföra olika produkters miljöpåverkan.
2. *Inventering:* Identifiera flöden, inflöde och utflöde, och samla in data om resursanvändning och utsläpp för varje fas i livscykeln. Detta inkluderar materialanvändning, energiförbrukning, luftföroreningar, utsläpp av växthusgaser och vattenanvändning. Insamlade data kan visualiseras med ett flödesschema.
3. *Bedömning av konsekvenser:* Bedöm miljöpåverkan av data som samlats in vid inventeringen gällande de fysiska flödena av naturresurser och förorenande utsläpp. Detta kan innefatta försurning, övergödning, global uppvärmning och resursanvändning.
4. *Tolkning av resultat:* Analysera och utvärdera resultatet för att identifiera möjligheter till förbättringar och dra slutsatser baserat på analysen.



Figur 4. Livscykelmodell

Materialflödesanalys

Materialflödesanalys (MFA) används för att studera flöden av material i ett system. Materialet kan vara råvaror, produkter, avfall och andra resurser. Syftet med MFA är att få en överblick av hur material används och hanteras. Genom att kartlägga flöden av olika material inom ett specifikt område kan man identifiera ineffektiva delar och möjliga förbättringsområden, vilket i sin tur kan leda till en mer hållbar resurshantering och minskad miljöpåverkan. Just geografiska aspekter är av stor vikt i MFA. Råvaror kanske utvinns i ett annat land än där de senare bearbetas och blir kanske sedan avfall i ytterligare ett land, och därav påverkar miljön både lokalt och globalt. Aluminium och kadmium är exempel på ämnen som har studerats för att synliggöra risker och vikten av återvinning.

Teknikundervisning med tekniska system

Förståelsen av system är avgörande för att kunna utveckla teknikkunskaper (Jones, 2003; McCormick, 2004). Kunskaper om tekniska system är en viktig grund i den tekniska bildning som alla medborgare behöver för att kunna förstå, hantera, använda och utvärdera teknik i vardagslivet. Då tekniska problem och utmaningar ofta är komplexa och kräver ett holistiskt angreppssätt kan det vara till stor hjälp att utveckla ett systemtänkande. Det hjälper elever att bryta ner problem i mindre delar och analysera hur dessa delar påverkar varandra men även att se på dem som en helhet. Elever som utvecklar ett systemtänkande kan bli bättre på att möta framtidens tekniska utmaningar och samtidigt förstå hur de kan bidra till hållbara och effektiva lösningar. En annan viktig aspekt är att teknik och tekniskt kunnande har en tvärvetenskaplig karaktär då kunskaper från flera olika ämnesområden involveras. I dagens samhälle kräver många tekniska yrken, som till exempel hantverksyrken och ingenjörsyrken, ett tvärvetenskapligt förhållningssätt för att kunna lösa de problem man ställs inför utifrån ett hållbarhetsperspektiv. Genom att integrera tekniska system och systemtänkande i teknikundervisningen förbereds eleverna för arbetslivet och får de förutsättningar som krävs i dagens komplexa och snabbt föränderliga samhälle. Undervisning av tekniska system behöver utvecklas med en progressionstanke så att eleverna ges möjlighet att möta system av olika karaktär, från enkla till komplexa system. Undervisningen ska även bidra med kunskaper om systembegrepp och systemmetoder för att elever ska kunna analysera systemen och lösa tekniska problem.

Många tekniska system kan uppfattas som abstrakta och svåra att överblicka (Schooner, m.fl., 2018). När det gäller att undervisa om tekniska system behöver lärare därför vara medvetna om vilka tekniska system som kan vara lämpliga att undervisa om utifrån sin elevgrupp. Genom att studera olika tekniska system utifrån deras karaktär och komplexitet kan de särskiljas, vilket kan

vara ett stöd när vi ska välja lämpliga system att undervisa om. I de yngre åldrarna introduceras system som har nära koppling till elevernas vardag som till exempel till exempel en dator eller en kaffemaskin. På denna nivå kan de grundläggande systembegrepp (se avsnitt ovan) som behövs för att kunna analysera och förstå systemet. Genom att låta eleverna träna på att använda grundläggande systembegrepp förbereds de i att närma sig större tekniska systemen såsom vatten- och avloppssystem, transportsystem, elsystem och internet. Det är även viktigt att lyfta fram system som integrerar människor och delsystem, till exempel mobiltelefonisystem, det vill säga system med hierarkier på flera nivåer. Det är också viktigt att tänka på ur ett didaktiskt perspektiv är att de enkla systemen går att beskriva utifrån enbart kunskaper om tekniken i sig självt. När elever i de högre årskurserna ska närma sig komplexa system och wicked system krävs dock att de har ett mer tvärvetenskapligt förhållningssätt. Som tidigare angetts innebär detta att eleverna behöver kunskaper som inte enbart handlar om tekniken i sig självt utan även kunskaper inom andra ämnesområden som till exempel biologi, kemi, fysik och samhällsvetenskap. Detta behövs för att kunna studera och förstå människans roll i tekniska system och även vilka konsekvenser olika system kan ha för individer, samhällen och miljön, utifrån ett hållbarhetsperspektiv både på lokal och global nivå. Detta förhållningssätt behövs i vardagslivet när vi till exempel beslutar vilket elavtal som är det mest hållbara eller när vi köper en vara via internet från andra sidan jorden, och när vi försöker förstå komplexa och sammanlänkade problem såsom fattigdom och klimatförändringar.

Oavsett nivå och val av system att studera i undervisningen bör fokus ligga på systemets organisation och funktion med utgångspunkt i de grundläggande systembegreppen. Eleverna behöver få möjlighet att analysera vilka komponenter som är centrala i systemet och vilka sambanden är mellan dessa. De behöver även kunna förstå vad det är som flödar i systemet och vilka mänskliga/samhälleliga behov som systemet tillgodoser. För detta ändamål behöver elever ha försetts med kunskaper om teknikens funktioner, dvs. transformera, transportera, lagra och bevara, samt styra, reglera och kontrollera. Elever behöver även ha kunskap om de olika flöden som hanteras av teknikens funktioner såsom information, energi eller materia, samt skillnaden mellan primära och sekundära flöden. När elever analyserar system kan de behöva stöd i att göra tydliga avgränsningar, dvs. definiera en systemgräns. Detta är viktigt för att ge lämpliga förutsättningar att studera och överblicka systemet.

Kunskap om olika tekniska system leder till att elever kan bli bättre brukare och göra mer genomtänkta val i sin vardag. Elever kan få förståelse av systemens konsekvenser för individ, samhälle och miljö, och därav bli mer engagerade i systemens utveckling och användande.

Avslutning

Systemteori och systemtänkande har utvecklats, tillämpats och utvecklats inom många discipliner. Att göra mer tvärvetenskaplig forskning om system är ett nödvändigt och intressant forskningsfält som har potential att ge nya insikter kring undervisning om tekniska system. Att lära sig om system är ett växande forskningsområde som har utvecklats och förmodligen kommer att fortsätta att göra det i framtiden, särskilt med tanke på att tekniska system är en del av vårt samhälle och kunskap om dem är grundläggande för att använda, utveckla och underhålla dem. Teknikundervisningens roll i utvecklingen av teknisk bildning hos nästa generations medborgare kräver att man lär sig om system och en förståelse för teknik som systemisk. För att möjliggöra goda lärandemöjligheter är en sammanslagning av olika traditioner nödvändig; de teoretiska och filosofiska traditionerna kring systemteorier och systemtänkande måste integreras med en didaktisk tradition. Systemtänkande måste därför bli ett verktyg som används aktivt i teknikundervisning men även i andra undervisningssammanhang som stöd för organiserat tänkande kring händelser och fenomen som är komplexa.

Författarpresentation

Maria Svensson är docent och har sitt forskningsintresse inom teknikens didaktik med ett speciellt fokus på tekniska system. Hon disputerade 2011 med en avhandling om elevers uppfattningar om tekniska system. Hon arbetar vid Göteborgs universitet och har undervisat teknikdidaktik i lärarutbildningen från förskollärarprogrammet till ämneslärarprogrammet. Maria arbetar även som teknikdidaktisk gästforskare vid Linnéuniversitetet med fokus på att utveckla en teknikdidaktisk miljö. Förutom tekniska system finns ett forskningsintresse för hållbarutveckling och systemtänkande.

Anne-Marie Cederqvist är filosofie doktor i teknikdidaktik. Hon arbetar som biträdande universitetslektor i digitalt lärande med inriktning mot naturvetenskapernas och teknikens didaktik vid Högskolan Halmstad. Anne-Maries forskningsintresse riktar sig mot lärarstudenters och elevers lärande inom teknik och naturvetenskap, särskilt i relation till frågor om hållbar utveckling och digital kompetens.

Referenser

Andersson, C., Törnberg, A., & Törnberg, P. (2014). Societal systems–Complex or worse?. *Futures*, 63, 145–157.

Assaraf, O. B.-Z., & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518–560.

Baumann, H., & Tillman, A-M. (2004). *The Hitch Hiker's Guide to LCA. An orientation in life cycle assessment methodology and application*. Studentlitteratur.

Bijke, W., Hughes, T., & Pinch, T. (1989). *The social construction of technological systems. New directions in sociology and history of technology*. MIT Press.

Cederqvist, A-M. (2021). *Seeing the parts, understanding the whole - A technology education perspective on teaching and learning in processes of analysing and designing programmed technological solutions*. [Doktorsavhandling, Göteborgs universitet].

Churchman, C. W. (1967). *The system approach*. Dell Publishing.

Dusek, V. (2006). *Philosophy of technology: An introduction* (Vol. 90). Blackwell.

Forrester, J. W. (1961). World dynamics. MIT Press.

Ginns, I., Norton, S., & McRobbie, C. (2005). Adding value to the teaching and learning of design and technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 15, 47–60.

Hallström, J., & Klasander, C. (2017). Visible parts, invisible whole: Swedish technology student teachers' conceptions about technological systems. *International Journal of Technology and Design Education,* 27, 387–405. https://doi.org/10.1007/s10798-016-9356-1

Hughes, T. (1989). The evolution of large technological systems. I W. Bijker, T. Hughes, & T. Pinch (Red.), *The social construction of technological systems*. MIT Press.

Ingelstam, L. (2012). *System– att tänka över samhälle och teknik*. (Energimyndigheten). Kristianstads Boktryckeri AB.

Jones, A. (2003). The development of a national curriculum in technology for New Zealand. *International Journal of Technology and Design Education*, 13(1), 83–99.

Klasander, C. (2010). *Talet om tekniska system – förväntningar, traditioner och skolverkligheter*. [Doktorsavhandling, Linköpings universitet].

Kline, S. J. (1985/2003). What is technology. I R. Scharff & V. Dusek (Red.), *Philosophy of technology. The technological condition* (s. 210–212). Blackwell Publishing.

Koski, M.-I., & de Vries, M. J. (2013). An exploratory study on how primary pupils approach systems. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(4), 835–848.

Luhmann, N. (1995). *Social systems*. Stanford University Press.

McCormick, R. (2004). Issues of learning and knowledge in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 14(1), 21–44.

Meadows, D. (2008). *Thinking in systems*. Chelsea Green Publishing.

Mella, P. (2012). *Systems thinking: intelligence in action* (Vol. 2). Springer Science & Business Media.

Mioduser, D., Venezky, R. L., & Gong, B. (1996). Students' perceptions and designs of simple control systems. *Computers in Human Behavior*, 12(3), 363–388.

Rittel, H., & Weber, M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4, 155–116.

Schooner, P., Klasander, C., & Hallström, J. (2018). Teknik, systemgräns och människa: Tekniklärares uppfattningar om vad tekniska system är. *Nordina: Nordic studies in science education*, *14*(4). https://doi.org/10.5617/nordina.4110

Senge, P. (1990). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. Double day.

Sterman, J. (1991). A skeptic's guide to computer models. I G. O. Barney m.fl. (Red.), *Managing a nation: The microcomputer software catalog* (s. 209–229). Westview Press.

Svensson, M. (2011). *Att urskilja tekniska system. Didaktiska dimensioner i grundskolan*. [Doktorsavhandling, Linköpings universitet].

Svensson, M., & Ingerman, Å. (2010). Discerning technological systems related to everyday objects: Mapping the variation in pupils' experience. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(3), 255–275.

von Bertalanffy, L. (1968). *General system theory: Foundations, development, applications*. George Braziller.

Wiener, N. (1961). *Cybernetics or control and communication in the animal and the machine*. MIT Press.

Kunskapens natur i teknik- och naturvetenskap

Jonte Bernhard
Institutionen för beteendevetenskap och lärande (IBL), Linköpings universitet

Teknisk kunskap skiljer sig från naturvetenskaplig kunskap och teknik blir med andra ord något annat än ”bara” tillämpad naturvetenskap i klassrummet.

Teknikvetenskapen skapar saker och ting medan naturvetenskapen undersöker hur saker och ting är och försöker skapa universella teorier för en idealiserad verklighet.

Konstruktion och design inom ingenjörskonsten är en kontextualiserad verksamhet som måste beakta möjligheter och begränsningar i det faktiska sammanhanget och ta hänsyn till olika, och ibland motstridiga mål. Teknik är därför inte värdeneutralt och det finns inte en unik ”rätt” lösning på ett tekniskt problem.

Är teknisk kunskap tillämpad naturvetenskap?

> *Av tradition har teknik ofta kopplats samman med naturvetenskap eller setts som tillämpad naturvetenskap.*
> *(Skolverket, 2022d, s. 5)*

Skolverket (2022d) påpekar i sitt kommentarmaterial till kursplanen i teknik för grundskolan att teknik ofta ses som ”tillämpad naturvetenskap”. Frågan är om ett sådant synsätt är problematiskt eller inte, och kanske också varför det är viktigt att analysera ett ämnes kunskapssyn och kunskapsinnehåll i relation till andra ämnens? Jo, enligt Wolfgang Klafki (2000) så är en didaktisk analys av ett ämnes bildningsinnehåll det första och viktigaste steget i förberedelse för undervisning i ämnet. Detta är viktigt då det inte bara handlar om att ”förmedla innehåll, det är … också fostran *genom* ett innehåll, dess *bildningsinnehåll*” (Hopmann, 2000, s. 198)[2]. Hopmann menar att undervisning inte bara

[2] Samtliga citat är mina översättningar med bibehållen kursivering om inget annat anges.

förmedlar innehåll, utan också förmågor, normer, värderingar och sätt att se på världen.

Faran med att se teknik som mycket intimt sammankopplad med naturvetenskap är att det också kan ge upphov till en tro att kunskapens natur i teknik är densamma som i naturvetenskapen rent allmänt och i fysik i synnerhet. Till exempel hävdar Maura Borrego (2007) att ”naturvetare och ingenjörer är utbildade att förvänta sig att när ett faktum väl har bevisats eller upptäckts är det universellt sant” och att ”vetenskapliga och tekniska teorier är så universella att de aldrig behöver explicit nämnas”. Borrego baserade i sin tur sin tes på bland annat Anthony Biglan (1973) som såg såväl naturvetenskap som teknikvetenskap som paradigmatiska. För Biglan var det så självklart att teknikvetenskap var tillämpad naturvetenskap att frågan inte ens behövde studeras empiriskt.

Begreppet paradigm i detta sammanhang härstammar från Kuhn (1970) och med att ett kunskapsfält är (mono-)paradigmatiskt menas vanligtvis att de (etablerat) verksamma inom fältet omfattar en uppsättning av teorier, föreställningar, värderingar, metoder, begrepp, med mera som är gemensamma och som inte ifrågasätts eftersom de tas för givna. Det kan emellertid noteras att Kuhn (1970, s. 161) själv såg ”profound differences between science and technology”. Också Skolverket delar, åtminstone i kommentarmaterialet till kursplanen i teknik, synen att det finns betydande skillnader:

> *Men naturvetenskap och teknik är i grunden olika kunskapsfält. Naturvetenskapen undersöker hur saker och ting är, medan tekniken ställer frågan hur saker och ting skulle kunna vara och hur man kan åstadkomma det man vill.* (Skolverket, 2022d, s. 5)

Skolverkets kommentar är också helt i linje med Henryk Skolimowski (1966) som framhåller att ”it is erroneous to consider technology as being an applied science” (s. 372) eftersom “in science we *investigate* the reality that is given; in technology we *create* a reality according to our designs” (s. 374). Han sammanfattar detta med att ”science concerns itself with what *is*, technology with what *is to be*” (s. 375) och citatet från Skolverket är närmast en direkt översättning av Skolimowski.

Kunskapens natur i teknik- och naturvetenskap

Skolverket är emellertid är inte helt konsekvent. I kommentarmaterialet till kursplanerna för biologi, fysik och kemi (Skolverket, 2022a, 2022b, 2022c) finns det formuleringar som leder tanken till att teknik kan ses som en tillämpad naturvetenskap och att naturvetenskapliga upptäckter har föregått motsvarande tekniska tillämpningar. Föreställningen om teknik som tillämpad naturvetenskap är stark och inte ovanlig. Vidare så undersöks, och teoretiseras, också

inom teknikvetenskap ”hur saker och ting är” fastän med en lite annan ansats. Det finns alltså anledning att diskutera frågan lite närmare.

Sylvain Lavelle (2009) har gjort en jämförelse mellan kunskapens natur i natur- respektive teknikvetenskap. Denna jämförelse presenteras i tabell 1.

Tabell 1. Kunskapens natur i natur- och teknikvetenskap bearbetad med inspiration från Lavelle (2009) (min bearbetning och översättning).

	Naturvetenskap	**Teknikvetenskap**
Avgränsning av objekt	Idealiserade, isolerade objekt, såsom punktmassor och en friktionsfri värld. Kausala mekanismer.	Verkliga, eller tänkta, föremål med deras verkliga egenskaper (till exempel friktion och utsträckning). System av sammansatta, det vill säga icke isolerade, objekt.
Epistemisk och ontologisk	Essentiell.	Adopterad från ren naturvetenskap.
Teoretisk struktur	System med universella naturlagar som bildar en hierarkisk struktur, så kallade Nomologiska system. Huvudsakligen mono-paradigmatisk.	Teori anpassad till problemlösning. Poly-paradigmatisk. Eklektisk användning av teori, det vill säga modeller som inte är förenade av en gemensam struktur blandas.
Metoder	Härledd från teori.	Metoder mer fundamentala än teori.
Värden	Explicit rättfärdigande. Sanning är viktig.	Implicit rättfärdigande. Effektivitet och praktisk användbarhet. Pragmatisk.
Människans roll	Oberoende passiv observatör. Människan hålls utanför teoribildning.	Människan del av eller användare av tekniska föremål och system. En del teoribildning tar hänsyn till människors delaktighet.

Givetvis är framställningen i tabell 1 förenklad. Den väsentliga skillnaden mellan natur- och teknikvetenskap ligger i att man i naturvetenskap försöker studera idealiserade, isolerade objekt medan man i teknikvetenskap studerar verkliga objekt (eller tänkta) såsom de är eller kommer att vara och fungera. Komplexa system studeras. Inom exempelvis fysik kan kroppar idealiseras till punktmassor, friktionen försummas och så vidare. Inom tekniken måste istället hänsyn tas till faktorer så som kroppars utsträckning och att de böjs och deformeras under belastning (och kan gå sönder vid överbelastning), friktion och luftmotstånd, komplicerade växelverkningar såsom turbulens, avvikelser från ideala lagar. Detta gör att grundläggande naturvetenskapliga teorier inte helt sonika kan tillämpas vid teknisk analys och problemlösning, utan användas mer anpassat och eklektiskt till det praktiska syftet. Dessutom, medan man i

naturvetenskap försöker idealisera och försöker abstrahera ut människan ur teoribildning så måste man oftast inom teknikvetenskapen ta hänsyn till att människor är en del av ett tekniskt system och är användare av tekniska föremål och tekniska system. Det går inte alltid att räkna analytiskt från grundläggande naturvetenskapliga teorier. Snarare måste tumregler, teorier som beskriver fenomen utan att göra universella anspråk, simuleringar och modelleringar användas.

Layton (1976) förklarar skillnaden mellan grundläggande naturvetenskap och teknik på följande sätt:

> *Ingenjörsvetenskap skiljer sig ofta från grundläggande naturvetenskap i viktiga aspekter. Ingenjörsvetenskaper släpper ofta naturfilosofins grundläggande ontologi, men på praktiska snarare än metafysiska grunder. Sålunda, inom hållfasthetslära, hanterar ingenjörer spänningar i kontinuerliga medier snarare än ett mikrokosmos av atomer och krafter. Tekniska teorier och experiment kommer att skilja sig från fysikens teorier eftersom de behandlar konstgjorda enheter snarare än direkt om naturen. Således handlar tekniska teorier ofta om idealiseringar av maskiner, balkar, värmemotorer eller liknande enheter. Och resultaten av ingenjörsvetenskapen är ofta uttalanden om sådana enheter snarare än uttalanden om naturen. ... Till sin natur är ingenjörsvetenskapen därför mindre abstrakt och idealiserad; den är mycket närmare den "riktiga" tekniska världen. Ingenjörsvetenskapen skiljer sig alltså ofta från naturvetenskapen både i stil och innehåll. Generaliseringar om "vetenskap" baserade på den ena kommer inte nödvändigtvis att gälla för den andra. (s. 695)*

En sorts motsvarighet till fysikens friktionsfria värld är de ideala lösningarna inom kemin där koncentrationen av olika lösta ämnen är låg. Här kan olika enklare beräkningsmodeller användas, men vid högre koncentrationer måste de förenklade modellerna korrigeras och teoribildningen blir mer komplicerad. När författaren läste till civilingenjör så undrade han, och de övriga studenterna, varför det var viktigt med denna mer krångliga teori som innehöll något som kallas för aktivitetskoefficienter (mer än för att ”krångla till” frågor på tentamen), men lärarna kunde inte förklara. Något år senare fick jag en förklaring av min far som var kemiingenjör – det amerikanska patentverket hade velat underkänna ett av hans patent för att de hade räknat ut att processen var termodynamiskt omöjlig. Emellertid så hade patentverket räknat på en ideal lösning vilket var felaktigt – då man i industrisammanhang vill ha så höga koncentrationer som är möjligt så länge som lösningen kan rinna genom rören. Då gäller inte de idealiserade lagarna längre.

Även om konstruktioner inte kan bryta mot Maxwells ekvationer eller Newtons lagar så är inte kunskaper om Maxwells ekvationer tillräckliga för att kunna konstruera en förstärkarkrets (Malmberg, 2007) eller Newtons lagar för att kunna konstruera en bro. Detta fångas av Hopmann (2009) som citerar en norsk brobyggare: ”Självklart måste du förstå matematiken och kunna räkna rätt [sade han] men när det slutligen kommer till att bygga en bro, måste du förstå det unika med den plats som du ska bygga på. Detta kräver en djup förståelse för vad den här specifika bron avses bli, hur den kommer att passa in i landskapet och till användarnas behov”.

Att man måste förstå det unika i varje situation fångas också av Trevelyan (2014):

> *Resultatet av praktisk ingenjörskonst är starkt beroende av lokala sociala och ekonomiska faktorer, även om de underliggande principerna för naturvetenskapen är universella … Lokala faktorers inflytande kräver att vi förstår hur sociala, kulturella, filosofiska, till och med religiösa övertygelser påverkar praktiken samt delning och distribution av mänsklig kunskap och det finansiella kapital som det bygger på.*

Det unika i varje situation för oss till den del av teknisk kunskap som handlar om ”hur saker och ting skulle kunna vara och hur man kan åstadkomma det man vill”, det vill säga teknikutvecklings- och konstruktionsarbete[3] (se även Nordlöfs kapitel). Mitcham (1994) går så långt som att hävda att ”artifact design is what constitutes the essence of engineering” (s. 174). Emellertid ställer konstruktion/design andra kunskapskrav och vänder sig emot en ”reduktionistisk, mytisk, representation av objektsvärlden [som] missar *osäkerheten* och *tvetydigheten* i vad som verkligen händer i design. Till skillnad från partikelkinematik är design *inte lagbunden eller deterministisk*” utan beskriver ”design som ett reflekterande samtal med den unika situationen” där konstruktören behöver hantera många variabler och begränsningar samt motstridiga önskemål vilket leder till att det inte finns något unikt ”rätt” svar:

[3] I engelskspråkig terminologi används termen *design* för det svenska begreppet konstruktion, medan ordet design i svenskan har (åtminstone tidigare) haft mer inskränkt betydelse och syftat på formgivning. Men även i svenskspråkiga sammanhang har det blivit vanligt att design används i den mer vidare betydelse som termen har i engelskan. Vid översättningar av citat från engelskan har jag valt att använda ordet design när det står design i den engelska originaltexten. Skolverkets kommentarmaterial använder dock termen teknikutvecklings- och konstruktionsarbete och kursplanen teknikutvecklingsarbete.

> *Design, i dess vidare betydelse, involverar komplexitet och syntes. I motsats till analytiker eller kritiker sätter designers ihop saker och ting samt skapar nya saker, och processen hanterar de många variabler och begränsningar, vissa av dessa är kända från början medan andra upptäckts under designprocessen. Nästan alltid har designers handlingar och beslut andra konsekvenser än de avsedda. Designers jonglerar med variabler, hanterar motstridiga värderingar och manövrerar runt begränsningar – en process där, även om vissa designprodukter kan vara överlägsna andra, det inte finns några unika rätta svar. (Schön, 1987, s. 41-42)*

Att det inte finns ett, och endast ett, rätt svar visar att natur- och teknikvetenskap inte har samma kunskapssyn. Detta framgår också av tabell 1 och citatet ovan från Layton (1976). Malmberg (2007) menar att inom tekniken är det viktigt att tillämpa Aristoteles alla fem kunskapsformer: episteme – vetenskapligt grundad kunskap, techne – praktisk kunskap, fronesis – omdömesförmåga, sofia – visdom och nous – förnuft. Det skulle föra för långt att i detta kapitel djupare gå in i en filosofisk diskussion om olika kunskapsformer, men det värt att notera att Malmberg betonade vikten av fronesis för att kunna göra goda bedömningar särskilt i nya och okända situationer för att kunna bedöma ”vilket kunnande och vilken kunskap (techne och episteme) … som är tillämpbar i denna nya situation” (s. 66).

I samma anda har Nicky Wolmarans (2015) visat på betydelsen av teoretisk kunskap när ingenjörsstudenter gör konstruktionsuppgifter. Ett annat vanligt förekommande synsätt, vilket är en sorts motsats till teknik som tillämpad naturvetenskap, är att ingenjörer har begränsad nytta av kunskaper i naturvetenskap och matematik, utan det går bra att vara ”uppfinnarjocke” (engelska: tinkerer). Hon har dock visat i sina studier att sådana studenter gjorde sämre konstruktioner - de bästa gjordes av studenter med goda teoretiska kunskaper. Dock krävdes att studenterna förstod vilken, eller vilka, teorier som skulle användas för ett visst ändamål och förstod hur teorin skulle tillämpas i den aktuella kontexten; exempelvis behöver en ingenjör både kunna, och kunna hantera, mer allmängiltiga allmänna kunskaper såsom teknisk matematik och beräkningskonst, hållfasthetslära, materialvetenskap, geologi, ritteknik, etcetera för att kunna bygga en bro *och dessutom* kunna hantera de särskilda aspekter som den lokala situationen för varje enskild bro för med sig. Liknande resonemang gäller givetvis vid annat tekniskt arbete. Detta återspeglas i att teknik, såsom i KTH:s devis, ses som *konst* och *vetenskap*.

Naturvetenskap som tillämpad teknik

Det är emellertid inte bara naturvetenskapliga upptäckter som har fått tillämpningar i tekniken och teknisk utveckling, utan ”tekniken [har] möjliggjort vetenskapliga upptäckter” (Skolverket, 2022d). Redan för 100 år sedan påminde Alfred North Whitehead (1925) oss om att ”anledningen till att vi [i modern vetenskap] har nått en högre nivå är inte för att vi har en mer utvecklad föreställningsvärld, utan för att vi har bättre instrument” (s. 107). I samma anda påminner oss Müller (1940) om att vi som moderna människor inte har bättre hjärnor än våra förfäder, det vi har är tillgång till bättre teknologier.

Mot detta står dock synsätt där teknologier bland annat tillmäts litet, eller försumbart, värde för människans kognition eller bara ser datorer som teknik (se t.ex., Bernhard, 2018; Kroes, 2003; Lelas, 1993, för en diskussion). Inflytelserika filosofer såsom Popper (1972) begränsade sin epistemologi till ”språkets värld, hypoteser, teorier och argument” (min översättning).

I många filosofiska, vetenskapsteoretiska och vetenskapshistoriska framställningar har fokus legat på idéers och teoriers utveckling och teknologins roll har försummats. Teknologiers betydelse för vetenskapliga studier och upptäckter har dock en lång historia och kan sägas ha startat med Galileo Galileis utveckling av teleskopet och hans användning av denna för studier av Jupiters månar och av stjärnhimlen (se t.ex. Bernhard, 2018, och referenser i artikeln för en vidare diskussion). Dock såg Dewey (1925/1981) ”tekniska anordningar [såsom] linser, pendeln, magnetnålen [och] vattenpasset [som föremål avsiktligt använda i vetenskapliga undersökningar] som redskap för vetande” (min översättning). Heidegger (1954) vände sig också mot att enbart se teknik som tillämpad fysik utan påpekar också den moderna fysikens beroende av tekniska apparater för att genomföra experiment och nyligen har Yavuzkaya med kollegor (2022) hävdat att kemi lika mycket kan ses som en teknikvetenskap som en naturvetenskap. Med lite eftertanke inses också hur beroende den moderna medicinen och biologin är av användningen av olika teknologier.

Slutord

I tidigare avsnitt framgår att även om det finns gemensamma beröringspunkter så skiljer sig teknisk kunskap från naturvetenskaplig kunskap. Teknik kan inte förenklas till att ses som ”tillämpad naturvetenskap” som är hierarkiskt underordnad denna. Modern naturvetenskap kan också i stor utsträckning ses som ”tillämpad teknik”. Även om en teknik inte kan bryta mot naturens lagar och dessa sätter begränsningar för vad som kan uppnås så finns det skillnader i fokus och idealiseringar mellan natur- och teknikvetenskap som kunskapsområden.

Några väsentliga punkter är att människan alltid är del i ett tekniskt system vilket gör att teknikvetenskap också har beröringspunkter med samhälls- och humanvetenskaperna (jfr. Bernhard, 2009, 2015; se även Svensson & Cederqvists kapitel). Naturvetenskapen idealiserar ofta till enkla system men i tekniken måste hänsyn tas till att system är komplexa och att deras funktion och uppträdande kan avvika från idealiserade naturlagar. Det gör att naturvetenskapliga teorier inte ger tillräcklig kunskap för att framgångsrikt kunna konstruera/designa, men teorierna kan användas som en utgångspunkt och vägledning. Konstruktion/design är också alltid del av en kontextualiserad praktik och måste beakta möjligheterna och begränsningarna i det faktiska sammanhanget, hänsyn måste tas till olika och ibland motstridiga mål vilket också gör att teknikvetenskap är en värdeladdad praktik och inte någon neutral sådan. Med andra ord så måste ekonomiska, samhälleliga och mänskliga aspekter beaktas. Slutligen så fokuserar naturvetenskapen, och i synnerhet fysiken, på generella lagar och övergripande principer medan i tekniken de små detaljerna ofta är avgörande för om en konstruktion/design blir framgångsrik eller inte.

Författarpresentation

Jonte Bernhard är professor emeritus i ingenjörsvetenskapens didaktik vid Linköpings universitet. Han är civilingenjör i teknisk fysik med materialvetenskaplig inriktning, teknologie doktor i fasta tillståndets fysik, docent i fysik samt legitimerad lärare i fysik, matematik och teknik för gymnasieskolan. År 2022 utnämndes han till Fellow av European Society for Engineering Education (SEFI)

Referenser

Bernhard, J. (2009). Learning through artifacts in engineering education: Some perspectives from the philosophy of technology and engineering science. SEFI 2009, Rotterdam, Nederländerna.

Bernhard, J. (2015). Engineering education research as engineering research. I S. Hyldgaard Christensen, C. Didier, A. Jamison, M. Meganck, C. Mitcham, & B. Newberry (red.), *International perspectives on engineering education: Engineering education and practice in context, volume 1* (s. 393-414). Springer.

Bernhard, J. (2018). What matters for students' learning in the laboratory? Do not neglect the role of experimental equipment! *Instructional Science*, *46*(6), 819-846.

Biglan, A. (1973). The characteristics of subject matter in different academic areas. *Journal of Applied Psychology*, *57*(3), 195-203.

Borrego, M. (2007). Conceptual difficulties experienced by engineering faculty becoming engineering education researchers. *Journal of Engineering Education*, *96*(2), 91-102.

Bucciarelli, L. L. (1994). *Designing engineers*. MIT Press.

Dewey, J. (1925/1981). Experience and nature. I J. A. Boydston (red.), *John Dewey: The later works* (Vol. 1). Southern Illinois University Press. (1925)

Heidegger, M. (1954). Die Frage nach der Technik. I M. Heidegger (red.), *Vorträge und Aufsätze*. Klett-Cotta.

Hopmann, S. (2000). Klafki's model of didaktik analysis and lesson planning in teacher education. I I. Westbury, S. Hopmann, & K. Riquarts (red.), *Teaching as a reflective practice: The German didaktik tradition* (s. 197-206). Lawrence Erlbaum.

Hopmann, S. T. (2009). Mind the gap: Dewey on educational bridge-building. *Journal of Curriculum Studies*, *41*(1), 7 - 11.

Klafki, W. (2000). Didaktik analysis as the core of preparation of instruction. I I. Westbury, S. Hopmann, & K. Riquarts (red.), *Teaching as a reflective practice: The German didaktik tradition* (s. 139-159). Lawrence Erlbaum.

Kroes, P. (2003). Physics, experiments, and the concept of nature. I H. Radder (red.), *The philosophy of scientific experimentation* (s. 68-86). University of Pittsburgh Press.

Kuhn, T. (1970). *The structure of scientific revolutions* (2:a uppl.). University of Chicago Press.

Lavelle, S. (2009). Technology and engineering in context: Analytical, phenomenological and pragmatic perspectives. I S. Hyldgaard Christensen, B. Delahousse, & M. Meganck (red.), *Engineering in context* (s. 75-95). Academica.

Layton, E. T. (1976). American ideologies of science and engineering. *Technology and Culture*, *17*(4), 688-701.

Lelas, S. (1993). Science as technology. *The British Journal for the Philosophy of Science*, *44*(3), 423-442.

Malmberg, R. (2007). *Analog circuit topology development: Practice methods for technology and teaching based on comprehensible transitor models*. Chalmers tekniska högskola.

Mitcham, C. (1994). *Thinking Through Technology: The Path between Engineering and Philosophy*. The University of Chicago Press.

Müller, R. H. (1940). American apparatus, instruments, and instrumentation. *Industrial and Engineering Chemistry: Analytical Edition*, *12*(10), 571-630.

Popper, K. R. (1972). *The logic of scientific discovery*. Hutchinson. (1934)

Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.

Schön, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner: Toward a new design for teaching and learning in the professions*. Jossey-Bass.

Sjøberg, S. (2005). *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik* (A. Claesdotter & S. Andersson, översättning; 2 uppl.). Studentlitteratur.

Skolimowski, H. (1966). The structure of thinking in technology. *Technology and Culture*, *7*(3), 371-383.

Skolverket. (2022a). *Kommentarmaterial till kursplanen i biologi: Grundskolan*. Skolverket.

Skolverket. (2022b). *Kommentarmaterial till kursplanen i fysiki: Grundskolan*. Skolverket.

Skolverket. (2022c). *Kommentarmaterial till kursplanen i kemi: Grundskolan*. Skolverket.

Skolverket. (2022d). *Kommentarmaterial till kursplanen i teknik: Grundskolan*. Skolverket.

Trevelyan, J. (2014). Towards a theoretical framework for engineering practice. I B. Williams, J. Figueiredo, & J. Trevelyan (red.), *Engineering practice in a global context: Understanding the technical and the social* (s. 33-60). CRC Press.

Whitehead, A. N. (1925). *Science and the modern world*. Macmillan.

Wolmarans, N. (2015). Navigating Boundaries: Moving Between Context and Disciplinary Knowledge When Learning to Design. I R. Adams & J. Siddiqui (red.), *Analyzing Design Review Conversations* (s. 97-114). Purdue University Press.

Yavuzkaya, M., Clucas, P., & Sjöström, J. (2022). ChemoKnowings as part of 21st century Bildung and subject Didaktik. *Frontiers in Education*, *7*, 869156.

Östman, L. (1995). *Socialisation och mening. No-utbildning som politiskt och miljömoraliskt problem*. Uppsala universitet.

Teknikhistoria

Claes Klasander
Institutionen för beteendevetenskap och lärande (IBL), Linköpings universitet

Teknikhistoria handlar om den ständigt föränderliga växelverkan mellan teknik, människa, samhälle och natur som pågått i både tid och rum.

Att arbeta med teknikhistoria kan ge tekniken liv och erbjuder ett kunskapsinnehåll som är nödvändigt för att utveckla flera andra tekniska kunskaper och förmågor.

Det finns flera olika sätt att arbeta med teknikhistoria. Här är det viktigt att göra tiden så konkret som möjligt. Flera olika sätt presenteras i kapitlet.

Inledning

Teknikens historia är berättelsen om den konstruerade världen och de mönster av förändringar, drivkrafter och konsekvenser som kännetecknar historien (Lindgren, 1996; Ingelstam, 1996). En grundsten i denna berättelse är den växelverkan som ständigt sker mellan teknik, människa, samhälle och natur. Här spelar också förmågan att tänka i termer av system in (se även Svenssons & Cederqvists kapitel). Teknisk förändring är dock en process som pågått i ojämn takt över årtusendena och kunskap om tekniska lösningar och system har spritt sig långsamt och oregelbundet över olika delar av jorden. Samtidigt som byinvånarna i Dagmosse i närheten av Omberg i Östergötland konstruerade ett för deras vidkommande avancerat pålverk för att skydda sin by från anfall lät faraonerna Cheops, Chefren och Menkaura byggde de tre pyramiderna i Giza – av pålverket finns idag intet kvar (vilket vår familj bittert fick erfara när vi stannat till vid denna ”sevärdhet”) medan pyramiderna i allra högsta grad är närvarande. Men även våra vikingar satte sina spår i sten på sina långa resor söder ut. Exempelvis i Istanbul, där jag och min fru i den stora museimoskén Hagia Sofia, såg hur vikingen Halvdan ristat sitt namn i runskrift i balustradens marmor. Man kan ju med fog undra vad Halvdan hade sagt om den stad han lämnat – om han ens hade kunnat beskriva den – när han kom tillbaka till sin familj i det som ännu inte blivit Sverige?

Varför ska vi undervisa i teknikhistoria?

De senaste 50 åren har teknikundervisningen, och så småningom teknikämnet haft ansvaret för att behandla teknikens historia inom skolans ram. Oavsett läroplan eller kursplan har ämnets karaktär tydligt pekat på vikten av att elever ska få insikter i de förändringsprocesser där människans teknik spelat avgörande roller över tid.

Kursplanen för Teknik inom Lgr22 beskriver ett antal centrala motiv för varför elever bör få en teknikhistorisk bildning (Skolverket, 2022). Ett sådant motiv är ansvarsfullhet där eleverna ska ges möjlighet att behandla frågor om hur de själva och andra kan förhålla sig till och använda teknik på ett ansvarsfullt sätt, utifrån kunskaper om tidigare generationers teknikanvändning. Här blir kopplingen till teknikens roll för hållbar utveckling tydlig. Ett ytterligare motiv handlar om elevers förmåga att utveckla tekniska lösningar. För det krävs kunskaper om exempelvis etablerade standardlösningar inom olika tekniska verksamhetsfält. Ett tredje motiv har ett framåtsyftande medborgerligt, demokratiskt anslag då åtskilliga beslut inom politik och näringsliv kräver att man ställs inför olika teknikval. För att hantera detta krävs en teknisk allmänbildning, en förmåga att analysera och värdera tekniken (se även Hallström & Stolpes kapitel) så att man, både som elev och framtida vuxen, kan förstå konsekvenser och ta ansvar för sina val på ett bättre sätt. Utan sådan bildning blir man lätt ett offer för ”löftesrika mediakampanjer och lättsinniga hotbilder” (Ginner, 1996).

Det är tydligt att dessa motiv sätter sin prägel på hela teknikämnets syftesbeskrivning och innehåll. Teknikhistoria bidrar till att mycket av ämnets övriga centrala innehåll får liv och erbjuder ett kunskapsinnehåll som är nödvändigt för att utveckla flera andra tekniska kunskaper och förmågor. Det skulle vara en didaktisk kullerbytta att begränsa undervisningen till ett snävt ”här och nu”, eller ett snävt fokus på ”hur tekniska lösningar fungerar” och ”hur vi kan tillverka något”. Den teknik som omger oss beskrivs bättre i vidare dimensioner i både tid och rum. Ingen av de senare två frågorna har något enkelt svar utan kräver att eleverna har fått möjlighet att utveckla en teknikhistorisk erfarenhet. Det ökar möjligheterna till elevernas bildning när det gäller flera aspekter av den konstruerade värld de ska få möta i undervisningen. Båda dessa dimensioner ska jag återkomma till nedan.

Textens disposition

Jag har delat in detta kapitel i fem delar med avsikten att de, både var för sig och tillsammans, kan bidra med insikter inför planering och utformning av teknikundervisning i olika klassrum eller miljöer.

1. *Landskap och glasögon som tankefigurer*: Att kunna förflytta sig själv och eleverna i tanken från det nära och bekanta till det fjärran, okända och komplexa, innebär en didaktisk utmaning. Man kan tänka över historien som ett föränderligt tekniklandskap där ny teknik ständigt integreras i redan befintlig.

2. *Barns tidsuppfattning*: Barns kronologiska förmåga, att kunna placera händelser i tidsordning, utvecklas långsamt.

3. *Kartor och tidslinjer som didaktiska redskap*: Det är viktigt att kunna resonera om när olika skeenden i den konstruerade världen pågick. För det behöver man som lärare ta stöd i sitt arbete. Två redskap framstår som kraftfulla för dimensionerna *tid* respektive *rum*.

4. *Orsaker till teknisk förändring*: Det är viktigt att kunna erbjuda eleverna ett språk för att tala om de förändringar man tillsammans kan identifiera i *tekniklandskapet*. Som den didaktiska vägen från artefakt till system. Det är samtidigt en vandring från det konkreta till det abstrakta. För många elever är det en utmaning. Då behövs det begrepp som ger förklaringsvärde till teknikens förändringar. Begrepp som eleverna kan fylla med innehåll, bredda och fördjupa, genom den undervisning de möter.

5. *Några didaktiska reflektioner*: I vandringen från det elevnära exemplet till vidare cirklar kan teknikundervisningen ta stöd i ett konkret arbete med både modeller och upplevelser för att underlätta behandlingen av mer abstrakta begrepp kring teknikens förändring.

Landskap och glasögon som tankefigurer

Varje skolämne är ett utsnitt av något större. Historieämnet tar inte upp all historia men har för avsikt att visa på förändringar över tid. På samma sätt är det med teknikämnet; avsikten är inte att ta upp all teknik, eller hela den tekniska historien utan ett representativt urval för att göra den konstruerade världen mer begriplig. Teknikämnets innehåll är alltså ett utsnitt av ett gigantiskt kunskapsområde vilket betyder att man som lärare kan finna sig stående i situationer där man ska välja fokus, avgränsa ett undervisningsinnehåll i tid och rum.

Tekniklandskap

Jan-Erik Hagberg (2009) beskriver hur tankefiguren tekniklandskap kan bli ett sätt att betrakta omvärlden från ett tekniskt intresserat perspektiv. Tekniklandskapet avser inte det landskap som finns utanför fönstret utan är uppfyllt av

tekniska artefakter; flera av dem sammanbundna i rummet i form av tekniska system. I landskapet finns förtätningar av kraftfull, intensiv och snabbt förändlerlig teknik, liksom förtunningar där tekniken är enkel och relativt stabil över tid. På olika ställen i tekniklandskapet utförs olika typer av handlingar som ger artefakterna och systemen mening. Människans roller i tekniklandskapet är avgörande för dess ingående processer och är därför att betrakta som delar av sociotekniska system. Tankefiguren tekniklandskapet kan användas för att förstå olika aktörer – personer, organisationer, företag, grannskap eller hela nationer.

Vardagens tekniklandskap domineras av de välkända artefakterna och systemen: ”*Det nya ska alltid finna sin väg in i tekniklanskapets olika teknikrum och oftast ersätta eller tränga undan något välintegrerat*” (Hagberg, 2009, s. 47). Undervisningens syfte är att ge eleverna möjlighet att förstå vad detta tekniklandskap har för kännetecken och bäring på deras samtid och framtid (Hagberg, 2009).

Teknikglasögon

I den teknikdidaktiska miljö där jag verkar brukar vi även tala om att ta på sig teknikglasögonen (figur 1). Det är en ytterligare en tankefigur som kan hjälpa till att ”se tekniklandskapet”. När lärare och elever tar på sig glasögonen framträder de tekniska aspekterna av omvärlden tydligare och det man vill gränsa av faller in i fonden. De gör att man bättre kan rikta blicken mot företeelser i den konstruerade världen. Men även att tänka sig tanken att ta med sig teknikglasögonen när man förflyttar sig och eleverna till andra tiders och platsers tekniklandskap.

Figur 1. Teknikglasögonen, ett redskap för att se tekniklandskapet. Illustration: Åsa Fredricson / Illustrera Mera

Barns tidsuppfattning

Barns tidsförståelse utvecklas långsamt och uppfattningar kopplade till tidens gång är mycket ytliga hos yngre barn och kan betecknas som dunkla om man rör sig med tidsperspektiv utöver en eller två generationer (Hartsmar, 2001). De yngre barnen placerar händelser till exempel i den ordning de blir presenterade för dem - först lite Gustav Vasa, sedan kommer Jesus och därefter Vikingarna (inte dansbandet). Ett träd eller en vuxen person som är lång, kan också betraktas som äldre än en kortare (Farrell, 1953). Ungefär vid elva års ålder övergår barnens tidsuppfattning till det sätt vi vuxna kan tänka oss historien: som ett förlopp längs tidpilens riktning. Det är alltså inget fel i att undervisa om stenåldern för de yngre eleverna, men man kan inte förvänta sig att Dagsmosse hamnar på ”rätt ställe” i elevernas kronologi, i relation till andra epoker eller händelser. Jag väljer dock här att avgränsa mig till det forskningen säger om barn efter ungefär elva års ålder. Först då menar man att kontinuitet och förändring kan börja användas i undervisningen, samt i högre grad möjligt att introducera abstrakta begrepp.

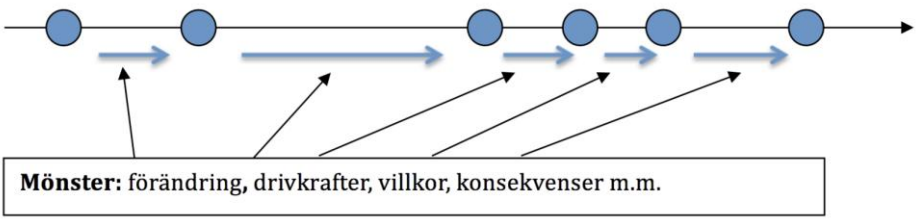
I teknikundervisningen är det viktigt att använda sig av en varierad palett av arbetsformer där konkretisering – att dramatisera, att skapa modeller, måla, etcetera – ges en framtonad roll för att hjälpa eleverna att bygga en kontinuitet i sin tidsuppfattning. Lärare bör här ta hjälp av konkreta detaljer för att göra undervisningen så beskrivande och målande som möjligt. Det är naturligtvis att sparka in en öppen dörr för vilken pedagog som helst, men jag vill här lyfta just relationen till den teknikhistoriska förståelsen genom kopplingen till den konkreta delen av den konstruerade världen. Genom att succesivt och målmedvetet undervisa om det historiska tekniklandskapet kan man ge eleverna bättre förutsättningar att identifiera och beskriva skeenden. Forskningen säger att barn är skickliga på att identifiera skillnader mellan då och nu. Framför allt kan de ge exempel på sådant som inte fanns förr. Men, det betyder inte att de förstått betydelsen av detta. Den undervisning man föreslår bör därför fokusera på positiva enskildheter (vad som fanns då), i stället för negativa (vad som saknades). De sistnämnda hittar eleverna ändå.

Kartor och tidslinjer som didaktiska redskap

Artefakter (till exempel tvättmaskinen, tennisracketen, tv-spelet eller telefonen) har oftast en egen tidslinje. Genom att låta elever välja mellan artefakter av olika slag kan de få möjlighet att upptäcka olika mönster i den tekniska förändringen; mönster som går igen i tekniklandskapet. Plötsligt ser de något genom sina teknikglasögon för att sedan se det igen, i andra tekniklandskap.

När jag har arbetat med lärarstudenter och försökt ge dem en inledande bild av vad teknik är och vad teknikundervisning kan handla om har jag ofta använt en aktivitet jag kallar ”Lapp på ryggen” - en lånad idé där studenterna får varsin lapp fastsatt med en klädnypa i nacken på halslinningen. På lappen finns en bild av en mer eller mindre komplicerad, men hyggligt känd, artefakt och en kort text. Uppgiften är sedan att, med hjälp av maximalt 20 frågor av ja- eller nej-typ, ta reda på ”artefakten på lappen”. När någon listat ut vad som stod på deras lapp, flyttade de lappen och klädnypan till bröstet, men fortsatte vara med och svara till dess alla löst uppgiften. Efter en stund, när ”bra frågor” har börjat sprida sig i gruppen brukar jag pausa aktiviteten för att låta dessa frågor få fäste i gruppen. En av poängerna med aktiviteten är att visa att de ”bra frågorna” är framgångsrika för att de handlar om ”vad tekniken gör” – ”Transporterar jag något?”, ”Lagrar jag något?”, ”Kan jag användas för att kommunicera?”, ”Är min funktion att kontrollera eller styra något?”. Att ställa sådana frågor leder studenterna vidare. Studenterna kommer allt tydligare placera in artefakten i ett tekniklandskap vilket kan ge dem en känsla av allt närmare insikt. Aktivitetens andra uppgift länkar tydligt till teknikens historia. Här ska studenterna ställa upp sig i kronologisk ordning vilket leder till en teknikhistorisk diskussion som inte är så enkel. Studenterna brukar dock alltid förhandla sig fram till en hygglig tidslinje.

I teknikhistorien är det oftast svårt att exakt nagla fast när en innovation skedde. Det började med att någon hade en idé, som utgick från en önskan eller ett problem. Om det inte redan fanns en känd lösning till denna idé, kunde kanske en uppfinning göras. Några testades, men hamnade i byrålådan, andra fick luft undervingarna och förändrade, förnyade (innoverade) hur människor kunde agera. Innovationen tog plats i tekniklandskapet, trängde kanske ut en tidigare lösning och förändrade landskapet för en tid. De flesta tekniska lösningar har en historia, men ibland försvinner den bort i ett historiskt dunkel. Det gör att punktvisa nedslag i teknikhistorien (blå bollar i figur 2) inte alltid är fixerade. Men, det är möjligt att följa till exempel bilens eller datorns förändring genom att placera några olika typer av bilar och datorer längs tidslinjen (cirka 150 - 200 år lång). Att placera ut varianter av en teknisk lösning kan vara intressant i sig, särskilt om eleverna själva får välja vilka tekniska lösningar som ska behandlas.



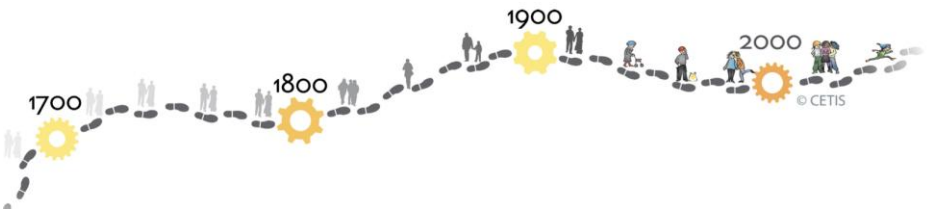
Figur 2. Punktvisa nedslag i teknikhistorien är inte alltid fixerade, men en tidslinje visar tekniska lösningars förändring.

Teknikhistoria handlar alltså inte enbart om *när* viss teknik uppfanns, vilka år eller epoker vi kan identifiera, utan snarare om *varför* den tekniska förändringen går till som den gör, vad som driver den framåt och vilka effekter detta får på oss individer, vår miljö och vårt samhälle. Och vice versa – hur vi själva och vårt samhälle påverkar den tekniska förändringen. Det är en ständig växelverkan mellan samhället och tekniken, mer än att en händelse leder till en annan. De blå bollarna är alltså inte det intressanta i sig, men de är konkreta redskap för att kunna undervisa om det som sker mellan de blå bollarna. Vad är det som får bilen att se annorlunda ut i boll fyra, jämfört med boll tre och två? En droska utan häst, men med motor. Den som körde satt fortfarande ute, medan den som åkte satt under tak. Plötsligt kom någon på att alla skulle sitta inne i bilen. Men, var det verkligen accepterat? En kusk under samma tak som bilens ägare!

Artefakter kan aven användas för att belysa deras systemkopplingar, eller systemberoenden. På så vis kan undervisningen närma sig de sociotekniska dimensionerna i tekniklandskapen. Vi möter större tekniska lösningar (de tekniska systemen) i deras interface, deras gränssnitt mot oss: mobiltelefonen, bankomaten, toalettstolen – alla är beroende av system, ingen står för sig själv (Hallström & Klasander, 2020). När vi talar i telefon skickar vi iväg något, samma sak i toaletten, eller när vi tar emot något i bankomaten. Vilken typ av teknik gör detta möjligt? Hur har dessa system vuxit fram och vad har drivit på förändringen? Vilka konsekvenser har det fått i olika tekniklandskap? (Hallström & Klasander, 2020). Artefakternas interface kan alltså bli ingångar till en ökad förståelse för förändringar och mönster som i sig har en egen historia och framtid. Just nu står vi på en punkt i den tekniska historien, i vårt både svenska och mycket internationella tekniklandskap och funderar över hur AI har eller kommer att förändra det. Kan vi få eleverna att förstå sådana förändringar och mönster, så kan de också vara både medvetna och handlingsberedda.

Tidslinjer

Genom att med tidslinjens hjälp konkretisera tidens lopp med användandet av en typ av standardgeneration (cirka 30 år), blir förändringar i tekniklandskapet mer tydliga (figur 3). Eleven är 10–15 år. Föräldrarna cirka 30 år äldre, generationen ovan ytterligare cirka 30 år äldre, osv. De representerar personer som eleverna kan relatera till. I tidens backspegel försvinner generationerna och grånar alltmer, men man kan ändå se att det inte är så många generationer bakåt till 1700-talet. Och ändå har vår omvärld förändrats så mycket!



Figur 3. Tidslinje baserad på generationer. Illustration: Åsa Fredricson / IllustreraMera.

Det finns alltså en didaktisk styrka i generationsbegreppet som kan stötta elevers övergång mellan den konkreta tekniken i sin epok och den abstrakta tidslinjen. Successivt kan eleverna sedan ”ordna” sin teknikhistoriska kunskap längs en allt längre tidsaxel. Generationsbegreppet kan också öppna upp för möjligheter att relatera teknikhistoriska förlopp till olika delar av tidslinjen för att på så sätt stödja utvecklingen av elevernas kronologiska uppfattningar bortom de närmaste generationerna och seklerna. Även geografiska skillnader kan belysas med tidslinjens stöd. Skriftspråkets förändring och spridning över världen kan vara ett exempel från dåtiden (kinesiska piktogram, babylonisk kilskrift, romanska/grekiska bokstäver), som kan jämföras med någon motsvarande spridning av en viss teknik i nutid, till exempel betalningssystem, energilösningar, vårdteknik eller TikTok.

Kartor

Tekniklandskapet kan, liksom med utbredningen i tid, även ha en utbredning i rum. I teknikundervisningen kan vi, tillsammans med eleverna, undersöka hur dessa båda storheter hänger ihop. Kartor är då bra didaktiska redskap för att visualisera den tekniska förändringens utbredning över tid. Även insikten att samma problem har många lösningar i världen (till exempel laga mat, värma hus, belysning, avfallshantering), att alla lösningar är ”rätt” i sin tid och på sin plats och att förutsättningarna avgör ändamålsenligheten i sitt respektive tekniklandskap kan bli tydliga med en karta (Hagberg, 2009). Kartor kan även bli ett redskap för att visa att innovationer bara får genomslag om tiden och platsen

är mogen. Boktryckarkonsten tog ett språng i slutet på 1400-talet här i Europa, men fanns tidigare i Kina. Vackra moskéer var samtida med våra vikingars långhus. Smarttelefonerna slog igenom när tillräckligt många stora system var utbyggda och när ett antal avgörande artefakter kunde kombineras kring en digital processor. Ytterligare en intressant aspekt av kartor är att de dessutom kan vara ett möjligt undervisningsinnehåll. Kartor är, på många sätt, en spännande teknisk innovation. Dessutom av just den typen vars historia kräver ett vidare svar på frågan ”När uppfanns kartan?” – och när hoppade den in i smarttelefonen?

Orsaker till teknisk förändring

På senare tid har det skett en övergång från att tala om teknikutveckling till teknikens förändring. Det finns två skäl för det. För det första blandas alltför ofta teknikutveckling ihop med ”att utveckla ny teknik”. För det andra konnoterar teknikutveckling alltför starkt till en teknikoptimistisk syn på förändringar i tekniklandskapen. Introduktionen av begreppet ”förändring” öppnar dessutom upp för en genuint kritisk analys, där konsekvenser av den tekniska förändringen kan vara både bra och dåliga – ur olika perspektiv. Detta gynnar även samtalet om teknikens roll för hållbar utveckling. Många av de negativa konsekvenser som framträder av teknikens förändring är möjliga utgångspunkter för nya drivkrafter.

Låt mig gå tillbaka till tidslinjen med de blå bollarna (figur 2). Syftet var att visa att det intressanta i teknikhistorien är vad som sker mellan bollarna. Vilka drivkrafter, mönster och konsekvenser som bidrar till förändringar i tekniklandskapet. Jag har redan nämnt sådana mönster som att ”bra teknik hoppar in”. Andra mönster kan vara att ”vi bygger in oss själva i den nya tekniken” eller att ”vi förbättrar våra förmågor”. Min avsikt här är inte att i någon högre detaljgrad redogöra för de olika drivkrafter man kan finna. Flera av dem är beskrivna i exempelvis Skolverkets kompetensutvecklingsmodul ”Teknikens förändring och dess konsekvenser”. Min poäng här är att teknikhistorien gör det möjligt att tillsammans med eleverna träna på att identifiera några av de mest kända drivkrafterna, som till exempel den enskilda människans strävan, genomgripande förändringar i natur och samhälle, ”interna” drivkrafter inom det teknoekonomiska systemet, eller samhälleliga behov. Här finns också öppningar för att ta stöd i den mångkulturalitet som finns i den svenska skolan och studera teknikens förändring i internationellt perspektiv. Då kommer andra tekniklandskap att belysas och teknikhistorien få nya tidslinjer att förhålla sig till.

Några didaktiska reflektioner

Genom att starta i för eleverna kända tekniska lösningar och ta referenspunkter i deras nära samtid och nära omvärld är det möjligt att utmana dem för att sakta bygga upp deras teknikhistoriska kronologi; att ta dem till vidare kretsar i tid och rum. Att ta en utgångspunkt i artefakter i sin undervisning och arbeta med kreativa, upplevelsebaserade eller handgripligt präglade undervisningsmetoder hjälper eleverna att befästa teknikhistoriska förlopp. Det finns en koppling här till det konkreta, hantverksmässiga, till modellering. I teknikundervisningen är det vanligt att behandla de modeller och prototyper vi finner för att studera, beskriva eller utveckla ett förslag till en teknisk lösning. Men, här talar jag om modeller av ett annat slag, modeller med ett annat syfte (se även Norströms kapitel). När man tillsammans med eleverna skapar undervisning som mynnar ut i teckningar, filmer, presentationer etcetera, med avsikt att just belysa något centralt i det teknikhistoriska fältet, bör man ställa frågan: Vad är det man vill illustrera med dessa modeller? Till exempel processer, relationen mellan drivkrafter och konsekvenser, eller mönster av förändring i tekniklandskapet. Det betyder en högre grad av abstraktion. Arbetet med denna typ av modeller hjälper alltså eleverna att befästa de mer krävande begrepp som hör till teknikens förändring (se Gilbert m.fl., 2000). Genom detta bygger man upp ett språk i teknikundervisningen (se även Larssons kapitel). I slutänden ska eleverna utveckla förmågan att beskriva och diskutera sådant.

Det är alltså verkningsfullt att som lärare använda sig av exempel på tekniska lösningar från förr. Ibland kanske man kan ha tillgång till olika artefakter från sitt eget hem. Eller så bygger man upp ett representativt förråd tillsammans med kollegorna. Jag vill slå ett slag för att utnyttja närbelägna resurser, till exempel skolans omgivningar, men framför allt hembygdsgårdar och arbetslivsmuseer. De har ofta samlingar av artefakter av olika slag. En av de didaktiska utmaningarna är att omvandla dessa samlingar till resurser i teknikundervisningen. Ett kort exempel: På ett brandkårshistoriskt museum nära mig finns en samling med brandredskap och brandbilar. De står där, uppradade i hygglig tidsordning. De yngsta bilarna hade kvalificerad digital utrustning. Genom att ställa frågor till eleverna om vilka skillnader de ser mellan exempelvis brandbilar från olika generationer, kunde eleverna förstå varför brandbilarna plötsligt hade stegar på taken. Vilken förändring i tekniklandskapet drev fram denna förändring? Husen hade naturligtvis blivit högre. Det krävdes därmed också starkare pumpar, det räckte inte med handdrivna pumpar. Nu krävdes motordrivna. Det listade eleverna ut. Och det var syftet, ett mönster framträdde. Eleverna kunde identifiera händelser i tekniklandskapet, förändringar, och förstå något om varför. Hur den tekniska förändringen stod i växelverkan med det omgivande samhället. På så sätt blev exemplet med brandbilarna större än sig själv.

Genom att tillsammans med eleverna undersöka den konstruerade världen, betrakta och belysa tekniklandskap av olika slag, såväl ”här och nu” som i andra tider och rum, utvecklas elevernas tekniska bildning. De får förståelse för varför vi har det som vi har det, vad som fått oss hit och vilka konsekvenser det givit och kommer ge. Det är här som teknikhistorien visar sig utgöra en god grund för elevernas reflektioner – inte minst om sin och världens tekniska framtid.

Författarpresentation

Claes Klasander är föreståndare på Nationellt resurscentrum för teknikundervisning i skolan (CETIS), vid Linköpings universitet. Han undervisar också blivande lärare i teknik och har lång erfarenhet som ämneslärare på högstadiet. Några av hans forskningsintressen handlar om tekniska system och teknisk förändring.

Referenser

Farrell, J. T. (1953). *The face of time*. Vanguard Press.

Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. I J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Red.), *Developing Models in Science Education*. Kluwer Academic Publishers

Ginner, T. (1996). Teknik som skolämne. I T. Ginner & G. Mattsson (Red.), *Teknik i skolan: perspektiv på teknikämnet och tekniken* (s. 16-40). Studentlitteratur.

Hagberg, J.-E. (2009). Att lära i teknikens rum och landskap. I P. Gyberg & J. Hallström (Red.), *Världens gång - teknikens utveckling: om samspelet mellan teknik, människa och samhälle* (1. uppl., s. 41-60). Studentlitteratur.

Hallström, J., & Klasander, C. (2020). Making the Invisible Visible: Pedagogies Related to Teaching and Learning about Technological Systems. I P. J. Williams & D. Barlex (Red.), *Pedagogy for Technology Education in Secondary Schools: Research Informed Perspectives for Classroom Teachers* (s. 65-82). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41548-8_4

Hartsmar, N. (2001). *Historiemedvetande - Elevers tidsförståelse i en skolkontext*. Institutionen för pedagogik, Lärarhögskolan Malmö.

Ingelstam, L. (1996). System: Teknik och människor i samspel. I T. Ginner & G. Mattsson (Red.), *Teknik i skolan: perspektiv på teknikämnet och tekniken* (s. 130-149). Studentlitteratur.

Lindgren, M. (1996). Några tankar kring Christoffer Polhems teknikdidaktik. I T. Ginner & G. Mattsson (Red.), *Teknik i skolan: perspektiv på teknikämnet och tekniken* (s. 110-120). Studentlitteratur.

Skolverket. (2022). *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet 2022*. Stockholm.

Språkets betydelse för teknik-undervisningen

Andreas Larsson
Institutionen för beteendevetenskap och lärande (IBL), Linköpings universitet

Teoretiska perspektiv kan vara verktyg för att avgränsa, beskriva och förstå olika komplexa fenomen så som språk i teknikundervisning.

Kognitiva perspektiv sätter språket i relation till hjärnans strukturer och processer medan funktionella perspektiv fokuserar på språkets roll för kommunikation.

Hjärnan kan hantera olika typer av information parallellt. Detta kan vi utnyttja i undervisning genom att arbeta med kognitiv avlastning.

Introduktion

Det finns många olika sätt att förstå ett begrepp som språk. Ordboken beskriver fenomenet som ett *”mänskligt system för kommunikation, känslouttryck och konstnärliga ändamål*”, men det finns långt fler aspekter att ta hänsyn till för att förstå språkets roll för teknikundervisningen – om en sådan förståelse ens är möjligt. Ett sätt att skapa förståelse för teknikens språk är att studera det utifrån olika teoretiska perspektiv. På så vis kan vi få syn på nya aspekter som man vid första anblick kanske inte skulle se. Dessutom kan teoretiska perspektiv på språk bidra till ett gemensamt, ja just det… språk… som vi sedan kan använda för att ”tänka” tillsammans. Forskare pratar ganska ofta i termer av ”ramverk” eller ”teoretiska glasögon” när man pratar om teoretiska perspektiv. Däremot är det väldigt sällan någon tar ställning i vad som är ”rätt” eller ”fel” sätt att studera exempelvis språk.

I denna text kommer de teoretiska perspektiven fungera som verktyg för att kunna avgränsa, beskriva och förstå språk och dess betydelse för teknikundervisningen. På sätt kommer det att bli möjligt att belysa exempelvis hur elever eller lärare använder språket för att ”tänka” tillsammans, men också för att visa hur språket blir till ett kommunikationsredskap i en social praktik. I texten kommer jag också att rikta blicken mot alla de representationer och representationsformer som återfinns i en tekniksal samt hur kroppsspråk och gester blir en del

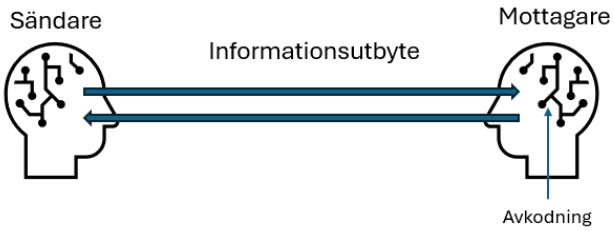
av kommunikationen i klassrummet. På slutet kommer jag även att introducera två begrepp – informationsprocessteori och ämnesdisciplinär litteracitet (se även Hallström & Stolpes kapitel).

En enkel språkmodell

Men åter till den grundläggande tanken om språk; den om ett (mänskligt) system av ljud, symboler och strukturer som spelar en så avgörande roll för hur vi kan förstå varandra. Vissa forskare menar att vi människor mer eller mindre föds med ett sådant system redo att sättas i bruk. Med en sådan syn på språk kan kommunikation ses som en aktivitet som handlar om att sätta språkets alla byggstenar i rätt ”ordning” så att ett meddelande sedan kan överföras från en person till en annan. På engelska kallas detta ibland för ett conduit[4]-perspektiv på språk. Samtidigt finns det de forskare som menar att språk och kommunikation kan fungera på väldigt många olika sätt beroende på vilka som kommunicerar och var kommunikationen sker. Sådana perspektiv brukar oftast benämnas med ordet social i inledningen (till exempel socialkonstruktivistisk eller socialkonstruktionistisk språksyn).

I denna text kommer jag dock att ta ett avsteg från dessa perspektiv och istället ta utgångspunkt i hur elektronisk kommunikation kan tänkas fungera. På så vis kan mänsklig kommunikation avgränsas till tre olika komponenter: sändaren, mottagaren samt ett informationsutbyte som samspelar med varandra (figur 1). I modellen får alltså den som talar funktionen av en sändare – att skicka någon typ av information till en mottagare. På liknande sätt kan då lyssnarens funktion jämföras med en mottagares – att ta emot någon typ av information från talaren. Exakt vilken information som kommer att skickas från sändaren till mottagaren går egentligen inte att veta på förhand. Däremot måste både sändare och mottagare förberedas på i vilken form informationen kommer att överföras och i vilket medium överföringen kommer att ske. Först då kan kommunikation mellan de båda enheterna bli framgångsrik. I vårt fall så motsvaras kommunikationens form av exempelvis talat språk, bildspråk eller gester medan språkets medium motsvaras av exempelvis symboler, ljud eller ljus.

[4] Det engelska ordet conduit används ofta i konstruktionssammanhang – exempelvis rörledning, kanal eller kulvert



Figur 1. Schematisk bild över en språkmodell

För att informationsutbytet sedan ska fungera krävs ytterligare två pusselbitar – en process för att avkoda den information som talaren har skickat till lyssnaren samt någon form av process som gör att mottagaren kan förändra sitt beteende i relation till talarens information (och intention). De två sista bitarna motsvaras i denna modell av hjärnans kognitiva processer och förmågor, vilka i sin tur sätter gränser för vilken kommunikation som är möjlig att genomföra. Modellen är givetvis mycket förenklad, men den kan ge en tydlig grund för våra teoretiska resonemang om språk och därför bli ett sätt att belysa frågor om språkets betydelse för teknikundervisningen.

Kognitiva perspektiv på språk

Likt språk och kommunikation är även kognition ett kärt barn som studeras under många namn (exempelvis kognitionsvetenskap, neurokognition). Ordboken beskriver kognition som en samling av de ”*tankefunktioner med vars hjälp information och kunskap hanteras*”. Ett kognitivt perspektiv på språk handlar med andra ord om att förstå mänskligt språk i relation till hjärnans funktioner snarare än att förstå hur vi lär oss att språka tillsammans. I detta kapitel kommer jag att ägna min uppmärksamhet åt tre närliggande begrepp som alla har tydliga kopplingar till både klassrumspraktik och didaktisk forskning: konceptuella metaforer, konceptuell förståelse samt informationsprocessteori.

Konceptuella metaforer

Begreppet konceptuella metaforer har sin utgångspunkt hos forskarna George Lakoff och Mark Johnson (1980) som under mitten av sjuttiotalet började fråga sig hur det kan komma sig att vi (1) så ofta använder oss av ord som kan kopplas till kroppsliga erfarenheter när vi pratar om mer eller mindre abstrakta idéer

och (2) varför så många av dessa metaforer[5] bildar tydliga strukturer och förekommer i många olika språk och kulturer. Deras ”enkla” slutsats var att ett uttryck så som ”hen är en varm person” (en beskrivning av någon man känner sig trygg med) härrör ur känslan av att känna sig trygg samtidigt som man upplever trygghet (exempelvis ett barn som får vila i någon av sina föräldrars famn)[6] varför det måste finnas en koppling mellan att tillägna sig abstrakt kunskap (kognition) och att leva i en fysisk verklighet som är varm (sensorisk stimuli) (Lakoff & Johnson, 1999). Idag används dessa teorier för att förstå hur vi förstår allt från nyhetsmedia och politik till bilder och grammatik. Inom teknikdidaktiken har Larsson och Stolpe (2023) använt dessa perspektiv för att studera hur lärare förstår sin egen undervisning samt hur mycket av lärares språk som utgår från tekniska konventioner (till exempel loop, köra program, eller hoppa mellan rader) (Stolpe & Larsson, 2023). Även McGarr (2022) har använt sig av liknande metoder för att studera hur lärare ser på elevers lärande i programmeringsundervisning.

Konceptuell förståelse

Om nu konceptuella metaforer är ett sätt att förstå på vilket sätt elever och lärare tar till sig kunskap så öppnar begreppet konceptuell förståelse upp för studier av hur kunskap kan komma till uttryck i exempelvis en undervisningssituation. Ofta försöker man göra kunskapen mätbar för att på så vis – givetvis något hårdraget – komma fram till slutsatser på hur väl elever eller lärare har lärt sig något. En central aspekt i denna typ av studier är våra olika sätt att använda oss av språk. Exempelvis avslöjar ett uttryck så som ”hjärtat pumpar runt blodet i kroppen” att vår förståelse om kroppen utgår från vår förståelse av en maskin. Det finns också exempel där förståelse för tekniken utgår från förståelsen av vår egen kropp, exempelvis när en dator beskrivs i termer av en hjärna eller att vi kan kommunicera med datorer med hjälp av ett språk (Larsson, 2023). Det kan alltså finnas anledningar att fortsätta att studera dessa frågor för att förstå hur exempelvis användningen av tekniska artefakter påverkar elever och lärares förståelse för de mer abstrakta aspekterna av undervisningens innehåll samt vilken typ av förståelse för teknikens kunskap som kommer till uttryck i görandet.

[5] Metaforer kallas ibland för bildspråk och kan beskrivas som de tillfällen där vi pratar om något helt annat än vad vi egentligen menar.

[6] Det finns en mängd liknande uttryck att studera, men av utrymmesskäl tas dessa inte upp här. Vill du veta mer så kan du studera…

Informationsprocessteori

Som namnet antyder bygger informationsprocessteori på en jämförelse mellan hjärnans strukturer och funktioner å ena sidan och datorns delar och processer å den andra; en analogi som hjälper oss att ”se” att hjärnan (1) har en begränsad förmåga att ta till sig information (som arbetsminnet i en dator), (2) har en begränsad förmåga att processa information (precis som processorn i en dator) samt (3) har en begränsad förmåga att ta till sig olika typer av information (precis som datorns möjligheter att ta in ljud, ljus, etc.). Precis som det krävs datorkraft för att processa information så kräver varje samtal, varje teorigenomgång och varje skoluppgift en viss mängd kraft – så kallad kognitiv belastning. Den kognitiva belastning som krävs för att lösa en uppgift brukar kallas för en yttre kognitiv belastning och så länge den håller sig inom ramen för vad hjärnan kan hantera så är utsikterna för att vi ska kunna lösa en uppgift ganska goda; kan vi sedan dela upp belastningen i mindre delar så växer chanserna dramatiskt. Våra kognitiva begränsningar kan vi egentligen inte göra mycket åt. Däremot kan vi utnyttja hjärnans förmåga att ”parallellprocessa” olika typer av information till vår fördel med hjälp av så kallad kognitiv avlastning (Paas m.fl., 2004).

Ett exempel där kognitiv avlastning får stor betydelse är när vi ska förstå resultatet av olika siffermängder så som ett hållfasthetstest; om vi bara skulle få det presenterat för oss i siffror så skulle vår hjärna överbelastas relativt snabbt, men om vi däremot får siffrorna representerade i en graf så kan hjärnan ”lägga över” en del av den kognitiva belastningen på den del av hjärnan som processar visuell information. Om vi sedan kan lyckas överföra en del information i ord så kommer ytterligare en av hjärnans strukturer att sättas i arbete och ännu mer av vår ”processorkraft” kan ägnas åt att lösa själva uppgiften – att förstå vilken praktisk betydelse hållfastheten i en balk kan ha för en brokonstruktion.

Funktionella och multimodala perspektiv på språk

De mer funktionella perspektiven på språk intresserar sig för språkets ”uppgifter” snarare än ordens och uttryckens betydelse i sig – alltså alla de överenskommelser och konventioner som används för att en ”informationsöverföring” ska kunna vara möjlig. Eftersom människan är relativt bra på att hitta på sätt att överföra information så innebär detta att de funktionella perspektiven på språk behöver avgränsa sitt intresseområde. Exempelvis brukar inte studier av grammatik intressera sig allt för mycket för språket som helhet, medan studier av vilka språkliga resurser elever kommunicerar sin konceptuella förståelse med kräver ett mer tillåtande synsätt på vad som är språk. Ett vanligt förekommande uttryck i det senare är multimodalitet – alla de tillfällen där exempelvis tal, ljud, lukter, kroppsspråk – så kallade semiotiska resurser – integreras till ett enhetligt ”budskap” (Van Leeuwen, 2011). Ett tydligt exempel där verbalt och icke-

verbalt språk kombineras till en hel berättelse är serietidningen; och det är också här som den moderna multimodalitetsforskningen tog fart.

Ett sätt att förstå multimodalitetens betydelse för teknikundervisningen är att utgå från begreppet representation. Göransson (2024) beskriver begreppet som ett samlingsbegrepp som kan innehålla allt från komplexa simuleringar av förlopp till skrivna instruktioner och ritningar. Även olika symboler så som programkod, bokstäver, färger eller kopplingsscheman kan ses som representationer av något. Att anlägga ett multimodalt perspektiv på språk gör det också möjligt att tala om olika typer av re-representationer – alternativa sätt att kommunicera och försöka förstå samma fenomen. Ett sådant exempel det hållfasthetstest jag nämnde tidigare där mätvärden (en numerisk representation av ett förlopp) blir till funktioner i en graf (en visuell representation av samma förlopp). Det finns egentligen ingen bestämd ”regel” som säger att mätvärdena måste presenteras på ett visst sätt så vi kan välja att beskriva testet som siffror i en tabell eller som enskilda punkter i ett koordinatsystem – punkter sedan skulle kunna generaliseras till en matematisk formel som skulle kunna gå att använda för att förutse vilken last en annan typ av konstruktion kan bära. Ett annat fall där re-representationer spelar en viktig roll kan hämtas från arkitektvärlden där kundernas abstrakta husdrömmar (talat språk) ska kunna överföras till så pass detaljerade ritningar så att en mängd olika yrkesgrupper ska kunna bygga huset och koppla samman med redan befintliga el-, vatten och avloppssystem (visuella representationer). Re-representationer kan på så sätt bli till en ”brygga” mellan olika människors sätt att tänka, och ett sätt för experter och lekmän att förstå varandras respektive kompetenser.

Från det individuella till det kollektiva och tillbaka igen

Att språk är något individuellt råder det inget tvivel om. Detta märks inte minst när det kommer till experters sätt att använda ämnesspecifika ord och andra olika konventioner (ritningar, kopplingsscheman, etc.) i sitt arbete. Experten kan dessutom ofta anpassa sitt språk till olika tillfällen vilket exempelvis elever sällan klarar av. Expertens språk innehåller ofta mer vardagsnära metaforer (tankefigurer) än det språk som lekmän använder sig av (Cameron, 2008). De kognitiva och funktionella perspektiven på språk erbjuder flera förklaringsmodeller till detta. Dels handlar det om att de så kallade språkliga konventionerna – den typ av språk som används för kommunikation inom exempelvis en yrkesgrupp – processas ”effektivare” än annan information. Det gör att en van talare inte behöver belasta hjärnan lika hårt för att hitta de ”rätta” orden eller symbolerna. Dessutom behöver inte experten tänka i så många steg för att förklara ett fenomen som nybörjaren behöver. Tillsammans gör detta att den kognitiva belastningen hos experten blir lägre än den hos nybörjaren. Faktum är att hjärnan

till och med ändrar sin form baserat på hur och i vilken omgivning vi använder vårt språk (Müller, 2009). På så vis är alltså språk något som förändrar både oss själva och vår omgivning… samtidigt!

Vad får detta för konsekvenser för teknikundervisningen?

Hur kan vi då använda oss av vår kommunikationsmodell och de teoretiska perspektiven ovan? Jo, ett är att använda de kognitiva perspektiven på språk som ett verktyg för att studera språkets form – något som ofta görs inom ramen för informationsprocessteori. De funktionella och multimodala perspektiven kan sedan fungera som ett sätt att förstå hur ett visst medium kan påverka kommunikationen i klassrummet vilket jag här kommer att diskutera i termer av ämnesdisciplinär litteracitet.

Att undvika kognitiv överbelastning

Tidigare beskrev jag möjligheterna att utnyttja hjärnans förmåga att hantera olika typer av information i olika strukturer och därmed frigöra nödvändig ”processorkraft” för att lösa en arbetsuppgift. Ett tydligt exempel på när man vill väl men det blir fel hittar vi ofta i matematiken. Tänk dig en helt vanlig mattebok där eleven arbetar med att beräkna längden på en sida av en rätvinklig triangel. I boken finns en visuell representation av en triangel, några mått på triangelns sidor, en text som beskriver triangeln, ett par begrepp samt en problemformulering. Problemet med denna situation (till skillnad från fallet med hållfasthetstestet) är att eftersom samtliga representationer i matteboken representerar mer eller mindre samma sak (om än i olika modaliteter) så kommer inte de olika representationerna resultera i en avlastning av den kognitiva belastningen (Bobis m.fl., 1993). Snarare så bidrar dessa överflödiga ”sätt att säga samma sak” till att fylla hjärnans med information och förhindra att mer information kan processas. Försöket att utnyttja olika semiotiska resurser på ett klokt sätt har alltså misslyckats. I teknikundervisningen kommer eleverna hela tiden att stöta på tillfällen där olika representationer och modeller (se även Norströms kapitel) används parallellt och i sådana fall blir det viktigt att se till att dess kompletterar varandra.

Att skapa kontinuitet

Teknikämnet har, precis som alla andra skolämnen, sitt eget ämnesspråk, tankesätt och aktiviteter som i sin tur påverkar hur vi förstår ämnet. Shanahan och Shanahan (2008) kallar dessa mer eller mindre specialiserade egenskaper för ämnesdisciplinär litteracitet. Forskning har visat att detta är något det finns relativt lite av i de tidiga skolåldrarna, men som blir alltmer påtaglig vartefter tiden går. Av den anledningen är det helt rimligt att gränsdragningarna mellan olika skolämnen är tämligen otydliga i skolans tidiga år samtidigt som man kan förvänta sig en tydligare specialisering mot slutet av grundskolan – det är alltså helt naturligt att elever i de lägre skolåldrarna inte kommer ha tillgång till det mer ämnesspecifika språk som man kanske förväntar sig när de når högstadiet.

Även arbetsmiljön kan skilja sig mycket mellan grundskolans tidigare och senare delar. Exempelvis är det långt mycket vanligare att lärare i högstadiet har tillgång till en specialiserad tekniksal än mellanstadielärare. Samtidigt väljer lärare i högstadiet att utforma egna läromedel i sin undervisning medan mellanstadielärarna lutar sig på inköpta läroböcker (Stolpe & Larsson, 2024). Om denna växling i teknikundervisningens karaktär blir allt för plötslig finns det risk att eleverna upplever en diskontinuitet (Wilder & Lillvist, 2018) som kan leda till en känsla av att alltid få ”börja om” igen. Det finns givetvis flera olika sätt att få stöd i att skapa kontinuitet i teknikundervisningen. Dels ger skolans alla styrdokument en riktning i vad som var och vad som komma skall, dels kan en bok som denna vara ett stöd. Utöver detta finns en stor mängd forskning som kan ge stöd på vägen. Ett sådant exempel är Nordlöf (2022) som tillsammans med kollegor erbjuder en modell för att förstå teknikundervisning ur ett filosofiskt perspektiv eller forskarna Tang och Williams (2019) som studerar hur den ämnesdisciplinär litteracitet kan se ut i relation till de så kallade STEM-ämnena.

Att röra sig från (språk)teori till teknikundervisning

I den här texten har jag försökt att visa hur olika teoretiska perspektiv på språk och kommunikation kan bidra till en ökad förståelse för varför det ”blir som det blir när vi gör som vi gör” i klassrummet, men verkligheten är långt mer komplicerad än så och det finns inga teorier i världen som kan förutspå hur dina idéer kommer att landa i klassrummet. Det råder exempelvis inga tvivel om att hjärnans förmåga att processa information är begränsad. Hur begränsningarna är beskaffade varierar däremot från person till person. Likaledes kan vi anta att vårt språk utvecklas i interaktion med omgivningen, men trots det – eller kanske just därför – så kan vi inte förutspå utifrån vilka erfarenheter en individ förstår ett visst fenomen. Dessvärre är det inte heller lätt att entydigt hitta evidens för vilken representationsform som fungerar bäst för hela klassen i just detta nu. Det kan därför vara klokt att betrakta teorier som en uppsättning tumregler att

använda i ett systematiskt utvecklingsarbete, där du blir den som tar reda på hur du anpassar teknikundervisningen för just dina elevers förutsättningar – och varför då inte börja med att fundera över det där med vilka representationsformer som är viktiga i relation till ämnesdisciplinär litteracitet och hur dina kunskaper om kognitiv avlastning kan bli till ett verktyg när du planerar din nästa lektion. På så vis kan denna, och bokens övriga texter bli ett sätt för dig att öka din förståelse för din egen praktik och fortsätta att utvecklas som lärare.

Författarpresentation

Andreas Larsson är filosofie doktor i teknikens didaktik och arbetar som postdoktor vid Linköpings universitet. Hans forskning handlar för tillfället om tekniklärares förutsättningar för att bedriva undervisning samt hur artificiell intelligens kan komma att påverka det mänskliga språket i utbildningssammanhang. Andreas är också föreståndare för Nationellt centrum för naturvetenskapernas och teknikens didaktik (NATDID).

Referenser

Bobis, J., Sweller, J., & Cooper, M. (1993). Cognitive load effects in a primary-school geometry task. *Learning and instruction*, *3*(1), 1-21.

Cameron, L. (2008). Metaphor and talk. *The Cambridge handbook of metaphor and thought*, *197*, 211.

Göransson, A. (2024). Representationer i biologiundervisningen. I A. Larsson, A. Göransson, & A. Berglund (red.), *Biologididaktik för lärare - Exempel från forskning och skolpraktik* (Vol. 8, s. 107-118). LiU e-press.

Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago: Univ. of Chicago Press, 1980.

Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh: the embodied mind and its challenge to Western thought*. New York: Basic Books, 1999.

Larsson, A. (2023). *Metaphor in mind - Programming teachers' knowledge and beliefs in action* Linköping university].

Larsson, A., & Stolpe, K. (2023). Exploring the Metaphoric Nature of Programming Teachers' Reflections on Action - A Case Study with Teaching in Mind. *International Journal of Technology and Design Education*.

McGarr, O. (2022). 'Hitting a brick wall': using conceptual metaphorical theory to explore teachers' conceptions of learning in Computer Science. *Teaching Education*, 1-14. https://doi.org/10.1080/10476210.2022.2109623

Müller, C. (2009). *Metaphors dead and alive, sleeping and waking: A dynamic view*. University of Chicago Press.

Nordlöf, C., Norström, P., Höst, G., & Hallström, J. (2022). Towards a three-part heuristic framework for technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, *32*(3), 1583-1604.

Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2004). Cognitive load theory: Instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture. *Instructional science*, *32*(1/2), 1-8.

Shanahan, T., & Shanahan, C. (2008). Teaching disciplinary literacy to adolescents: Rethinking content-area literacy. *Harvard educational review*, *78*(1), 40-59.

Stolpe, K., & Larsson, A. (2023). "Vi går in och tittar i mappen"-En lärares språkliga strukturering av rumslighet i programmeringsundervisning:"Let's go look inside the folder"–A teacher's way of structuring spatiality when teaching programming. *Nordic Studies in Science Education*, *19*(2), 134-147.

Stolpe, K., & Larsson, A. (2024, 5-7 juni). *(Dis-)continuties between educational levels: classrooms and materials as prerequisites for technology education* NFSUN2024, Reykjavik, Iceland.

Tang, K. S., & Williams, P. J. (2019). STEM literacy or literacies? Examining the empirical basis of these constructs. *Review of Education*, *7*(3), 675-697. https://doi.org/10.1002/rev3.3162

Van Leeuwen, T. (2011). Multimodality. In *The Routledge handbook of applied linguistics* (pp. 668-682). Routledge.

Wilder, J., & Lillvist, A. (2018). Learning journey: a conceptual framework for analyzing children's learning in educational transitions. *European Early Childhood Education Research Journal*, *26*(5), 688-700. https://doi.org/10.1080/1350293X.2018.1522736

Modeller och modellering i teknik och teknikundervisning

Per Norström
Institutionen för lärande, Kungliga Tekniska högskolan (KTH)

Ordet modell är ett samlingsnamn för förenklade representationer av exempelvis produkter eller tekniska principer. Vissa modeller används för att visa utseendet hos en produkt, andra för att beräkna hållfasthet eller fastställa elektriska egenskaper, åter andra för att dokumentera en konstruktionsidé eller visa hur en funktion åstadkoms.

Tekniklärare använder modeller bland annat för att visa hur tekniska artefakter ser ut och system fungerar. Elever använder modeller för att få kännedom om tekniska lösningar, men också för att dokumentera och pröva idéer under teknikutvecklingsarbetet.

Modeller och modellering nämns i teknikämnets kurs- och ämnesplaner från lågstadiet till och med gymnasiet. På lågstadiet dominerar enkla bilder och fysiska modeller. Med åren blir modellerna mer abstrakta och mer komplexa. På gymnasiet bygger de ofta på matematiska och naturvetenskapliga kunskaper.

Det mångtydiga ordet modell

En kollega och jag roade oss med att fråga besökare till ett science education centre vad de associerade med ordet modell. Ett mönster visade sig snart: barnen tänkte på leksaksbilar och plastmodeller medan tonåringarna associerade till mannekänger och fotomodeller. Lärarna tänkte mer vetenskapligt och abstrakt. Flera av dem nämnde Bohrs atommodell som exempel.

Inom teknik och ingenjörsvetenskap brukar ordet modell tolkas mer precist. Många varianter har föreslagits inom produktutvecklingsmetodik, vetenskapsteori och teknikfilosofi. De skiljer sig åt i vissa detaljer, men har en gemensam kärna: En modell är en förenklad representation av ett fenomen. Denna korta beskrivning innefattar såväl barnens leksaksbilar som lärarnas atommodeller. En leksaksbil representerar fenomenet bil, men den har mer hanterlig storlek och saknar både motor och växellåda. Vad gäller färg, form och förmågan

att rulla liknar den dock en riktig bil. Bohrs atommodell har inga som helst utseendemässiga likheter med en riktig atom, men den kan i många sammanhang användas exempelvis för att förutsäga vilka atomer som kan sättas samman till molekyler.

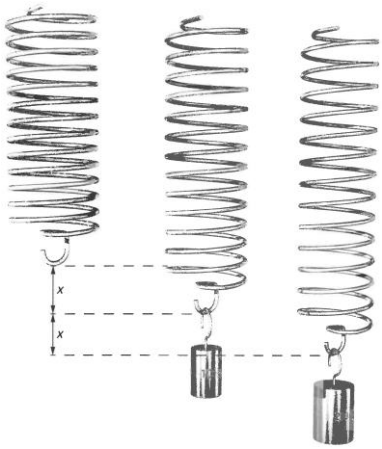
Då en modell är förenklad kan den aldrig vara sann eller utgöra en exakt avbildning av det fenomen den representerar. Modellen har i stället en uppsättning egenskaper som påminner om motsvarande egenskaper hos det representerade fenomenet. Det är bara om det är just dessa egenskaper man vill studera som modellen är användbar, inte annars. Leksaksbilen kan användas om man vill veta hur en bil ser ut, men den är oanvändbar för krocktester. Med grundläggande kemikunskaper kan man se att en natriumatom, ritad enligt Bohrs metod, är väldigt reaktiv. Man kan också med modellens hjälp räkna ut hur mycket atomen väger. Om man däremot vill veta hur ämnet natrium ser ut är modellen inte till någon hjälp.

Inom både teknik- och naturvetenskap måste man därför använda olika slags modeller. Man väljer typ av modell efter vilka egenskaper man är intresserad av att undersöka eller illustrera. Grunden för att förstå modeller är att förstå skillnaden mellan modellen och fenomenet: Modellen är inte fenomenet, men om den är väl vald kan den ändå lära oss något om det. Samma fenomen kan modelleras på olika sätt, vilket ibland kan vara förvirrande för elever. I grundskolans kemiböcker ritas atomer som små planetsystem. I grundskolans fysikböcker tenderar de däremot att vara kulor. I gymnasiets teknikböcker är de också kulor, men kulor som sitter ihop med pinnar i (ofta rätvinkliga) gallerverk. De fenomen som representeras – atomerna – är givetvis likadana. Man har dock valt olika modeller som betonar olika egenskaper hos dem. I högstadiekemin bryr man sig mest om vilka atomer som kan sättas samman till molekyler. Då fungerar Bohrs modell bra. I högstadiefysiken är atomer och molekyler något som vibrerar när fasta material blir varma eller studsar runt i slutna rum och åstadkommer gastryck. Båda delarna kan illustreras med kulor. I gymnasiets teknikböcker vill man visa hur järn- och kolatomer samsas i stål eller hur dislokationer påverkar metallers mekaniska egenskaper. Det görs enkelt med kulor och pinnar.

Modellers begränsningar

Även ganska unga elever förstår att en husmodell av papp i skala 1:20 inte har samma egenskaper som ett riktigt hus. Med lite ansträngning kan de också ge exempel på tillfällen när pappmodellen är användbar för den som vill lära sig något om hus (om man vill veta hur ett hus ser ut, hur vinden blåser runt det eller huruvida det får plats på tomten) och när den inte är det (om man vill bedöma brandsäkerheten eller hållfastheten).

I högre åldrar kan eleverna själva få upptäcka givna modellers begränsningar. Frid och Henderson (2022, s. 265; se figur 1) skriver om en skruvfjäder (i texten kallad ”spiralfjäder”) och hur den ”töjs i förhållande till hur stor kraft som drar i [den]. En 200 g-vikt förlänger alltså fjädern dubbelt så mycket som en 100 g-vikt.” Detta är en modell med tydliga (men outtalade) begränsningar. Vem som helst inser att om man hängde på 2 000 kg så skulle fjädern inte töjas 10 000 gånger mer än för 200 g, utan gå av. Modellen förutsätter att töjningen är proportionell mot lasten och upphör att gälla så snart fjädern börjar deformeras plastiskt, långt innan den går av.



Figur 1. En skruvfjäder belastad med 0, 100 resp. 200 g yttre last (ur Frid & Henderson, 2022, s. 265).

I vissa teknikböcker (ex. Sjöberg, 2011; Frid, 2017) och många fysikböcker finns skisser av elektriska kopplingar med en spänningskälla (vanligen ett batteri) som är parallellkopplad med en, två eller tre glödlampor. Texten berättar att det inte spelar någon roll för ljusstyrkan hur många glödlampor man kopplar in. Det händer dock att experimentlystna elever kopplar tio eller tjugo lampor parallellt med batteriet bara för att konstatera att de inte lyser alls. Varför det blir så ger läroböckerna ingen information om. Anledningen är att batteriet har en liten inre resistans, som är bortplockad ur modellen. Så länge man bara kopplar in två eller tre lampor blir strömmen så svag att den inre resistansen kan försummas. Med fler parallellkopplade lampor blir strömmen större och den inre resistansen gör att polspänningen sjunker märkbart. Med två inkopplade lampor fungerar lärobokens modell bra, med tio blir den oanvändbar. Alla modeller har begränsade användningsområden. Om man går utanför dessa kan resultaten bli missvisande och/eller oanvändbara.

Modellers syfte, användning och informationsinnehåll

Modeller är främst arbetsredskap. Olika modelltyper har olika användningsområden och olika begränsningar. Att känna till dem är en förutsättning för att förstå både elevers och lärares modellanvändning. Att ta in ett vattenkraftverk eller hela internet i klassrummet är av lätt insedda skäl omöjligt. En skiss som beskriver vattenkraftverkets delar eller ett blockschema som visar hur en mindre del av internet är uppbyggt är däremot möjligt att presentera för eleverna. Under elevers teknikutvecklingsarbete skapar och använder de modeller för att kommunicera, dokumentera, pröva idéer med mera. Det kan vara sådant som skisser, ritningar, fysiska modeller eller simuleringar.

Modeller kan delas in på många olika sätt. Att utgå från formen är det enklaste: fysiska modeller utgör en typ, matematiska formler är en annan och så vidare. Det är ett lättbegripligt och rättframt sätt att klassificera dem. Ur ett undervisningsperspektiv är det dock ofta intressantare att dela in modellerna efter hur de kan användas, vilken typ av information de bär på eller vilka slutsatser man kan dra med deras hjälp. Indelningen nedan är gjord på den grunden. Kategorierna är inte ömsesidigt uteslutande; det är fullt möjligt för en undervisningsmodell att tillhöra flera kategorier.

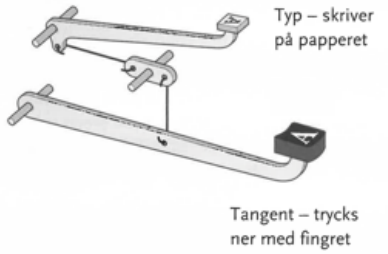
Beskrivande modeller

En modell som visar några egenskaper hos fenomenet, men inte nödvändigtvis säger något om varför det har de egenskaperna eller vad som skulle hända om de förändrades. Avbildande modeller tillhör denna kategori. Leksaksbilen i inledningen visar att bilen är röd och har fyra hjul, men inte varför.

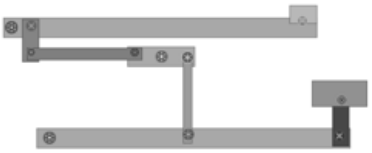
Förklarande modeller

Förklarande modeller är en undergrupp till beskrivande modeller. De förklarande utmärks av att de innehåller information om något slags samband, hur ett fenomen eller en sak påverkar något annat. ”Brödrosten blir varm” är enligt detta synsätt inte förklarande, utan bara en beskrivning av ett sakförhållande. ”Brödrosten blir varm för att det går en elektrisk ström genom dess värmeelement” är däremot förklarande. Påståendet beskriver ett samband mellan strömmen och värmen, att strömmen ger upphov till värmen. Verbala förklaringar innehåller typiskt en konjunktion av typen ”för att”, ”eftersom” eller liknande.

I tekniklärоböcker för grundskolan förekommer ofta förklarande modeller. Figurer som visar hur mekaniska konstruktioner är uppbyggda är vanliga, exempelvis hur en hävstång påverkar ett länkarmssystem som får något att röra sig. Detta visas i figur 2, som återger en enkel perspektivskiss vilken visar hur nedtryckandet av en tangent på en mekanisk skrivmaskin får en typ att slå mot papperet. Med dess hjälp är det lätt att förstå funktionsprincipen, att *förklara* hur en tangenttryckning ger upphov till en bokstav på papperet. Med lite tankeverksamhet kan man även inse att typen kommer att röra sig fortare än tangenten. Detta kan även illustreras med hjälp av en animation. Figur 3 visar en tvådimensionell modell av samma länkarmssystem, utförd i fysiksimulatorn Agodoo. Med datormusens hjälp kan man trycka ner tangenten och se typarmen röra sig på skärmen.



Figur 2. Länkarmssystem för tangent och typ på en mekanisk skrivmaskin (ur Sjöberg, 2011, s. 60).



Figur 3. Länkarmssystem för tangent och typ på en mekanisk skrivmaskin, modellerad i Algodoo.

Prediktiva modeller

Prediktion betyder förutsägelse. En prediktiv modell är följaktligen en modell som kan användas för att förutsäga vad som kommer att hända om en särskild händelse skulle inträffa. I många fall kan förklarande modeller också användas för prediktion. Figur 2 och 3 visar inte bara varför det blir bokstäver på papperet, utan även vad som kommer att hända om jag trycker ner tangenten en gång till.

Det finns dock modeller som kan användas för att förutsäga händelser utan att de förklarar varför. Ett tydligt exempel är de ”svarta lådor” som används i systembeskrivningar och -analyser (se även Svensson & Cederqvists kapitel). Där utgörs modellen av ett slags beskrivning av vilken ”output” som blir resultatet av en viss ”input” (insignal eller påverkan av annat slag), utan att man talar om hur funktionen är implementerad. Man kan till exempel beskriva en utväxling som en svart låda: ”Varvtalet på utgående axel är 2/3 av varvtalet på inkommande”. Givet varvtalet på ingående axel kan man då predicera hur snabbt den

utgående kommer att rotera, utan att ha en aning om växelns uppbyggnad. Ett annat exempel är en graf som visar hur strömmen genom en diod beror av spänningen. Man kan använda den för att förutse spänningen om man vet strömmen eller vice versa. Den innehåller däremot ingen förklaring av varför det blir som det blir, varför förhållandet är olinjärt.

Funktionella modeller

En funktionell modell (eller prototyp) karaktäriseras av att den har någon eller några funktioner gemensamma med det fenomen som den representerar. En funktionell modell kan typiskt karaktäriseras som beskrivande, förklarande och/eller prediktiv, men fungerar också i åtminstone något avseende på samma sätt som det fenomen – den produkt, komponent eller lösningsprincip – den representerar. En funktionell modell av värmeelementet till en brödrost alstrar värme när det går ström genom den. Modellen är förmodligen gjord av samma material som den verkliga brödrostens element, men behöver inte se likadan ut eller vara lika stor.

Preskriptiva modeller

En preskriptiv (föreskrivande) modell beskriver ett ideal eller en regel att rätta sig efter. I teknikundervisningen förekommer ofta olika typer av instruktioner eller processmodeller för hur arbetet ska organiseras. Man ska ha en projektledare, en ritningsansvarig etcetera. Arbetet ska inledas med ett idékläckarmöte som resulterar i en specifikation. Några lösningsförslag tas sedan fram och prövas mot specifikationen. Och så vidare. Den idealiserade beskrivningen av arbetsprocessen är en preskriptiv modell. Den liknar verkligheten i många avseenden, men sällan i alla.

Modeller i teknikämnet

I teknikämnet är modeller både ett ämnesinnehåll och ett undervisningshjälpmedel. Eleverna ska lära sig att både skapa och använda modeller, vilket är ett innehåll. Dessutom används modeller för att bidra till lärandet inom andra områden: ett blockschema ger kunskap om hur ett kärnkraftverk är uppbyggt, en fackverksmodell visar hur form påverkar hållfasthet och en sprängskiss visar hur en bilmotor ser ut inuti. Kurs- och ämnesplanerna, liksom de officiella kommentarmaterialen, beskriver att elever ska lära sig att både skapa och använda olika typer av modeller. I vissa fall nämns ordet modell, medan det i andra handlar om tolkning.

Grundskolans teknikämne är obligatoriskt för alla elever. Det ska lägga grunden för den tekniska bildning som alla människor behöver – de tekniska kunskaper och färdigheter som krävs för att klara vardagslivet och kunna delta

i samhällsdebatten. Det ska också förbereda för fortsatta studier. Gymnasieskolans teknikämne är inte för alla, utan för dem som har valt det. Det har en delvis annan inriktning med ett tydligare fokus på framtida teknikstudier och ett tekniskt yrkesliv.

I grundskolan nämns modeller explicit i samband med dokumentation av tekniska lösningar. Eleverna ska arbeta med skisser, enkla ritningar samt fysiska och digitala modeller. I kommentarmaterialet nämns även att modeller, ritningar och beskrivningar används i och kan vara resultatet av elevers teknikutvecklingsarbete. Modellerna kan vara av olika slag, som arkitektmodeller och funktionsmodeller. I läroböcker och lärarhandledningar avsedda för grundskolan dominerar visuella, beskrivande modeller. Även en del symboliska modeller förekommer dock, exempelvis kopplingsscheman.

I gymnasieskolans ämnesplan i teknik återkommer modeller och modellering flera gånger. Modeller nämns uttryckligen i samband med teknikutvecklingsprocessen, men också i andra sammanhang. Eleverna ska lära sig att skapa och använda digitala, fysiska och matematiska modeller. Förutom explicita omnämnanden av modeller och modellering förekommer också implicita i samband med sådant som ritningsläsning, CAD (från engelskans computer-aided design), visualisering och teknisk kommunikation. Modellanvändning och modelleringsprocessen lämpar sig också väl att studera tillsammans med andra ingående teman, exempelvis mätteknik.

Gymnasieskolans teknikämne har större inslag av matematisk modellering och tillämpad naturvetenskap än grundskolans. Detta avspeglas också i de modeller som används i läroböcker och kommentarmaterial. Grafer, formler, blockscheman och liknande ersätter föreställande modeller.

Progressionen i elevernas kunskaper och färdigheter vad gäller modeller och modellanvändning syns alltså i flera dimensioner, bland annat följande:

- *Från vardagsnära fenomen till mer ovanliga*: Kurs- och ämnesplanernas exempel om funktion, med ”*några föremål i elevernas vardag*” i åk 1–3 och pneumatiska och hydrauliska system i Teknik 2 på gymnasiet (Skolverket, 2022a, s. 258 resp. Skolverket, u.å.).
- *Från konkreta fenomen till abstrakta*: Från vardagsföremål och lekredskap på lågstadiet till globala kommunikations- och transportsystem på högstadiet (Skolverket, 2022a, s. 257 resp. 259).

- *Från konkreta modeller till abstrakta*: Från ler- och pappmodeller på lågstadiet till gymnasieskolans matematiska formler för balkböjning eller effektberäkning (Skolverket, 2022b, s. 21, resp. Skolverket, u.å.).

- *Från enkla modeller till mer komplicerade*: Från en planritning över ett hus som bara visar väggar, dörrar och möbler på lågstadiet till gymnasieböckernas ritningar där VVS- och elinstallationer ingår och väggarnas isolering markeras (nämnda exempel från Sjöberg, 2003, s. 13, resp. Nyberg, 2011, ss. 86–88).

Vad händer i klassrummet?

Tekniklärare på högstadiet använder modeller för att förklara tekniska fenomen och funktionen hos tekniska artefakter. Modellerna kan vara både fysiska och digitala (Brink m.fl., 2021; Citrohn & Svensson, 2022) och efter behov exempelvis beskrivande, preskriptiva eller funktionella. Hur lärare och elever ser på modeller, förhållandet modell–verklighet eller gränserna för modellers användbarhet har ännu inte studerats i någon större utsträckning inom det teknikdidaktiska området.

Hur ser det ut i läromedlen?

Modeller av olika slag finns med i de förlagsutgivna läroböcker för teknikämnet som finns. Tydligast är det i kapitlen om ritteknik och projektarbete. Utvecklingsprojekt börjar ofta med en enkel skiss som används som diskussionsunderlag när man ska välja lösningskoncept. Denna följs av mer detaljerade ritningar och slutligen något slags fysisk modell. Vanligen är det bara den fysiska modellen som kallas för modell, medan modellegenskaperna hos de tvådimensionella avbildningarna inte kommenteras.

Modelleringsprocessen

Att skapa en modell som är så enkel som möjligt, men ändå uppfyller de krav man ställer på den, är en svår konst. Kanske behöver man inte göra en komplicerad analytisk lösning. Det kan räcka med en prediktiv modell i form av en graf, skapad utifrån mätvärden. Hur mycket detaljer om funktionen som behövs på en ritning varierar. Om den främst ska visas för andra medlemmar i samma projektgrupp, som känner till sammanhanget, kanske det räcker med en skiss som visar utseendet och storleken.

Att modellera, att skapa en modell, kan beskrivas i en serie steg (Norström & Hallström, 2023). Gränserna mellan dem är inte särskilt skarpa. De behöver inte nödvändigtvis genomlöpas i den ordning de nämns här. I verkligheten måste man ofta gå fram och tillbaka och ta om några av stegen, särskilt om det

är en komplicerad modell. De sju huvudsakliga stegen är identifiering, isolering, förenkling, validering, implementering, verifiering och presentation:

1. *Identifiering*: Välj vilket fenomen som ska modelleras och för vilket syfte.
2. *Isolering*: Välj ut de egenskaper hos fenomenet som ska representeras i modellen.
3. *Förenkling*: Ta bort det som är onödigt. Förenkla sedan återstoden så att modellen blir hanterbar utan att den blir missvisande (t.ex. försumma friktion, resistans eller värmeutvidgning; se tredimensionella fenomen som tvådimensionella; betrakta material som homogena eller gaser som ideala). En annan typ av förenkling är överdriften, som gör det enklare att uppfatta vad som händer. Exempelvis avbildar Citrohn och Lovén (2022, s. 28) en balkong av betong. På den står en pojke, vars tyngd får balkonggolvet att böja sig. Balkongens nedböjning är på bilden (modellen) ungefär lika stor som avståndet mellan golvet och pojkens ankel. Nedböjningen är kraftigt överdriven för att man tydligt ska kunna se att det blir dragkrafter på balkonggolvets ovansida och tryckkrafter på undersidan. I bildtexten poängteras att nedböjningen är överdriven.
4. *Validering*: Kontrollera att den tänkta modellen verkligen efterliknar fenomenet med avseende på rätt egenskaper.
5. *Implementering*: Skapa modellen på lämpligt sätt: rita, bygg, skapa en formel eller liknande. Välj den enklaste modelltyp som räcker för att visa de önskade egenskaperna hos fenomenet. Om det bara handlar om att visa ett utseende kanske en ritning eller en enkel CAD-modell räcker. Spara i så fall leran, glasspinnarna och smältlimmet till de tillfällen då en tredimensionell struktur behövs.
6. *Verifiering*: Om fenomenet existerar jämför man dess reaktioner med motsvarande hos modellen i några olika fall. Om fenomenet inte existerar – typiskt för att det är en produkt under utveckling – blir verifieringen svår. Använd om möjligt en snarlik produkt, en tidigare version eller liknande. Om det inte går kan man samla en referensgrupp och låta dess medlemmar granska modellen och jämföra den med en beskrivning av det verkliga fenomenet.
7. *Presentation*: I många fall ska modellen presenteras. Det kan vara en prototyp (funktionell modell) som ska visas för företagsledningen eller ett konstruktionsförslag som ska delges projektgruppen. Ofta behövs tilläggsinformation och något slags intresseväckande och pedagogisk inramning.

Tabell 1. Exempel på lärares modelleringsprocesser i teknikundervisningen på mellanstadiet och i gymnasieskolan

Fas	Modellering av en bil i gymnasieskolan	Modellering av en bil på mellanstadiet
Identifiering	Bilen ska tjäna som exempel när man studerar mekaniska transmissionssystem för energiöverföring. En någorlunda modern bil med manuell växellåda får tjäna som exempel.	En äldre bil utan servostyrning ska användas som exempel när man studerar föremål med rörliga delar som används för att överföra och förstärka krafter.
Isolering	Växellådan ska modelleras. Motorn betraktas som en ”svart låda”. Det enda man bryr sig om är att den får vevaxeln att rotera. Växellådans utgående axel får på något sätt hjulen att snurra, men modellen visar inte hur.	Läraren vill visa hur en rotationsrörelse hos ratten gör att framhjulen vrider sig.
Förenkling	I första skedet avbildas växellådan och dess kugghjul i två dimensioner. När den tänkta växelspaken rör sig kommer olika kugghjul med olika antal kuggar att gå i ingrepp, vilket ändrar utväxlingen. När eleverna har förstått hur det fungerar används en sprängskiss för att visa hur det ser ut i verkligheten. Sprängskissen visar växellådans viktigaste delar med de snedskurna kugghjul som behövs för två växlar. Den är vidare förenklad genom att synkroniseringsutrustning, smörjolja och andra besvärligheter utelämnats.	Ratt, rattstång, kuggstång, styrleder och hjul behålls, men inte så mycket mer.
Validering	Syftet var att ge exempel på en mekanisk transmission. Växellådan är en del av en sådan transmission och förändrar både varvtal och vridmoment. Eleverna kan beräkna utväxling, effekt med mera med dess hjälp.	Syftet var att visa hur rörliga delar kan användas för att överföra och förstärka krafter. Det gör det angivna exemplet. Det utgör också ett exempel på ett tekniskt föremål som finns i många elevers vardag, vilket också nämns i teknikämnets centrala innehåll.
Implementering	Med hjälp av ett enkelt cad-program skapas en tvådimensionell bild av en växellåda med kugghjul av olika storlek. Kuggtalen är låga. Man kan enkelt räkna kuggarna för att sedan beräkna utväxlingen. En cad-modell i 3D av en bilväxellåda hämtas från en webbplats för bilentusiaster. De kugghjul som behövs för två växlar behålls medan övriga raderas. Därigenom blir det lättare att se funktionsprincipen.	En förenklad styrinrättning med styrleder, kuggstänger och ratt byggs av Lego eller med hjälp av en Meccanoliknande materialsats.
Verifiering	Titta, räkna, tänk. Verkar det stämma?	Snurra på ratten. Vrider sig hjulen?
Presentation	Växellådan presenteras som en del i drivlinan till en bil. En skiss av en bil används för att visa dess placering. Motorn har läraren gått igenom förut.	Den fysiska modellen visas tillsammans med en illustration ur en reparationshandbok. Bilden visar tydligt hur delarna sitter ihop och var de är placerade i en riktig bil.

Hur kan undervisningen om modeller och modellering läggas upp?

Modeller är viktiga hjälpmedel i många typer av tekniskt arbete. Att förstå vad modeller är – förenklingar med begränsade användningsområden – är avgörande för att förstå den tekniska verksamheten. Eleverna ska vänja sig vid att både använda och skapa modeller, vilket också beskrivs i kurs- och ämnesplanerna.

Elever är modellanvändare, men är inte alltid medvetna om det. Ibland är förenklingarna uppenbara. Ingen kan rimligen tro att en ritning av ett hus beskriver alla husets egenskaper. Ibland är de mer subtila och svåra att identifiera, särskilt om eleverna är obekanta med det verkliga fenomenet och/eller dess funktion. En hissmodell, avsedd för styrtekniska programmeringsövningar, har hisskorg, motor och knappar som de tänkta passagerarna kan använda för att beordra den till rätt våning (Hifa, u.å.). Den saknar dock dörrar, nödstopp och andra säkerhetsanordningar. Till skillnad från en vanlig person- eller varuhiss dras den inte av en lina, utan höjs och sänks med hjälp av en skruv. När elever arbetar med en sådan modell kan de lära sig mycket om styrning, men inte så mycket om verkliga hissar och deras uppbyggnad. De måste göras medvetna om detta. Kanske kan man inleda eller avsluta laborationen med en diskussion om vilka egenskaper hos en verklig hiss som finns representerade i modellen?

Elever som modellskapare

Elevers modellskapande kan läggas upp efter, eller åtminstone inspireras av, den sjustegsprocess som beskrivs ovan. Den strukturerade processen (en preskriptiv modell om man så vill) för modelleringsprocessen visar att det är fråga om ett både fysiskt och intellektuellt arbete. Om det första steget, identifieringen, tas på allvar kan det kommande arbetet underlättas. Vad ska modellen användas till? Det man bestämde i identifikationsfasen är också något att utvärdera den färdiga modellen mot: Kan den användas för det tänkta ändamålet?

Modeller i teknik och andra skolämnen

Utgångspunkten för detta kapitel, liksom för resten av boken, är ämnet teknik. Modeller används dock på liknande sätt även i andra ämnen. På senare år har idén om ämnesövergripande undervisning i teknik, matematik och naturvetenskapliga ämnen debatterats flitigt, ofta benämnt STEM (förkortning för engelskans science, technology, engineering, and mathematics). I integrerad STEM-undervisning kan modeller spela en nyckelroll. Detta då de modeller som används i naturorienterande och naturvetenskapliga ämnen ofta liknar dem som används i tekniken. De problem som man löser eller fenomen som illustreras

brukar dock vara av annat slag. De naturvetenskapliga frågeställningarna tenderar att vara allmänna (”Hur stark blir strömmen i elektriska kretsar?”) medan de tekniska ofta är partikulära och fokuserade på funktion och användbarhet (”Blir strömmen i just den här kretsen tillräckligt stark för att det ska fungera?”). En annan viktig skillnad är att de naturvetenskapliga modeller som används i skolan brukar representera sådant som existerar (atomer, krafter m.m.) medan de tekniska modellerna även kan representera sådant som ännu inte finns, exempelvis produkter som håller på att utvecklas. Undervisning där liknande modeller används för att lösa tekniska och naturvetenskapliga problem kan både leda till större förståelse för modellerna och för likheter och skillnader mellan olika STEM-ämnen.

Även inom samhällsorienterande och samhällsvetenskapliga ämnen används modeller som påminner om de tekniska. I samhällskunskaps- och geografiböcker finns kartor och kartliknande skisser över bland annat infrastruktursystem (ett slags beskrivande modeller). I historieböckerna finns bilder som visar ångmaskiner och mekaniska vävstolar i kapitlen om den industriella revolutionen. Sådana modeller kan tjäna som länk till undervisningen i teknik. Ångmaskinen ledde till omvälvande förändringar av produktionsförhållandena, men hur fungerade den egentligen? Vilka alternativ fanns? Vilka stora system krävdes för att ångkraften skulle kunna slå igenom? Sådana frågor kan knyta samman historieämnet med teknikämnet (se även Klasanders kapitel).

Fysiska modeller har ofta en viktig plats i teknikutvecklingsarbetet (se även Nordlöfs kapitel om teknikutvecklingsprocessen). Att skapa dem kräver ofta hantverksfärdigheter som ligger nära dem man traditionellt övar i slöjdämnet. Samordning med slöjden kan därför vara gynnsam. Om eleverna har lärt sig att såga, mäta och limma på slöjdlektionerna kan detta vara till nytta när de ska skapa trä- och pappmodeller i tekniken. Mer ingående samarbeten kan också vara möjliga då det finns uppenbara likheter mellan ”*slöjdarbetets olika delar*” och ”*teknikutvecklingsarbetets olika faser*” (Skolverket, 2022a, ss. 219–220 resp. 259–260). Ämnena har dock olika syften. Slöjdämnets essens är att utveckla hantverksfärdigheter och skapandet av fysiska föremål står i centrum. I teknikämnet är de fysiska modellerna hjälpmedel för förståelse, kommunikation, utprövning med mera. Modellerna utvärderas primärt utifrån deras användbarhet och hantverksfärdigheterna får stå i bakgrunden.

Författarpresentation

Per Norström är lektor i teknikens didaktik vid Kungliga Tekniska högskolan (KTH) i Stockholm.

Referenser

Brink, H., Kilbrink, N. & Gericke, N. (2021). Teaching digital models: secondary school teachers' experiences. *International Journal of Technology and Design Education*, *32*, 1755–1775. https://doi.org/10.1007/s10798-021-09659-5

Citrohn, B. & Lovén, K. (2022). *Stella teknik 7–9*. Natur och kultur.

Citrohn, B. & Svensson, M. (2022). Technology teacher's perceptions of model functions in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, *32*, 805–823. https://doi.org/10.1007/s10798-020-09632-8

Citrohn, B., Stolpe, K. & Svensson, M. (2023). The use of models and modelling in design projects in three different technology classrooms. *International Journal of Technology and Design Education*, *33*, 63–90. https://doi.org/10.1007/s10798-022-09730-9

Frid, J. & Henderson, F. (2022). *Teknik 1* [lärobok för gymnasiekursen Teknik 1]. Gleerups.

Hifa (u.å.). *Hissmodell*. https://hifa.se/styrteknik-automation/hissmodell/

Norström, P. & Hallström, J. (2023). Models and Modelling in Secondary Technology and Engineering Education. *International Journal of Technology and Design Education*, *33*(5), 1797–1817. https://doi.org/10.1007/s10798-023-09808-y

Nyberg, Y. (2011). *Teknik* [lärobok för gymnasiekursen Teknik 1]. Liber.

Sjöberg, S. (2003). *Grundbok teknik med fysik och kemi* [lärobok för åk 1–3]. Puls-serien. Natur och kultur.

Sjöberg, S. (2011). *Teknik* [lärobok för åk 7–9]. Puls-serien. Natur och kultur.

Skolverket. (2022a). *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet. Lgr 22*. Skolverket. https://www.skolverket.se/publikationer?id=9718

Skolverket. (2022b). *Kommentarmaterial till kursplanen i teknik – Grundskolan*. Skolverket. https://www.skolverket.se/publikationer?id=9801

Skolverket. (u.å). *Ämne – teknik* [kurs- och ämnesplaner för teknik i gymnasieskolan]. Skolverket. https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogrammen/amne?url=-996270488%2Fsyllabuscw%2Fjsp%2Fsubject.htm%3FsubjectCode%3DTEK%26version%3D2%26tos%3Dgy&sv.url=12.5dfee44715d35a5cdfa92a3

Verklighetsnära teknikundervisning

Charlotta Nordlöf
Institutionen för beteendevetenskap och lärande (IBL), Linköpings universitet

Verklighetsnära undervisning är undervisning som strävar efter att likna verkligheten – undervisning som är autentisk i förhållande till det som händer utanför skolan. Att göra undervisningen verklighetsnära kan skapa motivation och meningsfullhet, både för elever och för lärare.

Det går att göra undervisningen verklighetsnära på olika sätt genom att exempelvis välja verklighetsnära sammanhang, genom att lösa verkliga problem och genom att använda arbetssätt och metoder som också används utanför skolan.

Det är först när eleven upplever att undervisningen knyter an till livet utanför skolan som verklighetsnära undervisning lever upp till sitt namn. Lärare behöver därför sätta undervisningsinnehållet i ett sammanhang och ge eleverna förståelse för hur det som görs i skolan hör ihop med det omgivande samhället.

Skolan – en del av samhället och verkligheten

Skolan är en del av samhället och den verklighet vi lever i – en plats där elever och lärare spenderar stora delar av sin vardag. Sett till antalet lärare och elever så är skolan Sveriges största arbetsplats. Allt som görs i skolan ska på ett eller annat sätt förbereda eleverna för livet därefter. Samtidigt som skolan i högsta grad är en viktig del av verkligheten talas det ofta om att ta undervisningen utanför klassrummets väggar, med begrepp som autentiskt lärande eller verklighetsnära undervisning. Det är det perspektivet på undervisning som det här kapitlet ska handla om.

Jag har valt begreppet verklighetsnära undervisning för att inkludera olika former av undervisning som på något sätt strävar efter att medvetet närma sig och likna världen utanför skolan, antingen genom att ta steget utanför skolans väggar eller genom att lyfta in exempel från samhället och arbetslivet in i klassrummet. För att förklara hur begreppet verklighetsnära kommer användas ges i den här texten ett exempel på något som är verklighetsnära till relativt låg grad. Att räkna mattetal i en bok, som till exempel att lösa en sida fylld med olika

räkneuppgifter med det här upplägget: **5+2=** ____ , upplevs inte vara speciellt verklighetsnära. Visserligen är det är rätt och riktigt att summan av fem och två är sju, men i skolan övar man på detta för att lära sig räknesättet addition, utan sammanhang. Kunskapen blir till exempel användbar i affären, men utanför skolan räknas det sällan (som i matteboken) för räknandets skull.

Verklighetsnära undervisning finns i alla skolämnen i olika utsträckning. I läroplanen för grundskolan kan vi bland annat läsa att ”*Eleverna ska kunna orientera sig och agera i en komplex verklighet*” (s. 7). Inom naturvetenskapliga ämnen, som ett exempel, kan verklighetsnära lärande bidra till motivation hos eleverna (Höst, 2017). I ämnet teknik ges det goda möjligheter att använda verklighetsnära innehåll, metoder och sammanhang. Det kan kopplas ihop med att vi i teknikundervisningen befinner oss i den konstruerade världen (t.ex. Blomkvist & Kaijser, 1998), en värld uppbyggd av det vi människor skapat för att underlätta och utveckla livet. Den konstruerade världen finns redan i klassrummet och att bredda och fördjupa kopplingen med livet utanför skolan behöver därför inte vara ett stort steg att ta.

Verklighetsnära – varför och för vem?

En anledning till att välja verklighetsnära undervisning är att det är ett sätt att sätta undervisningen i ett sammanhang och göra den meningsfull (t.ex. Shaffer & Resnick, 1999). Styrdokumenten för ämnet teknik lyfter fram att undervisningen ska vara meningsfull genom att visa på hur kunskaper om och i teknik har betydelse för människor, vårt samhälle och vår miljö, till exempel i relation till hållbar utveckling. Svenska studier visar att om det går att se teknikens betydelse i ett sammanhang så bidrar det till meningsfullhet och intresse (t.ex. Nordlöf m.fl., 2024; Rooke, 2013; Sultan, 2024; Svenningsson m.fl., 2022).

I en studie delade 28 personer från olika delar av världen sina tankar kring verklighetsnära undervisning inom teknik, naturvetenskap och matematik. De var alla klassade som experter inom området och arbetade som forskare, lärare eller inom industrin. De exempel på verklighetsnära undervisning som kom fram i experternas berättelser var ofta i form av olika teknikutvecklingsprojekt där olika typer av verklighetsnära problem skulle lösas. Även om experterna hade lite svårt att nå konsensus kring vad verklighetsnära undervisning verkligen är, så visade studien att den verklighetsnära aspekten upplevs vara viktig eftersom traditionella ämnesgränser kan suddas ut (Hallström, Norström, & Schönborn, 2023). Utanför skolan ser vi ju sällan världen uppdelad i ämnen och teknikundervisningen kan därmed upplevas som meningsfull då den sätts i relation, både till andra skolämnen och till världen utanför skolans väggar. Teknikämnets innehåll och metoder inbjuder till detta.

Många lärare undervisar redan verklighetsnära, men brukar kanske inte alltid benämna undervisningen med just det namnet. I en studie som handlade

om hur lärare i grundskolan ser på kunskap i teknikundervisning framkom att lärarna hade två olika övergripande och långsiktiga syften med sin undervisning (Nordlöf m.fl., 2024). Lärarna i studien ville dels förbereda sina elever för att bli bildade samhällsmedborgare, dels förbereda eleverna för yrken och vidare studier inom teknik, framför allt inom ingenjörsområdet. En anledning för lärarna att prata med sina elever i ordalag som att ”det är så ingenjörer arbetar” var för att motivera eleverna och göra undervisningen meningsfull. Det som de arbetar med i skolan och den kunskap de får med sig har betydelse även i ett sammanhang utanför skolan.

Läraren kan uppleva att undervisningen är verklighetsnära**,** men om inte eleven också uppfattar att undervisningen och lärandet är i linje med hur det går till utanför skolan – är det då verklighetsnära undervisning? Eleverna kan ofta inte själva avgöra vad som är likt livet utanför skolan, men om inte eleverna upplever undervisningen verklighetsnära så kan den tappa sitt syfte. Det är just upplevelsen av meningsfullhet och motivation och förberedelse för ett framtida yrkesliv som är målet med verklighetsnära undervisning (Svärd m.fl., 2024).

Tre aspekter av verklighetsnära undervisning i teknik

Engström och Lennholm (2024) beskriver ett projekt som genomförs i årskurs tre på teknikprogrammet i en svensk skola. Projektet handlade om att utveckla lösningar för tekniska problem relaterade till energisystem i byggnader. Eleverna fick göra studiebesök på ett labb på ett universitet, de fick låna utrustning i form av olika sensorer och instrument och de hade också stöd av forskare från labbet. Elevernas uppgift var utformad så att de själva drev och planerade arbetet och fick söka kontakt med aktörer utanför skolan vid behov, till exempel företag. Projektet kan sägas vara verklighetsnära ur flera perspektiv och eleverna beskrev också själva att de upplevde att de arbetade ”*på riktigt*” (s. 12).

Projektet är ett exempel på hur en skola kan samverka med andra aktörer för att skapa motiverande och intresseväckande undervisning. Däremot så är det inte alltid möjligt att skapa sådana förutsättningar fullt ut, men som lärare kan vi närma oss verklighetsnära undervisning på olika sätt. I den följande delen av texten kommer jag problematisera tre aspekter av verklighetsnära undervisning för att väcka tankar och peka på möjligheter för lärare som vill utveckla teknikundervisningen.

Att välja ett verklighetsnära sammanhang

Möjligheterna till att skapa verklighetsnära undervisning genom att röra sig utanför skolan är många, däremot kan det finnas utmaningar som ibland kan försvåra. Det kan kosta för mycket att åka buss och en lärare kan uppleva att det är ett stort ansvar att ha med sig en stor elevgrupp på egen hand Då kan man i

stället fundera på hur man kan lyfta in världen utanför skolan i klassrummet. Ett sätt kan vara att bjuda in en person från ett företag eller från kommunen till klassrummet. Det finns många tekniska områden och yrken som har kopplingar till teknikämnet. Stadsplanerare, arkitekt och röntgensjuksköterska är några exempel på intressanta yrken.

Det finns många sätt att flytta undervisningen utanför klassrummet och ta med eleverna till nya platser för den lärare som har förutsättningarna. Att gå ut på skolgården och titta efter olika tekniska lösningar eller ta en teknikpromenad i de närliggande kvarteren för att spana efter olika byggnadsmaterial är exempel på aktiviteter som många yngre elever får vara med om. Äldre elever får kanske möjlighet att göra ett studiebesök i en industri eller på en samhällsfunktion som en avfallsanläggning. Många muséer och science centers erbjuder skolprogram med inriktning mot teknikämnet. Att undervisa på nya platser är inte något oprövat, och att göra det kan erbjuda eleverna en chans att bryta mönster och roller och ge nya perspektiv (Brage, 2017). Nedan följer några exempel:

Att göra ett studiebesök är ett väl beprövat sätt att låta eleverna få ta del av ett verklighetsnära sammanhang. I årskurs 4–6 ska eleverna få möta ett innehåll i teknikämnet som handlar om tekniska system, vilka delar som ingår i några vanliga tekniska system och hur delarna samverkar, liksom hur tekniska system påverkar människa och miljö (se även Svensson & Cederqvists kapitel). Att välja reningsverket som exempel på ett sådant system kan vara en god idé, då det erbjuds olika resurser för skolor. Många kommuner tar emot skolklasser för studiebesök på reningsverket, och det finns också digitala studiebesök att ta del av på nätet. Dessutom erbjuds filmer, lärarhandledningar och förslag på uppgifter genom kommuner och organisationer.[7] Studiebesöken på kommunernas reningsverk är ofta riktade till elever på mellanstadiet. I teknikundervisningen passar det också utmärkt att koppla ett sådant studiebesök till undervisning om tekniska lösningar och av reningsverkens betydelse för samhället.

För att ett studiebesök ska bli meningsfullt behöver det både för- och efterarbetas samt bli en del av ett större sammanhang. Det är annars lätt hänt att utfärder som studiebesök blir en rolig ”happening” där lärandet kommer lite i bakgrunden. Att sätta undervisningen i ett sammanhang kan också vara nyckeln till verklighetsnära undervisning. Det eleverna studerar och lär sig om är något som har betydelse för samhället utanför skolan. Studiebesöket på reningsverket kan bli en bra grund för detta. Besöket kan även visa på att skolan är en liten del av det stora system som kopplar ihop alla byggnader i staden med reningsverket. Det kommer också väcka frågor om vilka tekniska lösningar som finns för byggnader som inte kan kopplas in i systemet, till exempel en sommarstuga på

[7] Till exempel Stockholm vatten och avfall: https://www.stockholmvattenochavfall.se/kunskap/skolsajten/start/ , Uppsala vatten: https://www.uppsalavatten.se/skola/lar-mer/vatten-och-avlopp

landsbygden. Studiebesöket på reningsverket kan bli en del av ett större arbetsområde där många av teknikämnets mål och förmågor kan vävas in. Ett underlag och en inspirationskälla för ett sådant arbete är materialet Stad i förändring[8] som ges ut av Nationellt resurscentrum för teknikundervisning i skolan - CETIS. Materialet belyser tekniska system, drivkrafter och konsekvenser för staden, dess människor och de verksamheter som pågår där

Att låta undervisningen utgå från aktuella händelser och nyheter är ett annat sätt att lyfta in verkliga exempel i klassrummet. I stället för att bygga lektionen på ett avsnitt ur läroboken får en nyhetsartikel eller ett nyhetsklipp från radio eller tv vara utgångspunkten för undervisningen (se även Sandsvedens kapitel). Att ta på sig teknikglasögonen och bläddra i en dagstidning kan ge många uppslag till undervisning i teknik. Mer eller mindre dagligen fokuseras på områden som samhällsplanering, energiförsörjning och artificiell intelligens (AI) i olika nyhetsinslag. En nyhetsartikel kan bli en inledning på en lektion, en slags uppstart som belyser ett problem eller en teknisk fråga som läraren sedan kan ha som utgångspunkt för lektionen. Det kan vara en artikel om att en bro i staden har behövt stängas av säkerhetsskäl, och det kan användas som introduktion för en lektion om säkerhetsaspekter av teknik. Det bidrar till att sätta undervisningsområdet i ett sammanhang, innehållet i undervisningen får en betydelse för det lokala samhället. Ett annat sätt att jobba med nyheter kan vara att låta eleverna välja en nyhet och presentera för klassen. Jag har låtit elever på gymnasiet göra det i kursen Teknik 1. Eleverna fick i uppgift att välja en nyhet och berätta om den för klassen. Till sin hjälp fick de några frågor (se exempelfrågor i rutan på nästa sida) att ha som stöd och för att hålla fokus på det som var mest relevant för kursen. En sådan uppgift kan varieras på många sätt. I mitt fall fick en elev varje vecka i uppdrag att presentera en nyhet - det blev en läxa som redovisades muntligt. Det skulle också kunna göras som en uppgift som alla elever får samtidigt där de skriver en kort reflektion kring sin nyhet eller presenterar för en mindre grupp.

[8] Stad i förändring - tekniska system i staden - Arbetsområden - Teknik tillsammans - CETIS

Ytterligare ett sätt att använda nyheter som ingång till teknikundervisning kan vara att hitta ett problem som behöver lösas. Ett exempel på det kom jag att tänka på när jag lyssnade på Ring P1[9] och en lyssnare ringde in och berättade om hur rullatorn påverkade hennes liv på ett positivt sätt[10]. Senare i samma program ringde en man in och tog upp tråden med rullatorn och påtalade några förbättringsmöjligheter. Det skulle kunna bli en rolig och lärorik teknikutvecklingsuppgift för elever med förankring i ett verkligt problem, något som kommer att utvecklas i nästa avsnitt.

Exempel på frågor som elever kan ha som stöd när de arbetar med en nyhetsuppgift:

- Varför valde du din nyhet?
- Vad är teknik i din nyhet?
- På vilket sätt har tekniken i din nyhet påverkat samhället, miljön och/eller oss människor?

Att lösa ett verkligt problem

I teknikundervisningen låter vi ofta eleverna lösa problem. Redan från förskolan tränas barnen i problemlösningsförmåga. I grundskolan och på gymnasiet arbetar eleverna återkommande med teknikutvecklingsprocessen (se även Nordlöfs kapitel) som i sig är en modell av hur teknik utvecklas och hur tekniska problem löses i yrkeslivet och på ingenjörsutbildningar. På ingenjörsutbildningar, och ibland också på gymnasiet, har den så kallade CDIO-modellen[11] (Linköpings universitet, u.å.).

Att välja verklighetsnära uppgifter och problem att lösa kan vara motiverande för eleverna. Elever upplever problem som verkliga när de har en tydlig uppdragsgivare (Engström & Lennholm, 2024), men det är inte alltid en lärare har möjligheten att kunna samverka med en uppdragsgivare på det sättet. En möjlighet kan vara att låta eleverna jobba med ett problem på uppdrag av ett företag eller som en del av en tävling för elever[12]. Men ibland behöver vi lärare

[9] https://sverigesradio.se/avsnitt/rullatorer-vattenkanoner-hundbajs

[10] Se gärna *Att uppfinna världen: hur historiens största feltänk satte käppar i hjulet* av Katrine Marcal, för att få veta mer om rullatorns historia.

[11] CDIO står för *conceive* (att tänka ut), *design* (att skapa), *implement* (att genomföra) samt *operate* (att driva och förvalta)

[12] Till exempel så genomför Chalmers varje år ”Tekniktävlingen”, ett uppdrag där elever i årskurs 6 får tävla om att lösa ett problem. Läsåret 22/23 var temat ”Framtidens hållplats”

också skapa egna uppgifter anpassade för vår specifika elevgrupp. En väg att gå kan då vara att låta eleverna lösa ett problem i deras närhet, till exempel lösa ett problem på skolan (Hallström, Nordlöf, m.fl., 2023). Ett verklighetsnära problem för en elev i årskurs sex kan vara att utgå från ett problem i vardagen. Exempelvis så kan det på skolan vara en dåligt fungerande trafiksituation på morgonen. Att låta eleverna utveckla förslag på hur trafiksituationen kan förbättras är en uppgift som skulle kunna passa väl in i teknikundervisningen.

Ett sätt att utmana sig själv och eleverna och närma sig verklighetsnära problem kan vara att försöka skapa mer öppna problem som också får en roll i en större kontext. Så kallade wicked problems är ett slags problem som är vanliga i samband med teknikutveckling och hållbarhetsfrågor (Lönngren, 2021; se även Engström & Sundlers samt Svensson & Cederqvists respektive kapitel). De problem som samhället och världen står inför är ofta av karaktären wicked problems. Lönngren (2021) beskriver wicked problems som ett pedagogiskt verktyg och inte endast ett innehåll. Ett exempel på ett sådant problem att jobba med i teknikundervisningen kan vara att utgå från ert närområde och låta eleverna fundera på lösningar för transport mellan två punkter. Till exempel hur maten kan transporteras från tillagningsköket och ut till skolorna. Lägg in faktorer som tid, säkerhet och hållbarhet. Genom att ge våra elever lite mer ”wickade” problem blir eleverna mer utmanande och problemen blir kopplade till en kontext. Komplexa, verklighetsnära problem behöver ofta angripas ur olika perspektiv och bidrar därmed till ett mer verklighetsnära lärande (Hallström, Norström, & Schönborn, 2023).

Att göra arbetssätt och metoder verklighetsnära

Ytterligare ett sätt att närma sig verkligheten kan vara valet av arbetssätt och metoder. I listan anges några exempel, och för eleverna kan alla exempel upplevas som helt vardagliga och ordinära arbetssätt och metoder i skolan, vilket de ju också är. Om ambitionen är att närma sig verkligheten utanför skolan behöver läraren tydliggöra detta genom att anpassa undervisningen och sätta den i ett sammanhang:

- Att låta elever arbeta i grupp är något som förekommer mer eller mindre i alla skolämnen av olika anledningar, ofta för att eleverna ska lära sig genom att arbeta tillsammans (Blennow, 2020). Även i teknikämnet får eleverna arbeta i grupp och ibland talas också om att genomföra projekt och att arbeta i projektgrupper, framför allt med äldre elever – exempelvis i samband med att eleverna arbetar

https://www.chalmers.se/samarbeta-med-oss/aktiviteter-for-skolan/tekniktavlingen-ak-6/finalister-2022-23/

med att utveckla tekniska lösningar (Hallström, Nordlöf, m.fl., 2023; Nordlöf m.fl., 2024). För att grupparbete eller projektarbete ska fungera bra behöver eleverna också få undervisning om hur det ska gå till, kanske behöver de tilldelas roller i projektgruppen. Projekt- och grupparbete är exempel på verklighetsnära arbetssätt, i arbetslivet utvecklas ny teknik av flera personer som representerar olika yrkeskategorier vilka tillsammans arbetar i ett team och ofta i projektform.

- Ett arbetssätt som uppmärksammas i andra delar av den här boken är undervisning med mottagare (se Klasanders respektive Engström & Sundlers kapitel). Att låta eleverna ha en mottagare i åtanke genom hela arbetet är också ett sätt att närma sig verkligheten, då det vi arbetar med i klassrummet inte bara ska redovisas för läraren och klasskamraterna utan också för en annan mottagare. Ibland kan mottagaren vara yngre elever och ibland kan mottagaren vara personer utanför skolan. Mottagaren kan vara allmänheten i form av utställning på biblioteket eller som Hallström, Nordlöf, m.fl. (2023) beskriver, en presentation för personer som representerar ett företag eller en kommun.

- Teknikutvecklingsprocessen är en metod för att utveckla tekniska lösningar som skrivs fram i det centrala innehållet i både grundskolan och gymnasiet. Det är ett arbetssätt som används inom olika utbildningar, branscher och företag där problem ska lösas eller teknik ska utvecklas (se även Nordlöfs kapitel). Att arbeta med teknikutvecklingsprocessen är ett sätt att göra undervisningen verklighetsnära. Det visas till exempel när en lärare på gymnasiets teknikprogram undervisar om teknikutvecklingsprocessen. Läraren säger under sin genomgång att det är så man på ett företag ”*arbetar med processen varje dag*” (Hallström, Nordlöf, m.fl. 2023, s. 5), och knyter an till sin tidigare arbetslivserfarenhet som ingenjör för att motivera eleverna.

- Att kunna tolka en ritning, att göra en skiss, att använda CAD-program, att programmera – är exempel på vad elever får göra i grundskolans teknikundervisning och på gymnasiets teknikprogram. Samtidigt är det också arbetssätt och redskap som används i yrkeslivet. I skolan görs det lite förenklat, men grunderna är desamma, oftast med en progression från enkelt till mer komplext. De yngre eleverna börjar på en grundläggande nivå och därefter ökar

svårighetsgraden. På mellanstadiet kan eleverna få skapa enkla ritningar med penna och papper, på högstadiet får eleverna fortsätta att skapa ritningar för hand och får dessutom öva på måttsättning och linjetyper. Högstadieeleverna får kanske också möjlighet att prova på ett enkelt digitalt ritprogram. På gymnasiet kan eleverna på teknikprogrammet läsa hela kurser i CAD och ritar mer avancerade konstruktioner.

För att eleverna exempelvis ska uppleva grupparbete som verklighetsnära behöver läraren också undervisa om hur och varför man arbetar i team och i projektform inom olika yrken och förklara att ett team på ett företag sätts ihop av personer med olika kompetenser och expertkunskaper som tillsammans arbetar med ett uppdrag. Likaså när läraren introducerar teknikutvecklingsprocessen blir det viktigt att visa att samma princip för att utveckla lösningar används på universitetens ingenjörsutbildningar eller på ett företags utvecklingsavdelning. Läraren behöver alltså sätta ämnets arbetssätt och metoder i en kontext för att det ska bli verklighetsnära.

Avslutning

Att återkommande knyta an till verkligheten utanför skolan kan bidra till att förstärka syftet med lärandet i skolan och kan också vara motiverande, både för eleverna och för läraren, men tänk på att god undervisning inte alltid är verklighetsnära, och att all undervisning inte heller bör vara verklighetsnära. Det finns många sätt att låta undervisningen i teknik närma sig verkligheten utanför klassrummet, vilket diskuterats i detta kapitel. För att skapa verklighetsnära undervisning behöver läraren visa eleverna att det som görs i klassrummet också hänger ihop med livet utanför skolan, sätta undervisningen i ett sammanhang. Läraren behöver undervisa om på vilket sätt det eleverna arbetar med i klassrummet är likt verkligheten genom att förklara hur och varför. Då kan den verklighetsnära undervisningen bli meningsfull, leva upp till sitt namn och fylla sitt syfte.

Författarpresentation

Charlotta Nordlöf är filosofie doktor i teknikens didaktik och arbetar som biträdande universitetslektor vid Linköpings universitet och har en bakgrund som teknikl ärare på gymnasiet. På universitet undervisar hon lärarstudenter och är delaktig i forskningsprojekt som berör teknikens didaktik. Hon är även medarbetare på Nationellt resurscentrum för teknikundervisning i skolan (CETIS).

Referenser

Blennow, K. (2020). *Bäst grupparbete när elever förklarar och turas om*. Skolverket. https://www.skolverket.se/skolutveckling/forskning-och-utvarderingar/artiklar-om-forskning/bast-grupparbete-nar-elever-forklarar-och-turas-om

Blomkvist, P., & Kaijser, A. (1998). *Den konstruerade världen: tekniska system i historiskt perspektiv*. B. Östlings bokförl. Symposion.

Brage, C. (2017). *Att lära teknik ute*. Outdoor Teaching Förlag.

Engström, S., & Lennholm, H. (2024). You just have to take a big leap! Authentic teaching and learning in the technology program at an upper secondary school. *International Journal of Technology and Design Education*. https://doi.org/10.1007/s10798-024-09902-9

Hallström, J., Nordlöf, C., Norström, P., & Schönborn, K. (2023). Authenticity in integrated STEM education–boon or fantasy? Observing upper secondary technology classroom practice. *The 40th International Pupils' Attitudes Towards Technology Conference Proceedings 2023,* https://doi.org/10.24377/PATT40.2023

Hallström, J., Norström, P., & Schönborn, K. J. (2023). Authentic STEM education through modelling: an international Delphi study. *International Journal of STEM education*, *10*(1), 62. https://doi.org/10.1186/s40594-023-00453-4

Höst, G. (2017). *Autentiskt lärande kan motivera elever i naturvetenskap*. Skolverket.

Linköpings universitet. (u.å.). *CDIO på Tekniska fakulteten vid Linköpings universitet*. https://liu.se/organisation/liu/lith/cdio

Lönngren, J. (2021). Wicked problems i lärande för hållbar utveckling–Vägledning för att ta fram exempel och problembeskrivningar. *Högre utbildning*, *11*(3). https://doi.org/10.23865/hu.v11.3091

Nordlöf, C., Höst, G., & Hallström, J. (2024). Technology teachers' talk about knowledge: from uncertainty to technology education competence. *Research in Science & Technological Education, 42*(2), 336-356. https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2070150

Rooke, G. (2013). *In search for gender awareness in technology education*. KTH Royal Institute of Technology.

Shaffer, D. W., & Resnick, M. (1999). "Thick" authenticity: New media and authentic learning. *Journal of interactive learning research*, *10*(2), 195-216.

Skolverket. (2022). *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet, Lgr 22*. Skolverket

Sultan, U. (2024). *In whose eyes am I technical?: Exploring the 'problem'of the (non) technical girl* Linköping University Electronic Press. DOI: 10.3384/9789180755979

Svenningsson, J., Höst, G., Hultén, M., & Hallström, J. (2022). Students' attitudes toward technology: exploring the relationship among affective, cognitive and behavioral components of the attitude construct. *International Journal of Technology and Design Education, 32*, 1331-1351. https://doi.org/10.1007/s10798-021-09657-7

Svärd, J., Schönborn, K., & Hallström, J. (2024). Students' perceptions of authenticity in an upper secondary technology education innovation project. *Research in Science & Technological Education, 42*(2), 467-487. https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2116418

Genusmedvetenhet som del av teknikundervisning

Annica Gullberg[1] och Kristina Andersson[1]
[1]Institutionen för lärande (ITM), Kungliga Tekniska högskolan

Teknikämnet är historiskt sett maskulint kodat, vilket får konsekvenser för elevers utbildningsval, intresse och engagemang i ämnet.

Teoretiska utgångspunkter som beskriver hur genus/kön är sammanflätade med teknikämnet diskuteras.

Genusmedvetenhetens spiral fungerar som ett verktyg som utmanar föreställningar och utvecklar teknikundervisningen.

Vad har teknik med kön att göra?

> *När lärarstudenterna reste sig för att gå på rast, vände sig Rickard till sina kurskamrater Siri och Nedjma och sa: ”Men det är ju trots allt så att killar är mer tekniska än tjejer”.*

Den här sekvensen utspelade sig under ett seminarium om genus och teknik med lärarstudenter inriktade mot årskurserna 4–6. Rickard är inte ensam om att sammanfläta kön/genus[13] med teknikämnet. Fenomenet har en lång historia som hänger samman med vetenskapernas expansion under samhällsutvecklingen. När Uppsala universitet, efter 400 år av enbart manligt tillträde äntligen öppnades för kvinnor 1873 fanns fortfarande ett stort motstånd bland många av universitetets professorer. Att ägna sig åt vetenskap och kunskapsproduktion ansågs kräva egenskaper som fysisk styrka, uthållighet, personlig auktoritet och disciplinförmåga; sådant som enligt den tidens föreställningar om kön inte var förenligt med att vara kvinna (Bergwik, 2016; Markusson Winkvist, 2003). De tongivande männen inom den medicinska fakulteten anförde dessutom att det

[13] Vi använder kön och genus för att båda begreppen används i genusvetenskapliga sammanhang, med betydelsen att det inte bara är individen, den biologiska kroppen och dess identiteter som det handlar om, utan också om processer som innefattar skapande av institutioner, praktiker, föreställningar, med mera.

rent av kunde vara skadligt för kvinnor att ägna sig åt för mycket tankearbete eftersom det kunde ta av den nödvändiga energi som behövdes för barnafödandet. Synsättet att det finns medfödda skillnader mellan kvinnor och män levde ännu längre kvar inom det tekniska kunskapsområdet.

Kungliga Tekniska högskolan (KTH) grundades fyra år efter att Uppsala universitet öppnats för kvinnor, men trots detta fick kvinnor inte tillträde till KTH förrän 44 år senare. Motståndet mot kvinnor var särskilt stort inom områden som präglades av tunga maskiner såsom väg- och vattenteknik, maskinteknik och bergsvetenskap och detta gällde även efter att det blev möjligt för kvinnor att studera vid KTH. Sedan 1921 har det kvinnliga deltagandet i tekniska utbildningar dock ökat. Universitetskanslersämbetets statistik från läsåret 2022/23 visar att andelen kvinnor på civilingenjörsprogrammen är 35%. Det kan jämföras med siffran för 2004/2005 som var 29%, så siffrorna rör sig, om än långsamt, mot en könsbalans på programmen som helhet (UKÄ). Det skiljer sig dock mellan olika tekniska områden. Inriktningar som samhällsbyggnadsteknik och teknisk design har i stort sett jämn könsfördelning medan maskinteknik och datateknik fortfarande är mansdominerade.

Valet av utbildning grundläggs redan under grundskolan vilket syns tydligt i könsfördelningen i gymnasieprogrammen. Av gymnasieskolans 19 nationella program hade endast fyra program en jämn könsfördelning, det vill säga inom intervallet 40-60 % av vartdera könet (SCB, 2021). Under läsåret 2020/2021 var 80 % av eleverna män på teknikprogrammet. På Bygg- och anläggningsprogrammet var 90 % män och på El- och energiprogrammet var mindre än 5 % kvinnor. Valet till gymnasieskolan har betydelse för individens framtida yrkesbana, ett val som på pappret ses som individens helt fria val. Statistiken visar dock att könstillhörigheten är en avgörande faktor vid gymnasievalet där intresse och fallenhet för ett ämne hamnar i bakgrunden.

Hur föreställningar om genus/kön skapas samt hänger samman med teknik

Inom de tekniska utbildningarna och motsvarande professioner finns fortfarande en könsobalans där kvinnor är i minoritet. Kvinnor har därför haft ett behov av att stötta varandra på olika sätt i yrket. Ett exempel är intresseföreningen Women in tech i Sverige som verkar för att kvinnor ska välja och stanna kvar i teknisk verksamhet. I en rapport från 2023 där de frågat sina medlemmar om hur de trivs med sitt arbete i tekniksektorn, svarar 63 % att de upplever att de blir behandlade olika på grund av sitt kön (Women in tech 2023). Ett exempel på hur det tar sig uttryck är att när kvinnor kommer i nya sammanhang så testar deras manliga kollegor deras tekniska kompetens på ett sätt som inte män blir utsatta för.

Eftersom teknik sammanflätas med manlighet i vårt sätt att tänka, så följer på det att en kvinnlig civilingenjör i våra tankestrukturer blir en *kvinnlig* civilingenjör. Att vara civilingenjör blir då likställt med att vara man och en kvinnlig civilingenjör blir därför en avvikelse från normen. Simone de Beauvoir skrev redan på 40-talet om kvinnans livssituation i boken "Det andra könet" (Beauvoir, 1949/2021). Beauvoir formulerar könsskillnaden som att vara man är det samma som att vara människa – det första könet – och på det följer att kvinnan är det *andra* könet. Att vara kvinna blir inte detsamma som att vara människa utan genom detta "andra" blir hon hänvisad till att vara *kvinna*.

Yvonne Hirdmans (1990) teori om *genussystemet* har tagit intryck av Beauvoirs filosofi. Hirdman är historiker och har utgått från historiska källor från olika tidsepoker och olika kulturer när hon formulerat sin teori. Hon beskriver att oavsett tidsepok eller länders olika kulturer så drivs genussystemet av de två principerna *könens isärhållande* och *mannen som norm*. Med könens isärhållande menar hon att kvinnor och män befinner sig på olika platser i samhället, ägnar sig åt olika sysslor, klär sig i olika kläder och genom det kopplas samman med olika egenskaper. Det skulle i sig inte behöva utgöra något problem eftersom olika sysslor behöver utföras, men problemet uppstår i och med att den andra principen – mannen som norm – slår in. Det som män ägnar sig åt, de egenskaper som kopplas samman med manlighet, blir det som värderas högre. Här uppstår en maktobalans, en hierarki, där det som sammankopplas med den ena halvan av befolkningen överordnas den andra halvan av befolkningen.

I patriarkala samhällen, där mannen är norm, bevakar mannen sin överordning. För att kunna motivera denna överordnade ställning så måste könen hållas isär. Resultatet av denna process är det man kan se i Rickards uttalande i det inledande exemplet och det som manliga civilingenjörer utsätter kvinnliga civilingenjörer för när de ifrågasätter deras tekniska kompetens. Ingenjörsvetenskaperna har hög status i vårt samhälle. Genom att sammanfläta teknik med manlighet upprätthålls mannen som norm. När kvinnor gör sitt inträde hotas denna ordning, denna makthierarki. Att sträva efter en jämn könsfördelning eller med andra ord att motverka könens isärhållande är en strategi för att bryta upp sammanflätningen mellan teknik och maskulinitet.

Våra uttalanden och våra sätt att handla i det dagliga livet, sätter spår i våra kroppar och tankestrukturer och blir en del i hur vi uppfattar och tänker om genus/kön. Genom upprepningar i tal eller med gester, kläder, lek med mera formas och omformas genus om och om igen (Butler, 1990). Rickards till synes oskyldiga uttalande att "killar är mer tekniska än tjejer" blir en del i denna upprepande talakt om att teknik och maskulinitet hör samman och som sätter spår i oss som individer och har inverkan på vårt identitetsskapande. Särskilt viktigt blir det givetvis när en lärarstudent, som i sitt framtida yrke ska arbeta med unga

människor, har en könsstereotyp uppfattning som kan få konsekvenser för kommande elever.

Didaktisk forskning har visat att lärare har föreställningar både om elevens personligheter och förmågor som får betydelse för hur man bemöter eleven (Hundeide, 2006) och detta formar elevers intresse, attityder och lärande i olika skolämnen (Huang & Fraser, 2009; Kahle & Meece, 1994; She & Fisher, 2002). Förskollärare och lärare beskriver i intervjusammanhang att de har samma förväntningar på flickor och pojkar, men när de sedan har observerats i undervisningen agerar de på olika sätt gentemot eleven beroende på elevens kön (Andersson, 2012; Kahle & Meece, 1994). I en nyligen publicerad studie inom psykologi visade resultatet att lärare är starkt färgade av könsstereotypa föreställningar vad gäller teknik respektive vård och omsorg (Tellhed m.fl., 2023). Studien utfördes med 86 mellan- och högstadielärare och genomfördes med en enkät där implicita och explicita mått användes för att undersöka eventuella könsstereotyper beträffande teknik samt vård och omsorg. Då samma undersökningsmetod användes på 873 elever i årskurs 6 och 8 visade resultatet att eleverna i årskurs 6 hade lägre grad av stereotypa mått än de äldre eleverna. Lärarna var dock den grupp som uttryckte de starkaste könsstereotyperna vilket Tellhed med flera (2023) anser är oroande eftersom tidigare forskning visar att lärares stereotyper har betydelse för elevernas självuppfattning, prestation och framtida utbildningsval. Det här är alltså incitament för att lärarutbildningen och teknikdidaktiken måste innefatta genusvetenskapligt innehåll och i nästa avsnitt ska vi ge exempel på ett verktyg att arbeta utifrån som vi kallar Genusmedvetenhetens spiral (Gullberg m.fl., 2018).

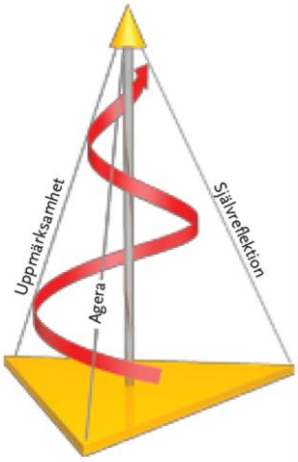
Kunskaper om genus/kön som en del av teknikdidaktiken

Kunskaper om genus har en relation till teknikämnet och dess undervisning och är på så sätt en aspekt av teknikdidaktiken. Med en ökad genusmedvetenhet kan en lärare göra teknikdidaktiska val som bidrar till att uppfylla målen i läroplanen[14].

I modellen Genusmedvetenhetens spiral (se figur 1) har vi beskrivit hur lärarens medvetenhet om genus/kön kan öka genom att aktivt arbeta med de tre olika förmågor som utgör hörnen i den triangelformade basen i modellen: Uppmärksamhet, självreflektion och agerande. Uppmärksamhet handlar om att få syn på situationer där kön/genus har betydelse för teknikundervisningen. Dessa situationer blir en del av den utvärderande analys som en lärare gör i anslutning till sin undervisning och som då antingen kan leda till självreflektion eller till agerande på ett sätt som motverkar stereotypa könsmönster. Självreflektion är

[14] Lärare i grundskolan har uppdraget att "aktivt och medvetet främja elevers lika rättigheter och möjligheter, oberoende av könstillhörighet. Skolan har också ett ansvar för att synliggöra och motverka könsmönster som begränsar elevernas lärande, val och utveckling" (Skolverket, Lgr22).

förmågan att lägga märke till sina egna föreställningar och beteenden, och därigenom hitta strategier till alternativa handlingsmönster för att bryta könsstereotypi. På vilket sätt man ska agera blir en del av de teknikdidaktiska val man som lärare gör när man planerar ett teknikinnehåll och genomför undervisningen. Man kan börja vid vilket av triangelns hörn som helst, men med fler erfarenheter och tankar om genus och teknik desto fler könsstereotypa situationer kommer man att upptäcka. Det gör att man blir mer observant på sitt eget agerande och på detta sätt snurrar man sig uppåt mot en högre grad av genusmedvetenhet och då är det näst intill omöjligt att gå tillbaka till det omedvetna utgångsläget.



Figur 1. Genusmedvetenhetens spiral (Gullberg m.fl., 2018; Hjälmeskog m.fl., 2020)

Genusmedvetenhetens spiral som ett verktyg i undervisningspraktiken

I följande avsnitt kommer vi att visa hur genusmedvetenhetens spiral dels kan bli ett användbart verktyg för att analysera situationer i teknikundervisningen, dels ett redskap för att åstadkomma olika handlingsalternativ för lärare som kan bidra till en genusmedveten teknikundervisning. Vårt första exempel är en undervisningssituation under en tekniklektion i årskurs 6, hämtad från Ulrika Sultan med fleras forskningsstudie (2020). De två övriga exemplen är hämtade från lärarstudenters upplevelser under sin verksamhetsförlagda utbildning som vi har omformat till case för lärarutbildningen.

Tekniklektion i årskurs 6

Eleverna i åk 6 ska tillsammans göra en modell av en lekplats med olika konstruktioner. Två flickor har valt att göra ett chokladhjul och sitter nu och arbetar vid sin dator för att i ett första steg göra en tabell i ett word-dokument med namn och färger att sätta på sitt chokladhjul:

Tabell 1. Dialog hämtad ur Sultan med flera (2020, s. 183) i vår översättning

1.	Flicka 1 [till Flicka 2]:	Jag är inte bra på det här. Vi måste göra det på ett annat sätt för att kunna måla [senare]. Det ska vara snyggt färgmässigt.
2.		[Flicka 2 försöker lägga till en rad i dokumentet.]
3.	Flicka 1 [till förbigående pojke]:	Kan du hjälpa oss [med datorn]?
4.	Pojke:	Nej, jag vet inte hur det fungerar.
5.	Flicka 1:	Men, du är bra på datorer.
6.		[Pojken svarar inte, utan går bara förbi.]
7.	Flicka 1 [till Flicka 2]:	Om vi infogar en tabell, en här, och lägger till en här så kan det fungera. […]
8.	Flicka 2:	Ja
9.	Lärare:	Hej tjejer. Allt ok? [Läraren tittar på datorskärmen] Gör du en tabell? Du kan bestämma hur många rader och kolumner du vill ha direkt. Du behöver inte göra dem själv.
10.		[Läraren går för att hjälpa andra elever.]
11.		[Flickorna fortsätter att arbeta vid datorn.]
12.	Flicka 1:	Jag är inte bra på det här.
13.	Flicka 2:	Jag fattar inte.
14.		[Flickorna vänder sig till samma pojke som ovan]
15.	Flicka 1:	Hur stavar du lavendel?
16.	Pojke:	Jag vet inte. Jag vet inte ens vad det är.

”Flickorna fortsatte att arbeta vid datorn, valde de färger de ville använda i tabellen i word-dokumentet och för att det skulle se snyggt ut. De var noggranna med stavningen av varje ord. Under 20 minuters arbete vid datorn sa de elva gånger att de inte vet, att de inte förstår eller att de inte kan arbeta med datorn” (Sultan med flera, 2020, s. 183 i vår översättning).

I den här situationen syns hur 12-åriga elever gör kön genom sitt handlande och sina uttalanden (Butler 1990). Görandet sker genom flickornas upprepande om att de inte kan, vilket går i linje med uppfattningen om att teknik är ett maskulint kodat ämne. Det förstärks ytterligare genom att de tillskriver en pojke teknikkunnande trots hans eget nekande. Detta sker samtidigt som de framställer/framför sin femininitet där det ingår att inte vara teknisk. Den stereotypa bilden av manligt och kvinnligt och teknisk kompetens står då i konflikt med det undervisningen handlar om, dvs. att både flickor och pojkar ska utveckla kunskaper inom ämnet teknik (Skolverket, Lgr22).

Läraren går runt och stöttar eleverna i deras arbetsprocess. I interaktionen med flickorna 1 och 2, har dock läraren inte uppmärksammat hur eleverna uttrycker sig om arbetsuppgiften de utför. Istället frågar läraren hur det går, men inväntar inte flickornas svar (rad 9). Istället ger hen en alternativ lösning på det problem som flickorna redan är på väg att lösa på egen hand. Läraren synliggör därmed inte flickornas egen förmåga att lösa problemet med att infoga en rad i tabellen, något som de verkar ha lärt sig genom "trial-and-error". Flickornas bedrift osynliggörs alltså och fokus förflyttas i stället till deras brister i hanterandet av Word. Flickorna förstärks då i sin upplevelse om att de inte kan, trots att de faktiskt just har lyckats med att utföra en procedur i Word. Flickorna lägger fortsättningsvis större vikt vid att ägna sig åt sådant som är förenligt med identiteten som ung kvinna, såsom färgsättning och stavning.

Lärarens avsikt med kommentaren på rad 9 är förmodligen att underlätta för flickorna att göra en tabell men uttalandet har inte den hjälpsamma effekten för flickorna just i detta läge. Om läraren hade *uppmärksammat* elevernas elva uttalanden om att de inte kan, att de är dåliga på datorer, så hade ett större handlingsutrymme skapats i situationen och gjort det möjligt för läraren att *agera* på elevernas behov i stunden. Om läraren dessutom hade uppmärksammat att eleverna självständigt lyckats med proceduren att göra en tabell och givit dem erkännande för det, så hade det varit en del i att även motverka de stereotypa könsmönster som flickorna reproducerar i den här situationen.

Tema leksaker

I följande situation befinner vi oss i en undervisningssekvens i årskurs 5 där en lärare stödjer en grupp flickors aktivitet att bemästra en undersökning av en teknisk lösning i ett temaarbete om leksaker. Eleverna har fått i uppgift att undersöka hur olika leksaksbilar kan rulla, bland annat en "dra tillbaka-bil" (med en "pull-back" funktion). Eleverna är indelade i könshomogena grupper. Uppgiften är att först låta bilarna rulla och därefter undersöka hur mekanismen fungerar. Många av grupperna startar omedelbart och låter bilarna rulla på golvet och nerför eller uppför ramper. En grupp med tre flickor verkar tveksamma till

vad de ska göra och står och vänder upp och ner på bilen. Efter en stund uppmärksammar läraren detta och går fram till eleverna:

Tabell 2. Dialog hämtad från en tekniklektion

1.	Läraren:	Hur går det för er, har ni kommit igång?
2.	Flicka 1:	Vi vet inte riktigt hur bilen fungerar. Det går trögt att rulla den, för hjulen snurrar så dåligt.
3.	Läraren:	Aha, ni får visa mig hur ni menar.
4.		[Flicka 2 ställer ner bilen på golvet och puttar på den och då rör den sig bara någon centimeter framåt. Flicka 3 lyfter upp den och vänder den upp och ner och visar läraren att de bakre hjulen rör sig trögt.]
5.	Läraren:	Ja, vad bra att ni uppmärksammar det här. Vad händer om ni försöker snurra bakhjulen åt andra hållet?
6.	Flicka 3:	Hur då, så här? Hon drar hjulen bakåt och släpper och märker då att bakhjulen snurrar snabbt tillbaka. Men kolla [till de andra i gruppen].
7.	Läraren:	Ja, precis. Prova att dra den på golvet också.
8.		[Flickorna i gruppen testar att dra bilen bakåt för att få den att åka framåt.]
9.	Flicka 3:	Men hur funkar det här då?
10.	Läraren:	Kan ni ta reda på det på något sätt?
11.	Flicka 1:	Vi behöver kolla hur det ser ut inuti bilen.
12.	Läraren:	Mm, smart idé.
13.		[Flicka 1 vänder och vrider på bilen.] Men det går ju inte utan att vi har sönder den.
14.	Läraren:	Ni ser att det ligger verktyg på katedern som ni får använda för att skruva loss ovansidan på bilen, karossen.

Flickorna arbetar själva en stund, får loss karossen och kan titta in i bilen och se kugghjulen och fjädern som rullas ihop när hjulen dras tillbaka. Kugghjulen överför rörelse från bakhjulen till fjädern. När bilen släpps snurrar bakhjulen, lägesenergin som finns i den upprullade fjädern omvandlas till rörelseenergi och fjädern återgår till sin utvecklade form. Flickorna provar att rulla bilen flera gånger för att undersöka funktionen.

I slutet av lektionen går läraren runt till varje grupp. Flickorna får förklara hur mekanismen fungerar och hur det kan göra att bilen rullar framåt. Som en analogi för att ge en enklare förklaring av "dra-tillbaka"-funktionen har läraren med sig en enkel bilmodell som hen själv gjort där "drag-tillbaka"-funktionen utgörs av en gummisnodd förankrad i de bakre hjulen. Eleverna får även prova att köra den förenklade bilmodellen och jämföra med sin leksaksbil.

Man kan ana att läraren har en förförståelse om att elever har olika förkunskaper om leksaksbilars funktion. Läraren har på olika sätt förberett aktiviteten så att elevernas lärande om pull-back-mekanismen ska underlättas. Hen har gjort en förenklad modell, tagit fram verktyg och valt bilar som går att ta isär. Detta visar på en kännedom om att det kan vara utmanande att ta sönder/isär saker för elever som är ovana vid det. För att undvika att flickor överlämnar det praktiska utforskandet till pojkar eller att pojkarna tar över, så väljer läraren i detta fall att dela in klassen i flick- och pojkgrupper. Läraren visar på detta sätt att hen redan är inne i genusmedvetenhetens spiral genom sitt *agerande* som motverkar stereotypa könsmönster i elevgruppen. Genom denna genusmedvetenhet blir flickornas oförmåga att komma igång en tydlig signal för läraren att ställa frågor som gör att eleverna sätter igång med undersökandet. Läraren *uppmärksammar* i stunden flickornas sätt att respondera där hen *agerar* genom att stanna kvar hos gruppen och ge uppmuntrande kommentarer när eleverna kommer framåt som *därmed bidrar* till att flickornas aktivitet ökar.

Ämneskollegiemöte

Tekniklärarna i ett arbetslag för åk 7-9 planerar arbetet inför kommande period och delar upp olika moment mellan sig.

Tabell 3. Dialog hämtad från ett ämneskollegiemöte i teknik

1.	Bengt:	Vi gör väl som vi gjorde förra året, det fungerade ju bra? Jag kan ta bygg- och konstruktionsdelarna och sedan det som handlar om elektronik och IT. Och så tar du de momenten som är mer samhällsvetenskapliga, det gjorde du så bra!
2.	Marit:	Ja, det blev riktigt intressanta diskussioner förra terminen. Vi talade bland annat om hur teknikämnet är könskodat, att det är så få tjejer som blir elektriker. Då kom vi in på tekniska system också och jämförde hur utvecklingen av olika tekniska system har påverkat samhället.
3.	Bengt:	Jaha, gör du det! Jag brukar tala om tekniska system då vi tar upp elektricitet. Då kanske vi kan ta upp tekniska system tillsammans.
4.	Marit:	Ja, vi kanske ska se över uppdelningen igen. Hur tänker vi egentligen? Det blir ju lite konstigt att du tar upp de delar som är mest maskulint kodade och jag tar upp det som är mest feminint kodat, de som är samhällsvetenskapliga. Då fortsätter vi att reproducera samma könsnormer. Vi blir inte så bra förebilder för eleverna, menar jag.

Enligt läroplanens riktlinjer ska ”läraren synliggöra och med eleverna diskutera hur olika föreställningar om vad som är kvinnligt och manligt kan påverka människors möjligheter samt hur könsmönster kan begränsa egna livsval och livsvillkor” (Skolverket, Lgr22). Marit som har arbetat med genusfrågor i teknikämnet *uppmärksammar* hur uppdelat ämnet är mellan lärarna och hur de brukar undervisa. Deras diskussion leder till *självreflektion* som möjliggör en ny planering av undervisningen där genusaspekter blir en del av det teknikdidaktiska valet. Utöver förändring av själva undervisningen kommer den nya uppdelningen av ämnesinnehåll medverka till att Marit och Bengt fungerar som ”role models” (Rasinen m.fl., 2009). Om eleverna ständigt möter en könad ämnesuppdelning så blir det indirekta budskapet att ämnesval är beroende på elevens kön. En medvetenhet hos läraren kan leda till att läraren agerar och går utanför sin komfortzon. Reflektionen över konsekvensen av ett könat teknikinnehåll leder till en förändring, som i exemplet med Marit och Bengt, som i sin tur kan leda till nya förändringar enligt genusmedvetenhets spiral.

Implikationer för teknikundervisningen

Våra exempel kan till synes verka triviala och det är också avsikten. Förutfattade meningar om kön och ämne är ofta pågående ”små” vardagliga händelser. Som uttrycket ”droppen urholkar stenen” visar, lagras sådana små händelser på varandra där resultatet får betydelse och blir en förgivettagen sanning. Butler (1990) talar om detta som performativitet, något som formar personens identitet och känslan av samhörighet med ett ämnesområde. Som lärare behöver man alltså inte göra revolution i klassrummet utan kan i stället börja med att göra små justeringar som i slutändan kan få stor effekt på elevers lärande, engagemang och identitetsskapande i relation till teknik. Genusmedvetenhetens spiral erbjuder en möjlighet att stegvis göra sådana förändringar i sin teknikundervisning. Som vi har beskrivit så innefattar genusmedvetenheten inte enbart kunnande om genus/kön på olika nivåer (Hirdman, 1990), utan även en medvetenhet om betydelsen av val av ämnesstoff. Detta framhåller även Aki Rasinen med kollegor (2009) som påpekar i sina slutsatser om teknikundervisning i framtiden, att det är viktigt att vidga synsättet på vad teknikämnet kan innehålla.

Författarpresentation

Annica Gullberg är docent på Kungliga Tekniska högskolan (KTH). I forskningen inriktar hon sig mot lärande i teknik och de naturvetenskapliga ämnena med ett speciellt fokus på genus och emotioner. Hon har lång erfarenhet av att utbilda blivande lärare i teknik och de naturvetenskapliga ämnena på olika lärarprogram.

Kristina Andersson är docent i teknikens didaktik på KTH. I sin forskning undersöker hon vilken betydelse genus har för lärande och intresse i teknik och naturvetenskap. Hon har femton års erfarenhet som lärare i teknik, naturvetenskap och matematik i årskurserna 6–9.

Referenser

Andersson, K. (2012). "It's funny that we don't see the similarities when that's what we're aiming for" – Visualizing and challenging teachers' stereotypes of gender and science. *Research in Science Education, 42*(2), 281–302. https://doi.org/10.1007/s11165-010-9200-7

Beauvoir, S.D. (1949/2021). *Det andra könet*. MTM.

Bergwik, S. (2016). *Kunskapens osynliga scener: vetenskapshistorier 1900-1950*. Makadam.

Butler, J. (1990). *Gender trouble: Feminism and the subversion of identity*. Routledge.

Gullberg, A., Andersson, K., Danielsson, A., Scantlebury, K., & Hussénius, A. (2018). Pre-service teachers' views of the child – Reproducing or challenging gender stereotypes in science in preschool. *Research in Science Education, 48*(4), 691–715. https://doi.org/10.1007/s11165-016-9593-z

Hirdman, Y. (1990). Genussystemet. I SOU 1990:44, *Demokrati och makt i Sverige*.

Hjälmeskog, K., Andersson, K., Gullberg, A., & Lagrell, K. (2020). *Didaktik i förskolan*. Gleerups.

Huang, S.L., & Fraser, B.J. (2009). Science teachers' perceptions of the school environment: gender differences. *Journal of Research in Science Teaching, 46*(4), 404–420. https://doi.org/10.1002/tea.20284

Hundeide, K. (2006). *Sociokulturella ramar för barns utveckling: barns livsvärldar*. Studentlitteratur.

Kahle, J. B., & Meece, J. L. (1994). Research on gender issues in the classroom. I D. Gabel (Red.), *Handbook of research in science teaching* (s. 415–437). MacMillian Publishing Company

Markusson Winkvist, H. (2003). *Som isolerade öar: de lagerkransade kvinnorna och akademin under 1900-talets första hälft*. Diss. Umeå universitet.

Rasinen, A., Virtanen, S., Endepohls-Ulpe, M., Ikonen, P., Ebach, J., & Stahl-von Zabern, J. (2009). Technology education for children in primary schools in Finland and Germany: Different school systems, similar problems and how to overcome them. *International Journal of Technology and Design Education, 19*(4), 367–379. https://doi.org/10.1007/s10798-009-9097-5

She, H.-C., & Fisher, D. (2002). Teacher communication behavior and its association with students' cognitive and attitudinal outcomes in science in Taiwan. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(1), 63–78. https://doi.org/10.1002/tea.10009

SCB (2021). *På tal om kvinnor och män: lathund om jämställdhet*. Statistiska centralbyrån.

Skolverket, Lgr22 (2022). *Läroplan för grundskolan*. Skolverket.

Sultan, U., Axell, C., & Hallström, J. (2020). Technical or not? Investigating the self-image of girls aged 9 to 12 when participating in primary

technology education. *Design and Technology Education*: *An International Journal, 25*(2), 175–191. http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1265255.pdf.

Tellhed, U., Björklund, F., Kallio Strand, K. (2023). Tech-savvy men and caring women: middle school students' gender stereotypes predict interest in tech-education. *Sex Roles, 88,* 307-325. https://doi.org/10.1007/s11199-023-01353-1

UKÄ, Universitetskanslerämbetet. https://www.uka.se/integrationer/hogskolan-i-siffror/statistik?statq=https%3A%2F%2Fstatistik-api.uka.se%2Fapi%2Ftotals%2F108%3Funiversity%3D1%26year%3D2004%252F05%26group_slug%3Da880bd9e312ea9fb63fc53e927a7d3a8cddb872b.

Women in tech. https://womenintech.se/news/the-state-of-women-in-tech-2023/

Bygga hållbarhetskompetenser genom teknikämnets innehåll

Susanne Engström[1] och Maria Sundler[1]
[1]Institutionen för lärande (ITM), Kungliga Tekniska högskolan

Hållbar utveckling kan integreras i teknikundervisningen för årskurs 4–9 och gymnasiets teknikprogram för att skapa engagemang och handlingskompetens.

Eleverna ska ges möjlighet att utveckla kunskaper om hållbar utveckling och kompetenser för att hantera nutida och framtida hållbarhetsutmaningar.

Hållbar utveckling kan undervisas med konkreta arbetsområden inom teknikämnet som relaterar både till ämnesinnehåll och Förenta nationernas Agenda 2030.

Inledning

Detta kapitel handlar om hållbar utveckling i relation till teknikundervisning i årskurs 4–9 i grundskolan och i teknikämnet på gymnasiets teknikprogram. Undervisningen ska bidra till att elever utvecklar kunskaper och kompetenser för att agera i linje med hållbar utveckling. Undervisningen syftar också till att utveckla ett engagemang hos eleverna att vilja bidra till hållbar utveckling.

I kapitlet lyfter vi fram arbetssätt och arbetsformer som utvecklar elevers kompetenser och synliggör vikten av att teknikundervisningens ämnesinnehåll får en framträdande plats i undervisning för hållbar utveckling. Vi inleder med exempel på teknikinnehåll som både kan relateras till centralt innehåll i grundskolans kursplan och ämnesplanen för teknik på gymnasiet samt till teknikinnehåll i Globala målen, Agenda 2030. Därefter beskriver vi hållbar utveckling som ett övergripande perspektiv i undervisning samt belyser vilka kompetenser som elever ska ges möjlighet att få utveckla. Kapitlet avslutas med två konkreta exempel på teknikundervisning för årskurs 4–9 och gymnasiet utifrån ett hållbarhetsperspektiv.

Hållbar utveckling – ett relevant teknikinnehåll

År 2015 antog Förenta nationernas medlemsländer Agenda 2030 med de 17 globala målen som omfattar de tre hållbarhetsdimensionerna social, ekologisk och ekonomisk hållbarhet. Agendan med målen är färdplanen för att uppnå hållbar utveckling till år 2030 och den innehåller konkreta delmål och åtgärder för att minska ojämlikheter, skydda våra ekosystem, avskaffa extrem fattigdom och främja fred och rättvisa (Agenda 2030). Hållbarhetsutmaningarna ger upphov till komplexa frågor som ofta saknar enkla lösningar. Genom att behandla bland annat teknikutvecklingsprocesser (se även Nordlöfs kapitel) och tekniska system (se även Svensson & Cederqvists kapitel) i teknikundervisningen kan eleverna fördjupa sin förståelse för dessa utmaningar.

Tekniska objekt, lösningar och system har betydelse för såväl individ, samhälle som miljö. Utbyggnad av grundläggande infrastruktur såsom vatten och avlopp, transportsystem och internet ger förutsättningar för samhällen att utvecklas. Med vattenrening insjuknar färre av diarrésjukdomar vilket ger en mer arbetsför befolkning. Sanitetsfaciliteter ger flickor möjlighet att gå i skolan även under menstruation. Ett utbyggt väg- och järnvägsnät ger befolkningen bättre möjligheter att förflytta sig själva och varor längre sträckor, vilket ger kunskapsutbyte och fler försörjningsmöjligheter. Tekniska system och ny teknik kan därmed minska fattigdom, öka social rättvisa och skapa hållbara samhällen. De spelar också en viktig roll på individnivå där tillgång till tekniska artefakter och tekniska system kan ge missgynnade grupper möjlighet att förbättra sin ekonomiska situation.

Tekniska lösningar erbjuder utökade möjligheter till utbildning vilket har positiva konsekvenser för jämlikhet och jämställdhet. I både grundskolan och gymnasiet betonas att teknikundervisningen har som en viktig uppgift att diskutera genusaspekterna av teknik. Tillgång till information- och kommunikationsteknik kan stärka kvinnors egenmakt och förbättra deras ekonomiska förutsättningar. Teknikundervisningen kan både belysa historiska tekniska lösningarnas (se även Klasanders kapitel) påverkan på kvinnans roll i samhället och synliggöra de förändringar som måste till idag. På samma sätt kan betydelsen av tekniska lösningar för att minska ojämlikhet i samhället belysas där dessa kan minska utanförskap vid exempelvis funktionsvariation samt öka olika samhällsgruppers delaktighet genom exempelvis digitala hjälpmedel. Men teknikanvändningen har också negativa effekter då tekniska system och produktionsprocessers inverkan på miljö och hälsa utgör hälsorisker som bland annat ger luftvägsbesvär och allergier. I tillverkningsindustrin samt vid byggarbetsplatser kan exempelvis arbetsmiljörelaterade skador och dödsfall uppkomma och på vägarna kan trafikolyckor ske.

Teknikutvecklingen har också negativ inverkan för vår natur och miljö. Framställningen av råvaror och produkter har stor inverkan på våra ekosystem

vilket skadar den naturliga miljön och dess biologiska mångfald. Industriella processer ger utsläpp som förorenar luft, mark och vatten vilket i sin tur påverkar djur- och växtlivet negativt. Men det finns möjlighet att utveckla tekniska lösningar som minskar utsläppen av kemikalier och andra föroreningar samt effektiviserar resursanvändningen vilket är avgörande i omställning mot en mer grön industri. Dessutom kan tekniska lösningar även användas för att öka motståndskraften mot katastrofer. Här kan övervakningsteknik och tidiga varningssystem spela en viktig roll liksom datamodellering för att kunna förutspå och förhindra potentiella katastrofer.

Ett övergripande perspektiv i teknikundervisning

Vår teknikanvändning är uppkomsten till många hållbarhetsproblem på grund av resursexploatering, föroreningar och klimatpåverkan men kan samtidigt stå för många av lösningarna. Därmed är hållbar utveckling ett perspektiv som genomsyrar teknikundervisningen och som teknikutveckling och teknikanvändning kan relateras till. Undervisningen bör visa hur teknik kan användas för att lösa våra hållbarhetsutmaningar och ge elever ökad förståelse för bland annat vattendistribution, energieffektivisering och hållbar stadsplanering. För många av dessa teman krävs dock ett ämnesövergripande synsätt. Hållbar utveckling är inte ett enstaka arbetsområde utan ska ses som en integrerad del av undervisningen i de olika ämnena (Unesco, 2017). Det innebär att arbetet med hållbarhetsfrågor med fördel kan ske ämnesövergripande. På så sätt erbjuds eleverna en helhetssyn på frågor och det smala ämnesperspektivet får en bredare vinkling (Skolverket, 2024b; Sund & Sund, 2024). Samtidigt kan eleverna specifikt i teknikundervisningen öva på de arbetssätt som används för att lösa problem genom att identifiera och utveckla tekniska lösningar. Teknikundervisningen kan stärka elevernas kompetens och öka medvetenheten om hur de kan bidra till att lösa globala hållbarhetsutmaningar och behöver därmed få en framträdande roll i skolan.

Syftet med teknikundervisningen i grundskolan kan sägas vara tvådelat: För det första bidra till medborgerlig teknisk bildning (se även Hallström & Stolpes kapitel). För det andra väcka ett intresse för och ge kunskaper i och om teknikens arbetsmetoder och framtida yrken inom teknikområdet. Teknikämnet i gymnasiet har liknande syften men fokuserar i större utsträckning på att förbereda eleverna för vidare studier inom teknik. I grundskolan ska eleverna få utveckla kompetenser inom teknik, med fokus på hållbar utveckling och teknikens roll i samhället. För årskurserna 4–6 ligger tonvikten på säkerhet, möjligheter och risker med teknik i vardagen samt reflektioner över teknikvalens konsekvenser för människor och miljö. I årskurserna 7–9 utvidgas dessa koncept till att inkludera ett samhällsperspektiv och en djupare förståelse för teknikens

dubbla roller som både problem och lösning i miljöfrågor. Eleverna uppmuntras att se teknikval från flera perspektiv för att uppnå en mer nyanserad förståelse och kunna fatta självständiga beslut. I gymnasiet betonas teknikämnet som tvärvetenskapligt, med fokus på teknikens betydelse för samhällsutvecklingen, från idé till återvinning, samt dess bidrag till ett hållbart samhälle. Eleverna ska också få insikt i hur teknikutveckling påverkas av samhället och olika sociala faktorer, såsom könsnormer. Utbildningen ska förbereda elever för aktivt deltagande i teknikutveckling med ett etiskt förhållningssätt, entreprenörskap, och förmågan att kommunicera tekniska begrepp.

Att undervisa teknik i relation till hållbar utveckling innebär att låta eleverna arbeta med arbetsformer och teman som utvecklar relevanta kompetenser för hållbar utveckling. Detta görs inom det innehåll som omfattas av kursplan respektive ämnesplan i teknik och där en sammanflätning av vad- och hur-frågorna görs.

Relevanta kompetenser för hållbar utveckling

Att integrera hållbarhet i vår utbildning är avgörande för att skydda såväl planetens som människors välmående. Vi behöver öka vår kunskap och förbättra våra färdigheter och attityder för att kunna leva, arbete och agera på ett sätt som främjar hållbarhet (Bianchi m.fl., 2022). I avsnittet ovan framgår att hållbar utveckling kan genomsyra både teknikundervisningen i sin helhet och ämnesövergripande arbeten eftersom det återfinns i konkret ämnesinnehåll, i kunskaper samt som ett övergripande förhållningssätt.

Hållbarhetskompetenser är de kunskaper, färdigheter och attityder som behövs för att förstå och hantera hållbarhetsutmaningarna. Europeiska unionens ram för hållbarhetskompetens, möjliga att utvecklas inom utbildningssystemet, är: värdesätta hållbarhet, stödja rättvisa, främja naturen, systemtänkande, kritiskt tänkande, problemformulering, framtidskompetens, anpassningsförmåga, utforskande tänkande, politisk handlingsförmåga, kollektivt handlande, individuell initiativförmåga (Bianchi m.fl., 2022). Vissa av EU:s hållbarhetskompetenser återkommer även hos UNESCO:s nyckelkompetenser för hållbar utveckling (Unesco, 2017):

- *Systemtänkande*: förmågan att känna igen och förstå förhållanden och att analysera komplexa system med feedbackloopar.
- *Förutseende*: förmågan att förstå och utvärdera olika möjliga framtidsscenarier.
- *Normativ kompetens*: förmågan att förstå och reflektera över de normer och värderingar som ligger till grund för ens egna och andras handlingar.

- *Strategisk kompetens*: förmågan att främja en hållbar utveckling lokalt och i ett större sammanhang.
- *Samarbets- och samverkanskompetens*: förmågan att lära av, förstå och samarbeta med andra.
- *Kritiskt tänkande*: förmågan att reflektera, ifrågasätta normer, praktik och åsikter.
- *Självkännedom:* förmågan att kontinuerligt utvärdera och motivera sina egna handlingar och att hantera egna känslor och önskningar.

Dessa nyckelkompetenser för hållbar utveckling har sitt ursprung i bland annat ett ramverk för hållbarhet, främst i högre utbildning, som Wiek m.fl. (2011) beskrivit. Även Rieckmann (2012) har varit tongivande i formuleringen av nyckelkompetenser för hållbar utveckling inom högre utbildning, speciellt inom högre teknisk utbildning (Quelhas m.fl., 2019; Shephard m.fl., 2019).

Teknikinnehåll och hållbar utveckling i förening

Ett sätt att främja en hållbar utveckling, att utveckla kunskaper och relevanta kompetenser, är genom en transformativ pedagogik. ”När de lärande uppmuntras att reflektera över och ifrågasätta den kunskap de inhämtar, tillgodogöra sig den och omsätta den i praktiken blir resultatet transformativt lärande” (Mezirow, 1997; Skolverket, 2024b). Eleverna får då lära sig grundläggande kunskaper och färdigheter men även kritiskt tänkande, konfliktlösning, problemlösning och påverkansarbete för att de ska utvecklas till ansvarsfulla globala medborgare (Unesco, 2017). Det som kännetecknar undervisningen är att den utgår från lokala och globala perspektiv, gör elever delaktiga och kritiskt tänkande, utgår från demokratiska värderingar, är ämnesövergripande och integrerar olika ämnen samt använder en mångfald av olika pedagogiska metoder (UHR, 2019).

Undervisning för hållbar utveckling ska som tidigare nämnts leda till att eleverna utvecklar relevanta kompetenser. Många av kompetenserna innebär en handling och att fatta beslut. För att kunna agera och skapa förändring krävs först en djup förståelse för våra hållbarhetsutmaningar, men det är avgörande att inte stanna vid enbart kunskap. Många känner idag en hopplöshet och oro kring framtiden (Folkhälsomyndigheten, 2023; Ojala, 2019; Lunde, 2023). Att få agera och arbeta tillsammans för att bryta ohållbara mönster kan skapa engagemang och ge hopp (Klimatpsykologerna, 2023). Elever behöver få vara med och bidra och bli lyssnade på. Deras förslag på lösningar och deras åsikter är värdefulla tillgångar som ska tas tillvara. Ett sätt är att öva i demokratiska påverkansvägar där deras idéer och tankar blir hörda. Det kan exempelvis vara via medborgarförslag eller insändare men elever kan också utöva konsumentmakt och direkt höra av sig till företag och organisationer med frågor och förslag.

Undervisningen kan därigenom upplevas relevant och autentisk (se även Nordlöfs kapitel). Det kan krävas en mottagare av det som eleverna gör och att teman och uppgifter utgår ifrån verkliga samhällsproblem som elever kan uppleva och hitta teknikrelaterade lösningar på. Eleverna behöver få möta olika aktörer och deras lärande kan ske i miljöer utanför skolan: i hemmet, på museum, i stadshuset, på företag, i transportsystem med mera (Open Schooling, 2023). Undervisningens innehåll kan därför planeras med utgångspunkt i aktuella samhällsfrågor eller elevernas frågor och intressen, och sen därigenom knytas an till det centrala innehållet. Utgångspunkter kan vara de stora samhällsfrågorna, exempelvis Sveriges energiförsörjning, säkerhetsläget eller klimatkrisen. Utgångspunkter kan också vara frågor av mer lokal karaktär, exempelvis sociala problem i ett bostadsområde, dålig luft på centrumgator, utbyggnad av cykelvägar eller någon spektakulär detaljplan i kommunen (se även Sandsvedens kapitel). Elever är medborgare som kan påverka och förändra redan idag, de är viktiga aktörer i dagens samhälle. De behöver få veta det och inte bara få höra att de lär för framtiden. Att eleverna får agera är också viktigt för att kunna utvecklas för ett hållbart engagemang (Öhman & Sund, 2024).

En utbildning som inte bara informerar utan också inspirerar elever att bli framtida innovatörer och aktiva deltagare i arbetet för en hållbar värld kräver en undervisning som engagerar eleverna. En undervisning för engagemang innehåller tre aspekter. Den praktiska aspekten innebär just elevernas förmåga att göra något åt problemen, deras handlingskompetens. Det kan ses som en förmåga att förändra sina egna liv och att påverka samhällsutvecklingen. Den intellektuella aspekten som består av kunskaper om hållbarhetsproblemen och deras orsaker. Elever behöver utveckla ett kritiskt tänkande kring problemen men även förhålla sig till dem utifrån etiska och politiska perspektiv. Elever behöver även få utveckla kunskaper om sina egna relationer till problemen, hur de påverkar och påverkas av problemen. Den emotionella aspekten handlar om att rikta uppmärksamhet mot elevernas känslor kring miljö- och hållbarhetsfrågor såsom oro, motvilja, hopp och kamplust. Genom att skapa en undervisningsmiljö där eleverna får möjlighet att uttrycka och reflektera över sina känslor kan de relatera till hållbarhetsproblemen på ett personligt plan (Öhman & Sund, 2021).

Hållbarhetsproblem är ofta konfliktrika, så kallade wicked problems (Rittel & Webber, 1973) med många förslag till lösningar och där intressenter ofta har motsatta synpunkter (se även Svensson & Cederqvists samt Nordlöfs respektive kapitel). Samhällsproblem är konfliktrika och kännetecknas ofta av komplexitet, osäkerhet och värdekonflikter där det sällan finns givna svar och lösningar som är tydligt ”rätt” eller ”fel” (Lönngren, 2021). Det är en typ av problem som är vanliga i både hållbarhets- och teknikutvecklingssammanhang. Teknik behandlas, utvecklas och problematiseras kopplat till ekonomi, miljö,

sociala aspekter, värdekonflikter etcetera Genom att diskutera wicked problems kan elever ges möjlighet att utveckla systemtänkande där de kan analysera och förstå komplexa system. En konfliktrik fråga som engagerar eleverna kan vara utgångspunkten för en undervisningssekvens där eleverna får belysa och diskutera problemets komplexitet och de intresse- och värdekonflikter som finns (Lönngren, 2021). Exempel på sådana är skogsbruk, gruvbrytning, fiskeri, klimatförändringar, segregering, katastrofinsatser, resurshantering (Lönngren & van Poeck, 2021). Konfliktrika frågor kan användas som underlag för att iscensätta ett rollspel där olika intressenter diskuterar och förhandlar om hur ett givet problem bör hanteras (Lönngren, 2021). Rollspelet kan genomföras kring lösningsförslag eller konflikter eller konsekvensanalyser. Ett lämpligt upplägg är att först låta eleverna förbereda sig individuellt genom att läsa en kort beskrivning av problemet och eventuellt självständigt ta reda på mer information som behövs för att kunna diskutera problemet. Sedan kan eleverna delas in i ett antal intressegrupper där varje grupp får i uppgift att förbereda sig för en diskussion om hur problemet bör hanteras — utifrån den givna gruppens perspektiv. Därefter grupperas eleverna i tvärgrupper där de först genomför ett rollspel där de framför argument och motargument för olika lösningsförslag. Till sist kan tvärgrupperna få i uppgift att tillsammans försöka hitta en lösning som de tror att alla intressegrupper skulle kunna acceptera. Tvärgrupperna kan sedan presentera sina lösningar för de andra grupperna, vilket ger möjlighet till ytterligare reflektion och samtal kring den konfliktrika frågan (Lönngren, 2021).

Konkreta exempel

I detta avsnitt är syftet att synliggöra hur hållbar utveckling i teknikämnet kan förstås och undervisas (planeras, genomföras, utvärderas/bedömas). I två teman presenteras undervisningsexempel uppdelade på de didaktiska frågorna Varför?, Vad? och Hur? Exemplen kan anpassas för åk 4–6, 7–9 respektive gymnasiet kopplat till djup och komplexitet.

Hållbara städer och samhällen

Varför?

Befolkningsökning bidrar till behov av att förtäta städer och bygga ut stadsdelar. Hur ska dessa stadsdelar utformas för att tillgodose samhällets behov och boendes önskemål och samtidigt minimera påverkan på ekosystem? Dagens och framtida klimatförändringar ställer också andra krav på byggnormer, ytvattensystem och grönytor för att klara av högre temperatur, fler skyfall och kraftiga

oväder. I utformningen av nya stadsdelar behöver dessa krav beaktas och samtidigt står våra befintliga städer inför en nödvändig förändringsprocess. I undervisningen kan kunskaper om dessa utmaningar ges men samtidigt kan även fokus ligga på att synliggöra lösningar och nya tankesätt. I arbetsområdet kan betydelsen av olika tekniska system behandlas för att belysa och illustrera historiska och nutida framsteg i samhällsutvecklingen. Likaså kan undervisningen belysa hållbarhetsaspekter av olika materialval och tekniska lösningar samt olika planerings- och byggprocesser.

Vad?

Ge en aktuell kontext, det kan vara en pågående utbyggnad av en stadsdel i skolans kommun eller upprättandet av ett flyktingläger som just nu pågår. Vad behövs för att vanliga samhällsfunktioner ska kunna fungera? Hur fungerar tekniska system och vilka konsekvenser ger avsaknaden av dem? Här kan paralleller göras med Sverige för 100 år sedan, men också utblick till andra delar av världen. Detta kan exempelvis göras genom att lyfta fram betydelsen som vatten- och avloppssystem har för god hälsa och barns möjlighet till skolgång men även hur ekosystem påverkas om inte reningsverk finns eller fungerar. Samtidigt ges kunskap om hur olika delar samverkar, komponenters funktion och jämförelse mellan olika tekniska system kan göras för att visa på likheter och skillnader. Exemplifiera olika konfliktrika frågor i anslutning till valt arbetsområde.

I undervisningen kan en samhällsplanering för hållbara städer synliggöras genom att visa verkliga exempel; planprocessen, miljömätning i bygg- och anläggningsprocesser, 15-minutersstaden där individer kan cykla till bland annat jobbet, skolan och affären på 15 minuter, 3- 30- 300-regeln[15], vertikala trädgårdar, stadsodling, kollektivt boende, hållbar mobilitet, energieffektivisering och förnybar energiframställning, energilagring, materialjämförelser gällande koldioxidutsläpp och resurstillgång. Det kommer ständigt ny forskning på området som visar fram goda exempel och initiativ i linje med en hållbar samhällsutveckling.

[15] 3-30-300 är en regel som har tagits fram för att veta hur mycket växter en stad behöver. 3 träd. Alla ska kunna se minst tre träd från sin bostad, skola och arbetsplats. 30 procent. Varje stadskvarter ska ha minst 30 procents krontäckningsgrad. Måttet krontäckningsgrad talar om hur stor del av en yta som skuggas av trädkronor. 300 meter. Alla invånare ska ha max 300 meter till ett grönområde. Källa: https://se.thegreencities.eu/fakta-om-3-30-300/

Hur?

Här ges samma kontext för åk 4–6, 7–9 respektive gymnasiet. Variationer görs istället i innehållets djup och komplexitet.

Låt eleverna inledningsvis tänka och diskutera i grupper och ge förslag på vad som behövs i stadsdelen för att vanliga samhällsfunktioner ska kunna fungera: skola, service i form av affärer samt vård och omsorg, vatten och avlopp, gator, elektricitet, värme, sophämtning, transporter och kommunikation med mera. Dela sedan in eleverna i projektgrupper och låt dem få formulerade uppdrag. Tanken är att olika grupper kan få arbeta med olika delar: Plankartan, olika utredningar och förslag i planeringsskedet (naturvårdsplan, vatten- och avloppsförsörjning, parkförslag, MKB miljökonsekvensbeskrivning, trygghetsfrågor, dagvattenhantering, belysning, barnperspektivet, etc.), bygglovsansökan för byggnad samt program för utbyggnaden. Under arbetsområdet kan det vara värdefullt att föra en diskussion kring tekniska systems funktion och betydelse. Diskussionerna kan även fungera som bedömningsunderlag. Med sina nyvunna kunskaper får eleverna prova att vara samhällsplanerare som tar fram ett förslag på hur en stadsdel eller byggnad i närområdet kan förändras för att i hög grad bli hållbar. Som en avslutning kan de få visa sitt förslag med en illustrerande planritning och skriftligt eller muntligt motivera varför förändringen leder till förbättringar genom att knyta an till olika globala mål ur Agenda 2030. Man kan även problematisera vad förändringen har för negativa konsekvenser i form av resurs- och energiåtgång samt olika intressenters skilda synpunkter. I arbetsområdet kan eleverna också få öva demokratiska arbetsformer genom att genomföra ett rollspel eller hålla en debatt om framförda förslag eller aktuella frågor under kursens gång exempelvis vilken energiförsörjning det lokala området ska ha, hur tillgängligheten för bilar ska vara eller vilken arkitektur som ska prägla området. Men eleverna kan även delge sina förslag till inbjudna politiker eller skicka in ett medborgarförslag till aktuell politisk nämnd alternativt skriva insändare till lämplig tidning.

Viktigt är att elever genom arbetet får möjlighet att utveckla nyckelkompetenser för hållbar utveckling, exempelvis de som presenterades tidigare i kapitlet: systemtänkande, förutseende, normativ kompetens, samarbets- och samverkanskompetens, kritiskt tänkande och självkännedom. I de sammanhangen behöver eleverna få öva på förmågan att göra något åt problemen, att de kan förändra sina egna liv och att påverka samhällsutvecklingen. Dessutom behöver de ges möjlighet att uttrycka känslor som oro, hopp, omsorg, motvilja och kamplust.

Innovation och produktutvecklingsprocessen

Varför?

Sverige är ett ledande innovationsland (European innovation scoreboard, 2023) och är känt för entreprenörskap och uppfinnare. Många produkter och tjänster som återfinns på marknaden är utvecklade i Sverige. Idag är mängden produkter vi äger och konsumerar fler än någonsin. Bakom nästan varje produkt vi köper finns en lång global produktkedja. Handeln kan förbättra levnadsvillkor för arbetstagare och företagare som har möjlighet att delta i den globala handeln men den kan också leda till negativa konsekvenser. Priserna sjunker när utbudet ökar, men de pressade priserna sker ofta på bekostad av miljön och de mänskliga rättigheterna. Många råvaror tas fram med bristfällig skydd för arbetare och samtidigt vet vi att jordens resurser inte räcker till (Earth Overshoot Day). Under produkttillverkningen genomgår råvaran komplicerade och miljökrävande processer som ofta ger negativa konsekvenser för den omgivande miljön men också hälsoproblem för människor och andra organismer i dess omgivning. Därtill förekommer tvångsarbete, otrygga anställningar, barnarbete och låga löner som ökar inkomstklyftorna i världen och hindrar en god samhällsutveckling. De globala målen för hållbar utveckling innefattar målsättningar kring hur produktionen ska bli mer hållbar men konsumtionen måste också minska och övergå från linjär till cirkulär ekonomi med delningsekonomi och där vi reparerar och återvinner mer. Kunskaper om omställningen kan utvecklas i teknikundervisningen för att eleverna ska bli medvetna konsumenter som kan fatta välgrundade beslut baserat på fakta.

Vad?

Detta är ett ämnesområde som sträcker sig över samtliga långsiktiga mål för teknikämnet i grundskolan och berör även målen i gymnasiets teknikämne. Eleverna kan genom undervisningen utveckla en bättre helhetsförståelse för teknikutvecklingsprocessen och tillverkningsprocesser men också vilka konsekvenser det vi tillverkar och köper ger på miljön och på människors levnadsvillkor. Området innefattar teknikutvecklingsprocessen och produkters livscykel och här kan kunskaper utvecklas om materialegenskaper och produktionssystem (se även Nordlöfs kapitel om teknikutvecklingsprocessen).

Elever kan utveckla egna uppfinningar utifrån de hållbarhetsutmaningar som framkommer i de Globala målen för hållbar utveckling. Under arbetets gång får eleverna möta teknikutvecklingsprocessens olika faser och lära sig grunderna för produktutveckling och tillverkningsindustrin. När eleverna tagit fram sin produkt kan de även göra livscykelanalyser på produkten som beskriver råvarornas möjliga härkomst, produktens energi- och miljöpåverkan samt hur

råvaran sedan ska tas om hand när produkten är uttjänt. Här kan även etiska frågor kring arbetsmiljö och arbetsvillkor behandlas. Teknikämnet har en unik möjlighet att ge kunskap kring produkters och konsumtionens påverkan, och då kan också ett mer kritiskt förhållningssätt till vår teknikanvändning inkluderas. Undervisningen kan visa på den globala marknaden och hur produkter produceras och konsumeras. Det finns många filmer och artiklar som visar på problemen inom olika tillverkningsindustrier exempelvis för mobiltelefoner och jeans. Konsumtionssamhället upprätthålls av planerat åldrande eller inbyggt åldrande där en varas livslängd begränsas genom att den antingen går sönder eller uppfattas som omodern.

I undervisningen kan eleverna få kunskaper om hela kedjan från råvara till färdig produkt. Den kedjan omfattar dels själva teknikutvecklingsprocessen och tillverkningen, dels olika tekniska system såsom transport-, energi- och avfallssystemet. Begrepp som cirkulär ekonomi, prylbanta, produktmärkning och delningsekonomi kan behandlas samtidigt som eleverna lär sig om de olika faserna i produkters livscykler (Skolverket, 2024a; 2024b).

Hur?

Inleda med att väcka elevernas engagemang, exempelvis genom att utforska hur olika uppfinningar har utvecklats. I årskurs 4–6 kan fokus exempelvis ligga på uppfinningars historia medan elever i årskurs 7–9 kan fördjupa sig i tekniska lösningar för en teknisk förändring såsom bevarandet av mat, lyssna på musik, kommunikation, matlagning etcetera Ett roligt inslag är att genomföra intervjuer med syfte att kartlägga behoven i teknikutvecklingsprocessen eller som en del av den historiska tillbakablicken för att utforska hur tekniken förändrats. Viktig i detta sammanhang är att tydliggöra för eleverna vad teknikutvecklingsprocessen innebär och vad teknisk förändring betyder, det har visat sig att det är lätt att blanda ihop teknikens förändring med teknikutveckling som det menas i teknikutvecklingsprocessen. Att intervjua en äldre släkting kan här göras för att lyfta fram barns och ungdomars liv förr i Sverige men också för att göra jämförelser med andra länders levnadsstandard.

I utvecklingen av en egen produkt kan eleverna med fördel arbeta tillsammans för att utveckla förmågorna problemlösning, samarbete och kommunikation. I teknikutvecklingsprocessen övar eleverna att visualisera sin idé genom skiss, ritning och modeller vilket även kan ske digitalt. I den tekniska rapporten kan eleverna motivera sina val av material och tillverkningsprocess. De kan även här beskriva på vilket sätt deras tekniska lösning bidrar till uppfyllelsen av globala målen för hållbar utveckling men även på vilket sätt lösningen hindrar uppfyllelsen av de globala målen. Då kan eleverna analysera hur deras produkt och dess produktion påverkar människa, samhälle och miljö. Eleverna kan iscensätta en mässa på det lokala biblioteket med inbjudna gäster för att de ska ges

möjlighet att presentera sina idéer. För elever i årskurs 6–9 samt på gymnasiet finns även den nationell tävling Unga innovatörer där de kan skicka in sina uppfinningar för att bedömas av en jury och ha möjlighet att vinna priser.

Under arbetsområdet kan eleverna fördjupa sig i sin egen eller andras produkters livscykel. Redovisningen kan sedan göras genom att skriva en barnbok som sedan läses upp för en yngre årskurs eller genom ett muntligt föredrag för åhörare. Men eleverna kan också skicka in frågor eller förslag till företag som säljer eller tillverkar produkten de gjort en livscykelanalys kring i syfte att förbättra företagets hållbarhetsarbete.

Författarpresentation

Susanne Engström, docent och lektor i teknikdidaktik, arbetar på Kungliga Tekniska högskolan (KTH) med forskning och undervisning av ämneslärarstudenter. Hon forskar om autentisk undervisning, ämneslitteracitet och teknikundervisning som möter framtidens krav samt undervisar i teknikdidaktik och hållbar utveckling

Maria Sundler är grundskollärare i teknik, NO och matematik men arbetar nu som samordnare av lärande för hållbar utveckling för Stockholm stads grundskolor. Hon bedriver även forsknings- och utbildningsprojekt via Stockholm Teaching & Learning Studies (STLS) samt Kungliga Tekniska högskolan (KTH).

Referenser

Bianchi, G., Pisiotis, U., Cabrera Giraldez, M. (2022). *GreenComp: The European sustainability competence framework*. Punie, Y. & Bacigalupo, M. (Red.), EUR 30955 EN, Publications Office of the European Union. doi:10.2760/821058, JRC128040.

Earth Overshoot Day. (u.å.). About Earth Overshoot Day. https://overshoot.footprintnetwork.org/about-earth-overshoot-day/

European innovation scoreboard. (2023). https://research-and-innovation.ec.europa.eu/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard_en

Folkhälsomyndigheten. (2023). Ett kunskapsstöd om klimatoro hos barn och unga. https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/dcc1fa16b8e54febb1b0694ca1fa7afe/barn-unga-upplever-klimatoro.pdf

Quelhas, O. L. G., Lima, G. B. A., Ludolf, N. V.-E., Meiriño, M. J., Abreu, C., Anholon, R., Vieira Neto, J., & Rodrigues, L. S. G. (2019). Engineering education and the development of competencies for sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, *20*(4), 614-629. https://doi.org/10.1108/IJSHE-07-2018-0125

Klimatpsykologerna. (2023). De ekologiska kriserna kräver konstruktivt hopp. *Dagens Nyheter*. https://www.dn.se/kultur/klimatpsykologen-de-ekologiska-kriserna-kraver-konstruktivt-hopp/

Lunde, T. (2023). Undervisning kan rusta elever för att hantera sin klimatoro. *ATENA Didaktik, 5*(2). https://doi.org/10.3384/atena.2023.4590

Lönngren, J. (2021). Wicked problems i lärande för hållbar utveckling – Vägledning för att ta fram exempel och problembeskrivningar. *Högre utbildning, 11*(3), 67–75.

Lönngren, J., & van Poeck, K. (2021). Wicked problems: a mapping review of the literature. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 28*(6), 481–502. https://doi.org/10.1080/13504509.2020.1859415

Mezirow, J. (1997). Transformative Learning: Theory to Practice. *New Directions for Adult and Continuing Education*, 74, 5–12. https://doi.org/10.1002/ace.7401

Ojala, M. (2019). Känslor, värden och utbildning för en hållbar framtid: Att främja en kritisk känslokompetens i klimatundervisning. *Acta Didactica Norge - tidsskrift for fagdidaktisk forsknings- og utviklingsarbeid i Norge, 13*(2), 1-17.

Open schooling (2023). European Policy Brief. Open-schooling-policy-brief-.pdf

Rieckmann, M. (2012). Future-Oriented Higher Education: Which Key Competencies Should be Fostered Through University Teaching and Learning? *Futures, 44*(2), 127–135.

Rittel, H. & Webber, M. (1973). Dilemmas in a General Theory of Planning. *Policy Sciences, 4*(2), 155-169.

Shephard, K., Rieckmann, M., & Barth M. (2019). Seeking Sustainability Competence and Capability in the ESD and HESD Literature: An International Philosophical Hermeneutic Analysis. *Environmental Education Research, 25*(4), 532-547. https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1490947

Skolverket. (2024a). *Innovation och konstruktion, åk 7–9* [Lärportalens modul]. https://larportalen.skolverket.se/api/resource/P03WCPLAR173715

Skolverket. (2024b). *Leda lärande för hållbar utveckling* [Lärportalens modul]. https://larportalen.skolverket.se/api/resource/P03WCPLAR147221

Sund, P., & Sund, L. (2024). *Hållbar utveckling: Didaktik för ämnesövergripande undervisning* (2 uppl.). Studentlitteratur.

UNESCO. (2017). Education for sustainable development goals: Learning objectives. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444

Universitets- och högskolerådet. (2019). Lärande för hållbar utveckling i styrdokument för förskola och skola. https://www.uhr.se/publikationer/publikationsbutiken/larande-for-hallbar-utveckling-i-styrdokument-for-forskola-och-skola/

Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C.L. (2011). Key Competencies in Sustainability: A Reference Framework for Academic Program Development. *Sustainability Science, 6*(2), 203–218.

Öhman, J. & Sund, L. (2024). Didaktisk modell för hållbart engagemang (Nyhetsarkiv). Örebro universitet. www.oru.se

Öhman, J. & Sund, L. (2021). A Didactic Model of Sustainability Commitment. *Sustainability*, *13*(6), artikel 3083. https://doi.org/10.3390/su13063083

Teknikutveckling – perspektiv på hur läraren kan forma undervisning

Charlotta Nordlöf
Institutionen för beteendevetenskap och lärande (IBL), Linköpings universitet

Genom att börja undervisningen redan i problemet kommer eleverna få en bredare syn på möjliga lösningar. Läraren kan välja hur teknikutvecklingsarbetet beskrivs och hur problemet som eleverna ska arbeta med formuleras.

Genom att variera problem och metoder kommer eleverna få en bred bild av vad teknik är och en större förståelse för vilka slag av tekniska utmaningar som vi människor kan ställas inför. Läraren kan styra hur eleverna ska visa sina lösningar redan i utformningen av det problem som ska lösas.

Att belysa att elevernas arbetsprocess vid exempelvis bedömning är lika central som slutprodukten. Detta bidrar till en breddning av vilka kunskaper som är i fokus i undervisningen.

Teknikutveckling – en del av teknikämnet

I klassrum runt om i världen jobbar elever med att lösa tekniska problem. Någon klass har ett uppdrag som innebär att de utvecklar miljön på skolgården, på någon annan plats arbetar elever med att utveckla möbler av kartong för att hjälpa ett lokalt företag att ta vara på sitt spillmaterial. I en tredje skola, där uppfinningar är temat under en hel termin, är fokus just nu på tetraförpackningen – hur den kom till och hur den fungerar. Nästa steg för dessa elever är att utveckla egna tekniska lösningar som löser vardagsproblem.

Att ha kunskap om hur ny teknik utvecklas och att själv få arbeta med att utveckla tekniska lösningar är återkommande innehåll i teknikundervisningen. Likaså är ett av de grundläggande syftena med teknik att lösa problem. Att utveckla teknik är något som historiskt funnits med genom flera kursplaner och som finns med både i grundskolan och gymnasiets teknikämnen. Det är också ett ämnesinnehåll som återfinns i många andra länders teknikundervisning. I England heter skolämnet *Design and technology* (Department for Education,

2013) där en stor del av ämnesinnehållet handlar om att utveckla teknik och lösa tekniska problem.

När vi talar om att utveckla teknik och lösa tekniska problem använder vi olika termer och begrepp. I England används ordet *design*. Det är ett ord som på svenska kopplas till formgivning snarare än den teknikutvecklingsprocess som kommer att beskrivas här[16]. Vi använder också ordet produktutveckling, vilket kan vara lite avgränsande då det för våra tankar till just en produkt eller en artefakt. Teknik är inte bara artefakter utan kan också vara system eller processer, och därför är begreppet teknikutveckling passande att använda när arbetet med att utveckla tekniska lösningar och att lösa tekniska problem beskrivs.

Teknikutveckling kan övergripande beskrivas av fem steg (CETIS, 2022):

(1) projektering – identifiering av behov, analys, idégenerering, prototyp, utprövning,
(2) produktion,
(3) distribution,
(4) användning och
(5) återvinning (avveckling).

Stegen bildar tillsammans en process, teknikutvecklingsprocessen. I ingenjörsutbildning, och ibland även på gymnasiet, används CDIO[17] som ett ramverk för utveckling av en teknisk lösning, från behov till produkt (system eller process) och avveckling (Linköpings universitet, u.å.).

Begreppen teknikutvecklingsarbete och teknikutvecklingsprocess beskriver alltså den arbetsprocess som ligger till grund för att lösa problem och utveckla ny teknik. Det är dessa begrepp som Skolverket valt att använda i styrdokumenten, och som också jag väljer att använda i det här kapitlet. Teknikutvecklingsarbete används främst i grundskolans kursplan för ämnet Teknik och teknikutvecklingsprocess används i ämnesplanen för Teknik på gymnasiet. I Ämnet design på gymnasiet används i stället ordet designprocess.

Teknikutvecklingsarbete är ett omfattande område och jag har valt att avgränsa mig till tre undervisningsnära aspekter av teknikutveckling som gemensamt handlar om hur läraren genom sina val och sin planering styr vad eleverna får möta. Det innebär att den här texten inte rymmer allt som en lärare vill veta om teknikutvecklingsarbete. I slutet av kapitlet finns lästips för den som önskar läsa mer.

[16] Begreppet teknikutveckling ska inte förväxlas med historisk utveckling av teknik, det vill säga teknisk förändring (se Klasanders även kapitel).

[17] CDIO står för conceive (att tänka ut), design (att skapa), implement (att genomföra) samt operate (att driva och förvalta).

Beskrivning av processen

Teknikutvecklingsprocessen är en arbetsprocess som används på ett systematiskt sätt för att lösa problem och utveckla ny teknik (CETIS, 2022). Teknikutvecklingsprocess är därmed något ord som eleverna ska kunna göra, snarare än bara beskriva.

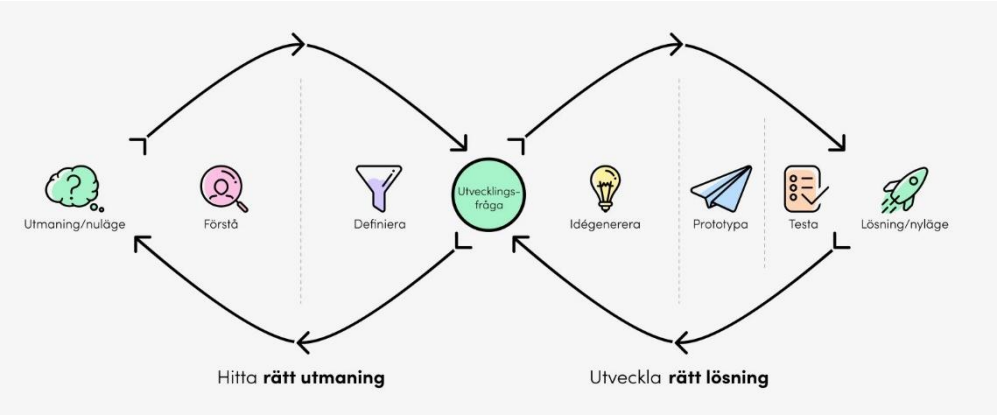
Arbetet med teknikutveckling i skolan är en förenkling av en process som återfinns i andra skolformer och utbildningar men också i arbetslivet. Det är alltså inte en arbetsprocess som är skapad bara för en kurs- eller ämnesplan utan ett exempel hämtat från, och kopplat till, både arbetslivet och högre utbildning (se även Nordlöfs kapitel). Även om den bärande tanken för att utveckla teknik i grunden är densamma, så kan processen beskrivas och gestaltas på olika sätt. Texten Teknikutvecklings- och konstruktionsarbete (CETIS, 2022) ger en sammantagen bild och grundläggande beskrivning av teknikutvecklingsprocessen och dess progression i svensk skola, från grundskolan till gymnasiet med utgångspunkt i Skolverkets styrdokument (kursplan, ämnesplan och kommentarmaterial). Den är en bra grund för att få djupare förståelse för det här kapitlet.

Att undervisa om teknikutveckling

Att tolka kursplanen och att skapa undervisning anpassad för de egna eleverna är en av lärarens huvuduppgifter, och det är nog en del av yrket som många lärare uppskattar. När det handlar om teknikundervisning har läraren goda möjligheter att lägga upp undervisningen på ett sätt som ger eleverna en bred bild av vad teknik är och en vidare syn på vad om är viktigt att kunna inom det omfattande område som teknik är. Att ge eleverna möjlighet att få förståelse för problemet är en del av uppgiften, att utforma uppgiften på ett sätt som passar elevernas förutsättningar samtidigt som det utmanar dem och att synliggöra både process och produkt är tre perspektiv som lärare kan vara lite extra observanta på vid planering och genomförande av undervisning om teknikutvecklingsarbete.

Att börja i problemet

Teknikutvecklingsprocessen är som sagt en arbetsprocess som används både i utbildning och i arbetslivet, och även om den i grunden utgår från samma princip kan den beskrivas och visualiseras på olika sätt. Ett sätt att beskriva processen illustreras i figur 1 där stor vikt läggs på att förstå och definiera utmaningen i processen.



Figur 1. Designprocessen så som Stiftelsen Svensk Industridesign (SVID) illustrerar den. Illustrationen har valts eftersom den lägger stor vikt vid att förstå och definiera utmaningen. Observera att den här modellen har sitt fokus på att hitta en lösning, men går inte vidare med produktion och efterföljande steg, vilket kan vara önskvärt på gymnasiet.

Stegen i processen benämns här som utmaning/nuläge, förstå, definiera, idégenerera, prototypa, testa, lösning/nuläge. Den här modellens fördel är att den också visar att processen inte är linjär utan genomförs upprepade gånger (jämför med Wikberg-Nilsson m.fl., 2015). Framför allt visar illustrationen att processen består av två delar. Den första delen handlar om att förstå utmaningen och nå fram till en utvecklingsfråga, det vill säga att förstå och definiera problemet som ska lösas. Den andra delen handlar om att utveckla lösningen på utvecklingsfrågan.

Elever behöver undervisas om processen. En amerikansk studie, där 800 elever i årskurs 6 deltog, visar att elever lyckas bättre med att lösa ett tekniskt problem om de får undervisning om teknikutvecklingsprocessen och speciellt får stöd i att förstå och undersöka problemet. I detta fall testades en modell som utformats för att eleverna skulle lägga mer tid på att undersöka och förstå problemet, innan de började arbeta med lösningar (Hughes & Denson, 2021). I en studie där gymnasieelever jämfördes med yrkesverksamma ingenjörer kunde forskarna se att eleverna la mindre tid på att förstå utmaningen jämfört med experterna (Becker m.fl., 2012). Även om experter inte följer en modell för teknikutvecklingsarbete linjärt från början till slut utan arbetar mer iterativt, så behöver elever få en grund i vad teknikutvecklingsarbete innebär och förstå processen steg för steg, genom undervisning och stöd av sin lärare (Hughes & Denson, 2021).

Hur varje lärare väljer att beskriva och undervisa om processen har betydelse för vad eleverna får möta. Undervisningen behöver anpassas till elevernas

ålder, förkunskaper och erfarenheter. Att som lärare ta stöd av en modell av processen (se även Norströms kapitel), som modellen i figur 1, underlättar både för läraren själv och för eleverna att se hela kedjan och hur delarna hänger ihop. Modellen kan dessutom vara ett stöd för att inte sätta lösningen i centrum. I undervisningssituationer hamnar fokus lätt på att hitta rätt lösning (vilket motsvarar den högra delen i figur 1), och ibland speciellt på att skapa fysiska eller digitala modeller.

En del av att kunna hjälpa eleverna att förstå processen och vad problemet handlar om, är att läraren behöver vara medveten och tänka på hur uppgiften som eleverna får presenteras. I rutan här nedanför finns två varianter av hur en elevuppgift kan formuleras. Fundera en liten stund på skillnaden av formuleringarna i de båda elevuppgifterna. Vad skiljer dem åt?

> **Problem 1:** Tandläkarmottagningen som ligger granne med skolan ska byta ut stolarna i väntrummet. De har bett oss om hjälp att utveckla nya stolar som ska vara bekväma att sitta i och vara enkla att flytta på så att det ska gå lätt att städa och hålla rent i väntrummet.
>
> **Problem 2:** Tandläkarmottagningen som ligger granne med skolan ska byta ut inredningen i väntrummet. De har bett oss om hjälp med att hitta lösningar på patienternas behov av att kunna sitta och vänta på sin tur i väntrummet. De har två krav, patienterna ska kunna sitta bekvämt och väntrummet behöver kunna städas och hållas rent på ett enkelt sätt.

Problem 1 låter intressant och engagerande, och att kunna sätta uppgiften i ett verkligt sammanhang är positivt. Många elever i klassen har varit på tandläkarmottagningen och det är enkelt att gå dit för att studera lokalen. Men redan i beskrivningen har läraren låst lösningen till att vara en stol. I problem 2 beskrivs inte en lösning - utan en utmaning. Här kan vi direkt tänka oss andra typer av lösningar: fåtöljer, bänkar, soffor, pallar. Att arbeta med att hitta rätt utmaning och formulera uppgiften på ett mer öppet sätt kommer antagligen resultatera i en större variation och bredd på idéer och lösningar som eleverna kommer presentera.

Genom att dessutom stötta och leda eleverna genom den första delen av processen kan en ökad förståelse för utmaningen skapas. Låt eleverna att sätta sig in i vilka patienter som kommer till tandläkaren. Ni kommer upptäcka att det kan vara spralliga barn, vuxna som är oroliga för att besöka tandläkaren och äldre personer och har svårt att röra sig. Ni kommer förstå att alla inte har samma behov och då antagligen tänka ännu bredare på möjliga lösningar (se

även Bernhards kapitel): en gunga i taket, en fåtölj med lugnande massage eller en stol som underlättar för den som har svårt att resa sig upp.

Arbetet i den inledande delen av processen är en viktig del av teknikundervisningen. Det arbetet är minst lika betydelsefullt som själva lösningen. Ett grundligt arbete med nuläget kommer också leda undervisningen mot andra delar av teknikämnets centrala innehåll. Om väntrummet till exempel har extra sittplatser som är fästa i väggen och är utfällbara så kan läraren och eleverna behöva undersöka hur de fungerar (kunskaper om tekniska lösningar). För att kunna undersöka hur det befintliga möblemanget upplevs så behöver eleverna nog prata med patienterna i väntrummet och ställa några frågor om hur de tycker möblerna fungerar (reflektera över val av tekniska lösningar). Om uppgiften genomförs med äldre elever så behöver förmodligen begrepp som funktionsanalys, hållbarhet och ergonomi beröras. Boken ”Design – process och metod” (Wikberg-Nilsson m.fl., 2015) kan användas som stöd för dig som lärare kring dessa begrepp och genom hela teknikutvecklingsprocessen.

Att utforma elevernas uppgift

En betydelsefull del av lärarens arbete handlar om att tänka igenom uppgiften innan eleverna får den och reflektera kring frågor som: Vilket problem ska eleverna lösa? och Hur ska lösningen presenteras? Läraren behöver också tänka på att problemet ska vara lagom svårt. Det problem som eleverna ska arbeta med ska ju också vara utformat på ett sätt som ger dem möjlighet att nå de högre betygsnivåerna. Det är svårt för eleverna att själva förstå vilka tekniska problem som är passande, och därför behöver läraren förbereda genomtänkta och lagom omfattande problem att arbeta med. Att lämna uppgiften öppen och låta eleverna välja fritt kan tänkas vara motiverande för eleverna, men det finns en risk att hamna på fel nivå och få fel fokus. Ge i stället eleverna genomtänkta och avgränsade problem att jobba med. Ett öppet problem passar bäst för de äldre eleverna som har erfarenhet av att ta sig an olika typer av tekniska problem, till exempel som gymnasiearbete.

Att låta elever utveckla en möbel är förmodligen en ganska vanligt förekommande uppgift i teknikundervisning. Att utveckla möbler är tacksamt då det är relativt avgränsade problem och om avsikten är att eleverna ska träna på att bygga fysiska modeller så är också möbler tacksamma att arbeta med. Samtidigt kan det vara intressant att känna till att den finske formgivaren Eero Arino har sagt att ”en stol är det svåraste och mest fascinerande att formge” (Deurell, 2016). Många tekniska problem är dock inte så avgränsade som en möbel. Dagens samhällsutmaningar är komplicerade och kräver systemtänkande (se även Svensson & Cederqvists kapitel). Därför behöver läraren bredda bilden av teknik och den typ av problem som ska lösas. Om läraren låter eleverna möta olika

typer av problem som ska lösas kommer eleverna också få en bredare förståelse av vad teknik är. Ena gången kan uppgiften vara att utveckla en artefakt och en annan gång kan eleverna ställas inför en utmaning i samhället där lösningen är utveckling av ett tekniskt system. Det finns forskning som visar att intresset för teknik kan ökas om vi sätter tekniken eller den tekniska utmaningen i ett sammanhang. Fler elever intresserar sig för teknik om tekniken upplevs meningsfull och om den upplevs kunna bidra med något (t.ex. Nordlöf m.fl., 2024; Rooke, 2013; Svenningsson m.fl., 2022). Ett exempel på ett tekniskt problem i samhället kan vara att låta eleverna få fundera på en problematisk trafiksituation i staden. Som hur trafikljusen på genomfartsleden kan programmeras för att orsaka så lite köbildning som möjligt, eller hur gångvägen från villaområdet till skolan kan göras säkrare (se även Sandsvedens kapitel).

En bredare syn på vilken teknik som ska utvecklas eller vilka tekniska problem som ska lösas kommer också leda till att lösningarna kommer presenteras och visualiseras på flera olika sätt. Lösningarna kan visas med hjälp av skisser, bilder, ritningar, datorprogram, fotomontage, tekniska rapporter, poddinspelningar, posters eller modeller av kartong. Här är det viktigt att läraren tänker efter – Vad ska eleverna lära sig? Vad ska eleverna få testa? Träna på? Om en elevgrupp exempelvis får göra tre olika teknikutvecklingsprojekt under de tre år en lärare undervisar dem så blir en större bredd i undervisningen om eleverna får möta olika typer av problem och metoder än att varje år ha snarlika uppgifter.

Att välja hur lösningen ska presenteras är en viktig aspekt av lärarens planering av teknikutvecklingsarbete. När jag undervisar blivande ämneslärare på lärarutbildningen brukar jag låta dem få skapa både en fysisk modell och en digital modell av samma lösning, och sedan diskuterar vi för- och nackdelar. En slutsats som studenterna brukar komma fram till är att när de använder olika digitala verktyg (som CAD) blir verktygen inte bara redskap för att skapa själva slutprodukten. Ett digitalt ritprogram blir också en del av processen, det är lätt att ändra om ifall något inte blir som man tänkt sig och under arbetets gång växer nya idéer och lösningar fram. Fördelar med att arbeta med fysiska modeller är bland annat att de blir tydliga och kan upplevas med flera sinnen. Fysiska modeller visar dessutom både form och funktion. En nackdel kan vara att det ibland är knepigt att få till modellen precis som man vill ha den. I mitt exempel användes kartong som material för den fysiska modellen och då behöver jag som lärare också skapa en uppgift där lösningarna kan vara möjliga att skapa i just kartong. Det är till exempel enklare att bygga en kartongmodell av ett attefallshus än en bil. Men även med digitala verktyg är det en utmaning att skapa komplicerade former, såsom välvda ytor, inte minst för nybörjare. I nästa avsnitt kommer valet av metod för att visualisera sin idé diskuteras ur ytterligare ett perspektiv.

Samspelet mellan process och produkt i undervisningen

Målet med teknikutvecklingsarbetet, processen, är att hitta en lösning, en produkt. I det här avsnittet vill jag problematisera och väcka tankar kring att lyfta fram både process och produkt i teknikutvecklingsarbetet. I skolan är det vanligt att teknikutvecklingsarbete mynnar ut i en fysisk modell (Citrohn m.fl., 2023) och bland de lite äldre eleverna är även digitala ritningar och CAD-modeller ett vanligt förekommande sätt att visualisera den tekniska lösningen (Brink m.fl., 2022). Elever tycker många gånger att det är roligt att skapa modeller. Att få skapa och bygga något kan vara en förväntan hos eleverna, enligt en fokusgruppstudie med lärare (Nordlöf m.fl., 2024). En av lärarna i studien arbetar på mellanstadiet och hon beskriver att hennes elever förväntar sig att ”bygga och ha kul” på tekniklektionerna. En annan lärare i studien bekräftar detta och menar att det kan vara svårt att inspirera eleverna till andra delar av undervisningen då de varje lektion förväntar sig att få bygga och skapa. Med den typen av förväntningar är det lätt hänt att fokus hamnar på slutprodukten. Ett annat exempel som också drar uppmärksamheten mot slutprodukten är att det är den som presenteras och visas upp. Det förekommer att gymnasieskolor har en teknikmässa i slutet av året och visar upp sina produkter. Det är ett trevligt sätt att visa upp vad man jobbat med under året för föräldrar, yngre elever eller andra lärare. Att presentera sin lösning i form av en modell på en mässa är ett verklighetsnära sätt att arbeta på, men eftersom skolan i grund och botten är en utbildning är det inte enbart den slutliga lösningen som läraren ska ha i åtanke vid bedömning.

Att skapa fysiska modeller eller digitala modeller som ett resultat av teknikutvecklingsarbete är både lärorikt och kan bidra till autentisk lärande (se även Nordlöfs kapitel). Tidigare i kapitlet diskuteras att läraren behöver reflektera över vad det är eleverna ska få träna på och vilka kunskaper de ska få utveckla när de arbetar med teknikutveckling. Som lärare behöver vi också tänka på vad det är vi ska bedöma. Ett sätt att börja reflektera kring teknikutvecklingsarbete och närma sig bedömning är att tänka på vad som är produkten och vad som är processen i elevernas arbete, och hur man som lärare ser på dessa delar i relation till vad eleverna förväntas lära sig.

Som tidigare konstaterats så beskrivs teknikutvecklingsarbetet som en process i de svenska styrdokumenten (jämför med det engelska ordet *design process*). Processen är arbetet med att lösa problemet eller utveckla den tekniska lösningen. Teknikutvecklingsarbetet skildras som olika faser (grundskolan) eller delar (gymnasiet, ämnet Teknik) vilket alltså innebär att det inte är en sak utan en kedja bestående av olika delar, vilka tillsammans bildar en process. I betygskriterierna lyfts formuleringar som ”olika delar och hur dessa samverkar” (gymnasiet, Teknik, nivå 1) och att ”pröva och ompröva” (grundskolan, Teknik), vilket också pekar mot att det är processer och genomförandet av uppgiften

som ska bedömas. Lägg märke till att det i betygskriterierna inte står något om exempelvis estetik och slutproduktens utseende, däremot ska intentionen med lösningen vara synliggjord (grundskolan). Det är alltså inte enbart produkten som ska bedömas, minst lika viktig är processen.

Om eleverna ska bli bedömda på hur de arbetar med teknikutvecklingsprocessen så behöver de också undervisas om processen som helhet och de olika delarna, till exempel hur ett problem kan definieras eller metoder för idégenerering. Att undervisa om och att låta eleverna arbeta med teknikutvecklingsprocessen kan också erbjuda eleverna möjlighet att utveckla kunskaper om teknikens roll i samhället och i relation till hållbarhetsfrågor (Lind, 2019; Middleton, 2009).

I en brittisk studie följde två forskare teknikutvecklingsarbete med en grupp elever i 14-årsåldern (Barlex & Trebell, 2008). Syftet var att se vad resultatet blev när eleverna skulle jobba på ett sätt som kallades ”design without make”. I stället för att göra fysiska eller digitala modeller fick eleverna använda penna och papper. Både lärarna och eleverna var positivt inställda till arbetssättet. En god effekt var att de upplevde att de hade mer tid till utvecklingen av lösningen. Ett annat betydelsefullt resultat som studien visade på var att elevernas idéer inte begränsades av vad de själva kunde skapa i klassrummet. De lösningar som projektet resulterade i var kreativa och inte styrda av till exempel material. Det blev enklare att fokusera på arbetet, processen, i stället för att fastna på att framställa en fysisk eller digital modell, produkten. Samtidigt blev slutprodukterna kreativa och genomtänkta lösningar.

Avslutande reflektion

Mina egna erfarenheter, som lärare på teknikprogrammet i ämnen som Teknik och Design, är att eleverna ofta behöver stöttning i att se processen och att dokumentera processen. Det är lätt att ryckas med och börja jobba med första bästa idé, i stället för att systematiskt ta stöd i teknikutvecklingsprocessen. Det kan upplevas lite hämmande att behöva följa en process, men om min avsikt är att lära eleverna hur teknikutvecklingsarbete kan gå till så är det processen jag behöver undervisa om och låta eleverna träna på.

Lärarens uppgift (bland många andra) är att skapa undervisning som ger eleverna möjlighet att få möta hela teknikämnets innehåll. Tiden i skolan är begränsad och elever har olika förutsättningar och därför kommer olika lärare utforma undervisning på olika sätt. Vid ett tillfälle pratade jag med en ämneslärare på högstadiet som berättade att hon valt att bara jobba med uppgifter som blir klara på ett undervisningspass. Hennes argument var att det passade bättre för hennes elever att arbeta med uppgifter som var avgränsade. Ett sätt att arbeta med teknikutvecklingsprocessen kan vara att lägga upp arbetet just så, att dela upp teknikutvecklingsarbetets steg i mindre deluppgifter. En mer omfattande

uppgift, där flera delar av processen inkluderas, kan kanske passa bättre att spara tills eleverna blir äldre och är mer förberedda för att ta ansvar för sitt eget arbete.

Att låta eleverna träna på de olika delarna i processen och ge dem verktyg och metoder blir också en del av den undervisning om processen som är viktig för att eleverna ska få kunskap om vad processen är och vad den tillför. Genom att börja i problemet, att starta arbetet i utmaning och nuläge, så kan läraren också inkludera en större del av teknikämnets innehåll och kunskapsområden i undervisningen. Problemet eleverna ska ta sig an blir placerat i en kontext och undervisningen får ett sammanhang.

Tips på vidare läsning:

- Om CDIO för gymnasiet: se ”Att bli gymnasieingenjör” (skolverket.se)

- Om progression i Teknikutvecklings- och konstruktionsarbete: se CETIS (liu.se)

- Om Designprocessen: se ”Konkreta tips och fördjupning om arbete med teknikutveckling”: Wikberg-Nilsson, Å., Ericson, Å., & Törlind, P. (2015)

Författarpresentation

Charlotta Nordlöf är filosofie doktor i teknikens didaktik och arbetar som biträdande universitetslektor vid Linköpings universitet och har en bakgrund som tekniklärare på gymnasiet. På universitet undervisar hon lärarstudenter och är delaktig i forskningsprojekt som berör teknikens didaktik. Hon är även medarbetare på Nationellt resurscentrum för teknikundervisning i skolan (CETIS).

Referenser

Becker, K. H., & Mentzer, N., & Park, K., & Huang, S. (2012). *High School Student Engineering Design Thinking and Performance* ASEE Annual Conference & Exposition. https://doi.org/10.18260/1-2--21448

Barlex, D. M., & Trebell, D. (2008). Design-without-make: Challenging the conventional approach to teaching and learning in a design and technology classroom. *International Journal of Technology and Design Education*, *18*, 119-138.

Björklund, L., & Nordlöf, C. (2023). Product or Process Criteria?: What Teachers Value When Assessing Programming. I J.Hallström & M.J. deVries (Red.), *Programming and Computational Thinking in Technology Education* (s. 325-341). Brill. https://doi.org/10.1163/9789004687912_016

Borg, K. (2008). Processes or/and products – what do teachers assess? *Design and technology education: an international journal, 12*, 57-65.

Brink, H., Kilbrink, N., & Gericke, N. (2022). Teaching digital models: Secondary technology teachers' experiences. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(3), 1755-1775.

CETIS. (2022). *Teknikutvecklings och konstruktionsarbete*. https://liu.se/dfs-media/dd35e243dfb7406993c1815aaf88a675/58544-source/cetis-rodatraaden-teknikutvecklings-och-konstruktionsarbete

Citrohn, B., Stolpe, K., & Svensson, M. (2023). The use of models and modelling in design projects in three different technology classrooms. *International Journal of Technology and Design Education*, *33*(1), 63-90. https://doi.org/10.1007/s10798-022-09730-9

Department_for_Education. (2013). *Design and technology programmes of study: key stage 3. National curriculum in England*. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7c99ebed915d6969f46087/SECONDARY_national_curriculum__Design_and_technology.pdf

Deurell, J. (2016, 2016 05 10). "Åskbollens" skapare: Därför är stolen svårast att formge. *Svenska Dagbladet*. https://www.svd.se/a/vmx5w/askbollens-skapare-darfor-ar-stolen-svarast-att-formge

Hughes, A., & Denson, C. (2021). Scaffolding middle and high school students' engineering design experiences: quality problem-SCOPEing promoting successful solutions. *Journal of Technology Education*, *32*(2), 4.

Lind, J. (2019). *Elevers förståelse av tekniska system och designprocesser: Det är tekniskt, ganska svårt och avancerat.* [Licentiatuppsats, Lunds universitet]

Linköpings universitet. (u.å.). *CDIO på Tekniska fakulteten vid Linköpings universitet*. Hämtad 2024 01 23 från https://liu.se/organisation/liu/lith/cdio

Middleton, H. (2009). Problem-solving in technology education as an approach to education for sustainable development. *International Journal*

of Technology and Design Education, *19*(2), 187-197. https://doi.org/10.1007/s10798-008-9075-3

Nordlöf, C., Höst, G., & Hallström, J. (2024). Technology teachers' talk about knowledge: from uncertainty to technology education competence. *Research in Science & Technological Education*, 42(2), 336-356.

Rooke, G. (2013). *In search for gender awareness in technology education* [Licentiatuppsats, KTH].

Svenningsson, J., Höst, G., Hultén, M., & Hallström, J. (2022). Students' attitudes toward technology: exploring the relationship among affective, cognitive and behavioral components of the attitude construct. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(3), 1531-1551.

Wikberg-Nilsson, Å., Ericson, Å., & Törlind, P. (2015). *Design: process och metod*. Studentlitteratur AB.

Reglersystem

Jonas Hallström
Institutionen för beteendevetenskap och lärande (IBL), Linköpings universitet

Lärare bör starta med att låta eleverna studera blockdiagram där reglersystemet som *helhet* beskrivs, innan man visar enskilda komponenter som till exempel sensorer och reglerdon. Syftet med detta är att fokusera på reglersystemets övergripande funktion och principerna för återkoppling.

Elever kan bygga egna, enkla reglersystem till exempel med BBC Microbit, där de själva kan testa principerna för återkoppling och lära sig mer om enskilda komponenter och hur de ska kopplas ihop.

De övergripande principerna hos reglersystem och byggande av enkla system kan påbörjas redan på mellanstadiet, medan byggande av mer avancerade system lämpligen introduceras på högstadiet. Att räkna på olika typer av reglering i system görs lämpligen i slutet av gymnasiet, eller därefter, beroende på elevernas kunskaper i matematik.

Inledning

Alla system styrs på ett eller annat sätt genom att systemets utsignal återförs för att modifiera dess insignal – genom så kallad återkoppling[18]. Ett bekant exempel på återkoppling är vårt matspjälkningssystem: när vi blir hungriga så signalerar kroppen att vi behöver få i oss mat men när kroppen känner att maten gör verkan och blodsockret ökar, minskar hungern och matintaget avtar vartefter. På motsvarande sätt blir återkopplingen ett verktyg för att aktivt styra, kontrollera och/eller stabilisera systemet på ett så effektivt sätt som möjligt. Reglertekniken är central för nästan all modern teknik.

Modern reglerteori utvecklades från början av 1900-talet i samband med framväxten av alltmer komplexa tekniska system som urbana system (till exempel telefoni, vatten och avlopp), vapensystem och kommunikationssystem (Hughes, 2004; Mindell, 2002). Idag finns reglerade system i allt från bilar till flygplan till mobiltelefoner till värme- och ventilationssystem till industriella

[18] På engelska används ordet feedback.

processer, och därför kan man hävda att kunskaper om reglerteknik och reglersystem är centrala för att förstå den teknik som bygger upp dagens samhälle.

I huvudsak handlar reglerteknik om att styra och reglera produkter och system och få dem att bete sig på det sätt som vi vill att de ska göra (Glad & Ljung, 2000, 2006). Detta görs genom att använda reglerenheter och sensorer för i första hand negativ återkoppling som reducerar alltför stora svängningar i systemet och säkerställer tillförlitlighet, förutsägbarhet och stabilitet. Återkoppling gör också systemet i någon mening automatiskt. Det reglerar sig självt med hjälp av information från olika typer av sensorer; systemet regleras konkret med hjälp av reglerdon baserat på en jämförelse mellan in- och utsignal i systemet. I detta kapitel behandlas primärt linjära system med proportionell reglering, vilket är den vanligaste typen av reglersystem (Glad & Ljung, 2006). Återkoppling är alltså den centrala mekanismen inom ett reglersystem, och anses vara ett centralt kunskapsinnehåll i teknik (Barak, 2018; Hacker, 2018).

Återkoppling anses vara något ”svårt” och ofta introduceras det inte för elever förrän de når gymnasienivå (t.ex. Goovaerts, De Cock, Struyven, & Dehaene, 2019; Martin, 1990). Vissa teknikkursplaner och standarder för motsvarande grund- och gymnasieskola i andra länder inkluderar därför explicit reglersystem med återkoppling (t.ex. ITEEA, 2021), medan andra länder, däribland Sverige, tar upp fenomenet mer övergripande (exempelvis i relation elektronik eller programmering) (t.ex. Australian Curriculum - Technologies, 2023; Skolverket, 2022; Technology in the New Zealand Curriculum, 2017).

Negativ och positiv återkoppling

Tre enkla exempel på återkoppling

I reglertekniken pratar man ofta om negativ eller positiv återkoppling av system. Ett vardagligt exempel på negativ återkoppling kan vara att information om försäljning av mjölk används för att reglera inköp i en livsmedelsbutik:

> *En butiksinnehavare beställer mjölk för leverans en eller flera gånger per vecka. Vid tillfällen då det är extra stor åtgång, som exempelvis inför jul, har man troligtvis beställt extra mycket från mejeriet, men om det visar sig att kunderna inte köper lika mycket mjölk som beräknat måste butiksinnehavaren beställa betydligt mindre mjölk till efterföljande vecka för att sälja slut på den mjölk som fortfarande finns i kylen innan den går ut. Veckan efter kanske försäljningen ökar igen och då behöver beställningarna öka igen och så vidare.*

På det här sättet regleras inflödet i mjölkförsäljningssystemet genom beställningarna och butiksinnehavaren är i sig ett reglerdon som läser av hur mycket mjölk som är kvar och reglerar beställningarna. Systemet regleras mot ett tänkt optimalt värde för att maximera försäljningen av mjölk som också matchar efterfrågan, och återkopplingen får således en dämpande verkan – den motverkar för stora svängningar och systemet hålls stabilt.

Positiv återkoppling däremot är något man vill undvika eftersom den leder till en icke önskvärd instabilitet i systemet:

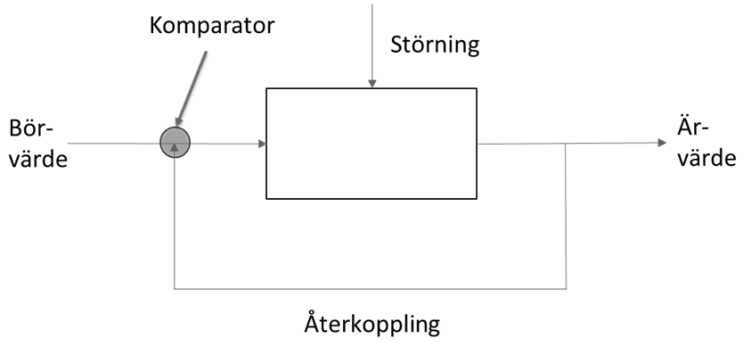
> *Många personer befinner sig i samma rum och pratar samtidigt. Eftersom alla har svårt att höra vad som sägs så höjer alla rösten en aning för att överrösta bakgrundssorlet, något som leder till en generell förstärkning av ljudnivån i rummet.*

> *Bussen är försenad och vartefter tiden går anländer allt fler passagerare till busshållplatsen. Vartefter tiden går blir passagerarna alltmer försenade och får dessutom sitta allt trängre på bussen.*

Förlopp som beror på positiv återkoppling kan alltså bli förödande för tekniska system varför det motsatta förloppet med negativ återkoppling förekommer i reglersystem och andra större tekniska system (Grimvall, 2014).

Återkoppling i tekniska system

Återkoppling i tekniska system (se även Svensson & Cederqvists kapitel) handlar alltså om att reglera systemet med hjälp av sensorer som återför information till systemets reglerenhet (Mioduser m.fl., 1996). För att modellera (se även Norströms kapitel) detta används ofta ett blockdiagram där informationsflödet går i en så kallad återkopplingsloop (figur 1). Blockdiagrammet förenklar beskrivningen av systemet genom att bara visa vissa komponenter och flöden, i detta fall dem som har med informationsflödet i systemet att göra (Hallström & Klasander, 2020).



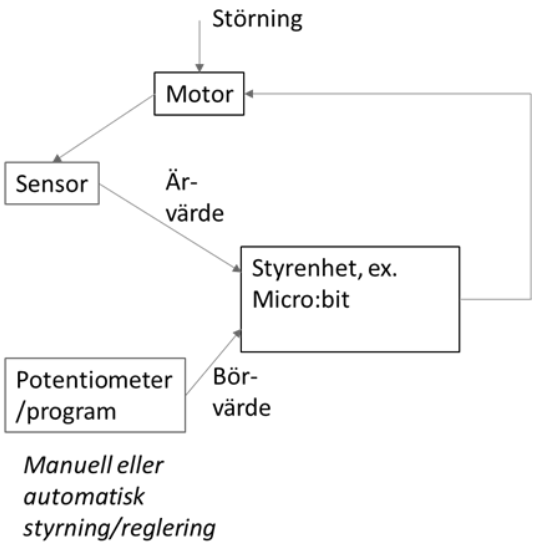
Figur 1. Blockdiagram av informationsflödet i en återkopplingsloop

Problemet med all typ av reglerteknik är att återkopplingen måste vara tillräckligt snabb för att inte behöva förlita sig på gammal information vilket kan leda till instabilitet i systemet eller till och med självsvängning. Ett exempel på sådan instabilitet skulle kunna vara i lägen när det förekommer stora variationer i exempelvis tillgången på mjölk i affären i exemplet ovan; ena veckan finns alldeles för mycket mjölk och den andra alldeles för lite. Ett annat exempel på instabilitet som gränsar till självsvängning är i bilar med ett system för att hålla bilen inom filen på körbanan; om ratten överstyr och chauffören till slut hamnar i diket[19].

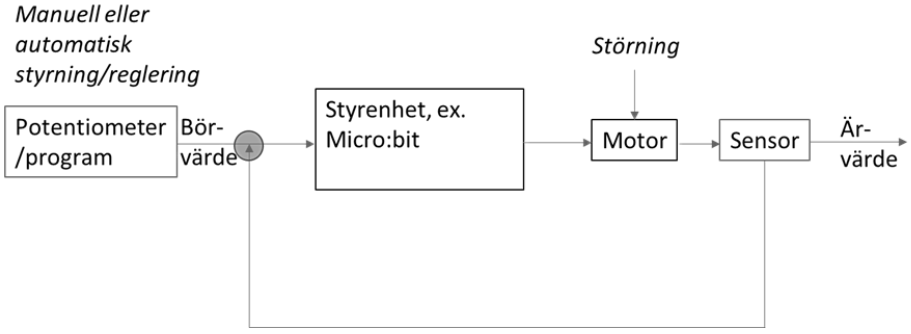
Några exempel på olika reglersystem och systemmodeller

Ett tekniskt system med återkoppling kan se ut på olika sätt och ha många olika typer av flöden, såsom information (till exempel internet), materia (exempelvis vattenförsörjning) och energi (till exempel elnät). När återkopplingar i tekniska system ska beskrivas kan man därför inte enbart luta sig mot blockmodeller då dessa enbart syftar till att visa hur information återkopplas och bidrar till systemets reglering. Nedan visas ett systemdiagram av en enkel återkoppling: Här är fokus på hur systemet är kopplat för att åstadkomma reglering (figur 2). Systemet visas även i figur 3, men då som principiellt detaljerat blockdiagram. Man kan tänka sig flera olika system liknande figur 2; en motor vars hastighet återkopplas till en reglerenhet med möjlighet till reglering med hjälp av en potentiometer (manuell) eller med hjälp av ett dataprogram (automatisk).

[19] För att hantera sådana problem kan man kompensera den proportionella med deriverande reglering (s.k. PD-reglering), eller integrerande, deriverande reglering (s.k. PID-reglering), men dessa ligger utanför syftet med detta kapitel eftersom de bland annat kräver matematikkunskaper motsvarande minst sista året på gymnasiet (Glad & Ljung, 2006).



Figur 2. Systemdiagram över ett enkelt återkopplat system med manuell eller automatisk reglering



Figur 3. Blockdiagram över det återkopplade systemet med manuell eller automatisk reglering i figur 2

Blockdiagrammen figur 1 och figur 3 skulle också kunna visa ett annat linjärt system med proportionell återkoppling, farthållaren i en bil, där regleringen är automatisk och kontinuerlig. När föraren normalt kör bilen så fungerar hen som ett eget återkopplat system i samspel med bilen, och minskar eller ökar farten efter behov genom att lyfta eller trycka på gaspedalen. För automatisk farthållning så ställer föraren manuellt in önskad fart på en display men programvara i bilen ser till att hålla en jämn fart med hjälp av en negativ återkopplingsloop. Störningar sker hela tiden genom att belastningen på motorn ändras då

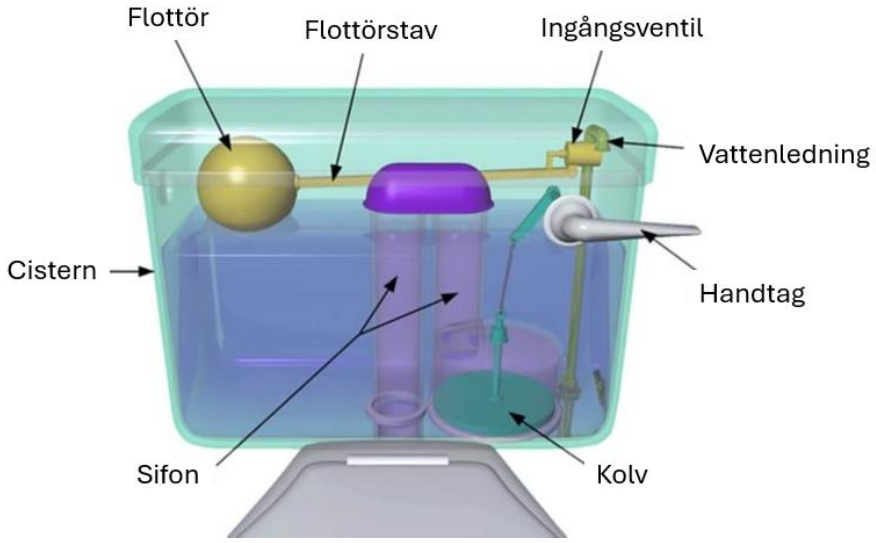
man får väja för andra fordon, kör i motvind eller topografin bilen åker genom ändras. Programvaran ser till att motorn får arbeta hårdare eller mindre hårt, och farten därmed öka eller minska, beroende på om uthastigheten är lägre eller högre än riktvärdet/börvärdet. På äldre bilar måste dock föraren själv bromsa för framförvarande bilar. På dagens bilar finns däremot också ofta radar i bilens front som utgör en ytterligare sensor i systemet som kan göra farthållaren adaptiv, det vill säga göra själva farthållningen i princip helt automatisk. I vissa fall bromsar bilen också in automatiskt.

Utmaningar och strategier i undervisning om reglersystem

Reglersystem är ett komplext och utmanande undervisningsinnehåll. I teknikämnets kursplan tas de mer avancerade systemen upp först på högstadiet, och fortsätter sedan beroende på vilket program och vilka kurser man läser på gymnasiet (Skolverket, 2022). En klassisk progressionslinje i skolan är att gå från det enkla till det mer komplexa, och det är lämpligt i synnerhet när det gäller reglersystem. Det dock inte helt självklart vad som är det enkla inom reglerteknik men tidigare forskningsstudier visar att den absolut vanligaste utmaningen är hur återkoppling i systemet fungerar. Exempelvis uttrycker elever i första hand kunskaper om vad som går in i ett system (systemets input) och det som kommer ut ur det, i form av det som systemet gör eller utifrån något syfte eller att någon effekt uppnås (systemets output). Utmaningen med att förstå återkoppling tar sig också uttryck i missuppfattningen att man vänder på eller förväxlar systemets är- och börvärden (Hallström, 2022a) med resultatet att det blir insignalen som styr utsignalen – alltså inget reglersystem eftersom det inte sker någon återkoppling överhuvudtaget. Det blir en beskrivning av ”att gasa med farthållaren” där signalen går rakt igenom systemet, trots kontinuerliga störningar som får hanteras manuellt (Dagan, 2022; Mioduser m.fl., 1996). Även relativt enkla proportionella reglersystem kan således vara utmanande att förstå principerna bakom, och i ovanstående fall kan man se att eleverna hade en förenklad, och felaktig, mental modell av systemet (jfr. Arbesman, 2017).

En annan missuppfattning är att felaktigt tillskriva ett enkelt system med en mer avancerad återkopplingsmekanism än det verkligen har, till exempel en toalettstol (figur 4). Här finns inuti tanken en flottör – alltså ett styrdon. Dock finns inga (såvida inte toaletten är trasig och det läcker ut vatten från tanken ner i toaletten) möjligheter till några störningar i systemet. En fungerande toalett är därför på det sättet ett slutet system där det sker en så kallad följdstyrning: en sekventiell styrning av toalettens vattenflöde enligt ett förutbestämt schema, vilket i sig är en typ av återkoppling men inte någon reglering i egentlig mening:

Toaletten spolas → Flottören med styrdonet släpper in vatten tills tanken är full → flottören stänger av vattnet → toaletten spolas → och så vidare (jfr. Hallström, 2022a)



Figur 4 Schematisk bild av spolningsmekanismen i en toalett

En undervisningsstrategi som börjar i det enkla fokuserar inledningsvis på det övergripande, alltså reglersystemets helhet. För att kunna hantera ovanstående utmaningar och verkligen förstå hur återkoppling fungerar är det lämpligt att låta eleverna studera blockdiagram där reglersystemet som helhet beskrivs, för att fördjupa sig i begreppen bör- och är-värde, samt hur de kombineras i komparatorn för att kompensera för störningar och stabilisera systemet. I första hand börjar man alltså med den övergripande nivån genom att titta på principerna bakom återkoppling. Det är bra att jobba med detta visuellt, genom att eleverna får modellera system genom att göra egna blockdiagram (se Hallström 2022b; se även Norströms kapitel) och/eller designa egna enkla system med återkoppling och förklara vad som händer i systemet. Att göra egna enkla system kan vara nästa steg mot en mer komplex förståelse av reglersystem, och det gör också att eleverna kan få egen erfarenhet av hur återkoppling fungerar.

Det är lämpligt att välja system och komponenter som är lätta att få tag på och som enkelt kan sättas samman. Idag erbjuder exempelvis både Lego och Microbit bra material som finns som byggsatser på många skolor och lärarutbildningar. De erbjuder också möjligheter att fördjupa sig i de enskilda komponenter som ingår i ett reglersystem; framför allt då reglerdon/reglerenhet och sensorer. I båda fallen styrs/programmeras enheterna med en vanlig PC med antingen Legos eller Microbits särskilda programvara och visuella

programspråk som är särskilt bra för att lära sig till exempel återkoppling med olika villkor och systemtänkande (t.ex. Slangen m.fl., 2011; Stolpe & Hallström, 2024).

En lämplig progression för undervisning om reglersystem från enkelt till komplext kan se ut som följer. På mellanstadiet ska elevernas introduceras till tekniska system, både infrastruktur och elektroniksystem: ”*Hur några komponenter i vanliga tekniska system benämns och samverkar, till exempel i en cykel eller i ett enkelt produktions- eller transportsystem. […] Tekniska lösningar som utnyttjar elkomponenter och enkel elektronik för att åstadkomma ljud, ljus eller rörelse, till exempel larm och belysning*” (Skolverket, 2022). Båda dessa typer av system öppnar för möjligheten att övergripande diskutera hur de styrs och regleras genom enkla exempel, exempelvis kan eleverna få rita blockdiagram och sedan bygga ett enkelt larm och fundera på hur det styrs. På högstadiet ska man gå in mer på djupet kring sensorer och programmering, så då kan det vara lämpligt att använda sig av BBC Microbit för att bygga ett system enligt modellerna i figurerna 2 och 3 ovan. Slutligen på gymnasiet, beroende på vilka matematikkunskaper eleverna har, kan de börja att räkna på åtminstone proportionell reglering i enkla, linjära system som till exempel ett värmeelement eller Watts centrifugalregulator (Glad & Ljung, 2006). Sammanfattningsvis tyder tidigare forskning på att det är en mer effektiv pedagogisk strategi för lärare att fokusera på de övergripande principerna för återkoppling innan de fördjupar sig i olika komponenter, sensorer och enheter i ett reglersystem. Att fördjupa sig i blockdiagram och systemdiagram av olika slag, med särskilt fokus hur återkoppling fungerar, ger en bild av hur systemet som helhet fungerar. Det är också betydelsefullt att välja små, enkla och lokala system för att få en bra överblick och eftersom olika störningar är lättare att förutse. Slutligen behöver eleverna också lära sig hur de enskilda komponenterna i systemet fungerar, för att kunna förstå hur dessa bygger upp helheten. Viktigast är reglerdon/reglerenheter samt olika sensorer (t.ex. Hallström, 2022a; Mioduser m.fl., 1996).

Avslutning

Detta kapitel har beskrivit de grundläggande principerna bakom reglersystem, samt utmaningar när man lär sig om sådana system och vilka strategier som kan vara effektiva i klassrummet när elever ska lära sig detta innehåll. En viktig sådan strategi är att börja med så enkla samband som möjligt, till exempel att visa övergripande sammanhang med blockdiagram, för att eleverna ska kunna ta till sig de grundläggande principerna. Först efter detta går läraren vidare till mer komplexa sammanhang som till exempel vilka komponenter som ingår i reglersystem och hur de ska kopplas ihop, vilket kan göras genom att bygga egna reglersystem, eller delar av reglersystem.

Kapitlet visar också på vikten av att ha rätt teoretiska redskap i undervisningen. Olika visuella, konceptuella och matematiska modeller kan lyfta fram olika aspekter av och begrepp inom reglerteknik, beroende på vad läraren vill fokusera, och i termer av progression är de visuella modellerna bättre för yngre elever och de matematiska något för gymnasiet eller vidare studier. I detta didaktiska sammanhang är det särskilt värt att lyfta fram modelleringens betydelse för att förenkla komplicerade resonemang (Hallström, 2022b; Norström & Hallström, 2023; se även Norströms kapitel). Just när det gäller system är det också viktigt vad man använder för typ av modell, alltså i vilken form man representerar systemet. Det är till exempel svårt att bygga fysiska modeller av stora infrastrukturella system, medan en digital, interaktiv modell i skala kan ha stort värde (se Hallström & Klasander, 2020; se även Svensson & Cederqvists kapitel).

Författarpresentation

Jonas Hallström är professor i teknikens didaktik vid Linköpings universitet. Hans forskning rör teknikämnets historiska framväxt i skolan, teknikens epistemologi och ämnesfilosofi samt elevers och lärares attityder till och kunskaper om teknik och teknikundervisning. Hans forskning rör också olika ämnesinnehåll inom teknik och STEM: exempelvis tekniska system, artificiell intelligens, design, modeller och modellering.

Referenser

Arbesman, S. (2017). *Overcomplicated: Technology at the limits of comprehension*. Portfolio.

Australian Curriculum - Technologies. (2023). https://www.australiancurriculum.edu.au/.

Barak, M. (2018). Teaching Electronics: From Building Circuits to Systems Thinking and Programming. I M. J. de Vries (Red.), *Handbook of Technology Education* (s. 337-360). Springer.

Barak, M. (2022). Fostering systems thinking in the context of electronics studies. I J. Hallström, & P. J. Williams (Red.), *Teaching and Learning about Technological Systems: Philosophical, Curriculum and Classroom Perspectives* (s. 73-107). Springer Nature.

Dagan, O. (2022). Student Teachers' Mental Models of Everyday Adaptive Control Systems. I J. Hallström & P. J. Williams (Red.), *Teaching and Learning about Technological Systems: Philosophical, Curriculum and Classroom Perspectives* (s. 171-192). Springer Nature.

Glad, T. & Ljung, L. (2000). *Control Theory: Multivariable and Nonlinear Methods*. Taylor & Francis.

Glad, T. & Ljung, L. (2006). *Reglerteknik. Grundläggande teori*. Studentlitteratur.

Goovaerts, L., De Cock, M., Struyven, K. & Dehaene, W. (2019). A Concrete Proposal to Introduce Control Theory to 16 Year Old Pupils. *European Journal of STEM Education, 4*(1), 1-11.

Grimvall, G. (2014). *Teknikens metoder. Skolans teknikämne i senare skolår*. Studentlitteratur.

Hacker, M. (2018). Engineering and Technology Concepts: Key Ideas That Students Should Understand. I M. J. de Vries (Red.), *Handbook of Technology Education* (s. 173-192). Springer.

Hallström, J. (2022a). Feedback in Technological Systems. I J. Hallström & P. J. Williams (Red.), *Teaching and Learning about Technological Systems: Philosophical, Curriculum and Classroom Perspectives* (s. 153-170). Springer Nature.

Hallström, J. (2022b). Teaching and Learning About Technological Systems: A Research Synthesis. I J. Hallström & P. J. Williams (Red.), *Teaching and Learning about Technological Systems: Philosophical, Curriculum and Classroom Perspectives* (s. 235-249). Springer Nature.

Hallström, J. & Klasander, C. (2020). Making the invisible visible: Pedagogies related to teaching and learning about technological systems. I P. J. Williams & D. Barlex (Red.), *Pedagogy for technology education in secondary schools: Research informed perspectives for classroom teachers* (s. 65-82). Springer Nature.

Hughes, T. P. (2004). *Human-built world: How to think about technology and culture*. The University of Chicago Press.

International Technology and Engineering Educators Association (ITEEA) (2021). *Standards for Technological and Engineering Literacy: The Role of Technology and Engineering in STEM Education*. International Technology and Engineering Educators Association. https://www.iteea.org/stel

Levary, R. R. (1986). Simulation as a Tool for the Analysis and Design of Systems. *European Journal of Engineering Education, 11*(2), 165-176.

Martin, D. J. (1990). Stages in systems thinking, modelling and realisation in school electronics. *International Journal of Technology and Design Education, 1*(1), 14-20.

Mindell, D. A. (2002). *Between Human and Machine: Feedback, Control, and Computing before Cybernetics*. The Johns Hopkins University Press.

Mioduser, D., Venezky, R. L. & Gong, B. (1996). Students' Perceptions and Designs of Simple Control Systems. *Computers in Human Behavior, 12*(3), 363-388.

Norström, P., & Hallström, J. (2023). Models and modelling in secondary technology and engineering education. *International Journal of Technology and Design Education, 33*, 1797–1817. https://doi.org/10.1007/s10798-023-09808-y

Skolverket. (2022). Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet 2022. Skolverket.

Slangen, L., van Keulen, H. & Gravemeijer, K. (2011). What pupils can learn from working with robotic direct manipulation environments. *International Journal of Technology and Design Education, 21*, 449-469.

Stolpe, K., & Hallström, J. (2024). Visual Programming as a Tool for Developing Knowledge in STEM Subjects: A Literature Review. I J. Hallström & M. J. de Vries (Red.), *Programming and Computational Thinking in Technology Education: Swedish and International Perspectives* (s. 130-169). Brill.

Technology in the New Zealand Curriculum. (2017). http://nzcurriculum.tki.org.nz/.

Om elektriciteten försvann

Lars Björklund
Institutionen för beteendevetenskap och lärande (IBL), Linköpings universitet

Den här texten beskriver ett arbetsområde som handlar om hur beroende vi är av elektricitet och hur vi kan klara oss utan den.

Kapitlet tar även upp arbetsområdet elektricitet ur ett historiskt perspektiv med fokus på drivkrafter för förändring och teknikens konsekvenser.

Fokus i arbetsområdet är på elektricitetens betydelse i teknik för transport, lagring, omvandling och styrning/kontroll.

Hur kan man arbeta med elektricitet i teknikämnet?

Inledning

En tidig septembermorgon år 1859 observerade astronomerna Richard Carrington och Richard Hodgson något märkligt på solens yta. Carrington var precis på väg att inleda dagens observationer i det privata observatoriet på sin lantgård utanför London och efter att ha vevat upp kupolens slutardörrar riktade han sitt mässingsteleskop och började skissa det han såg – ett kluster av mörka fläckar, likt fräknar på solens yta och ett intensivt starkt och vitt ljus som flammade upp från solfläckarna. Fem minuter senare försvann eldkloten från solens yta, men ”skottet” var hur som helst avfyrat och några timmar senare skulle salvans effekter märkas över hela världen; den natten då Carrington-solstormen nådde jorden överbelastades telegrafledningarna av en så kraftig ström att skurar av gnistor slog ut ur kretsarna och telegrafens platinakontakter hotade att smälta av all den energi som just anlänt från solen. Även om vi nu har varningssystem för eventuella solstormar så är vårt samhälle mycket mer känsligt för den typen av händelser idag. I Kanada år 1989, till exempel, slog en solstorm ut en transformator vid ett kärnkraftverk, vilket ledde till att sex miljoner människor blev utan ström. I den här texten beskriver jag ett arbetsområde som handlar om hur beroende vi är av elektricitet och hur vi skulle kunna klara oss om den försvann.

Historia och drivkrafter för elektrifieringen av Sverige

Elektricitet kan användas till många olika saker såsom belysning, värme eller för att ladda batterierna i dagens bilar, telefoner och datorer. Under första halvan av 1900-talet verkar det dock som om den starkaste drivkraften bakom elektrifieringen av Sverige var att elektrifiera järnvägen – särskilt de tåg som fraktade malm på malmbanan mellan Luleå och Narvik. Ångloken var visserligen starka och fungerade bra, men problemet var att det var ont om kol i Sverige vilket gjorde oss beroende import så för att kunna bli självförsörjande började man planera att exploatera våra älvar för att generera elektricitet. Problemet var bara att de flesta tågen på den tiden drevs med likström – en teknik som inte är anpassad för att överföra energi på stora avstånd. Med andra ord spelade utveckling av *växelströmstekniken*[20] en stor roll när elektriciteten omvandlade Sverige och hur den så småningom kom att användas i allt fler applikationer.

Men belysning då? Jo, de första elektriska lamporna – de så kallade båglamporna – dök upp i slutet av 1800-talet. Ofta installerades lamporna som en publikattraktion i någon restaurang eller på en festplats men ibland tjänstgjorde de även som belysning i fabriker och lokaler där man ville kunna arbeta under de delar av dagen som saknade dagsljus. Lamporna luktade dock illa, var besvärliga att använda och behövde hela tiden justeras för att fungera. När glödlampan[21] kom blev det mycket enklare att använda elektrisk belysning. Elektrisk belysning var dock något som främst infördes på landsbygden och i mindre städer – man placerade helt enkelt ut ett litet kraftverk i något närliggande vattendrag som fick förse omgivningen med elektricitet. I de större städerna fanns redan belysning i form av gasljus och gasbolagen kunde ofta stoppa införandet av elektriskt ljus för att slippa konkurrens, vilket fördröjde elektrifieringen.

Hur kan man arbeta med elektricitet i teknikämnet?

I den senaste kursplanen för ämnet teknik finner man målet att undervisningen i ämnet teknik ska ge eleverna förutsättningar att utveckla:

- sin förmåga att reflektera över olika val av tekniska lösningar, deras konsekvenser för individen, samhället och miljön samt hur tekniken har förändrats över tid samt

[20] Jonas Wenström skapade teknik för att generera växelström som kunde transporteras över stora sträckor utan samma förluster som likström. Han var med och bildade Svenska Elektriska Aktiebolaget (Asea) i Västerås och uppfann också växelströmsmotorer.

[21] Ett stort problem under arbetat med att skapa glödlampan, var att hitta ett material som glödde bra men inte förstördes snabbt. Thomas Edison anses idag vara den som till slut lyckades. Hans viktigaste bidrag handlar dock om hur man kan generera elektricitet, hur ett sådant tekniskt systemet skulle se ut, hur elektriska ledningar kan dras i stadsmiljö och inte minst hur man skulle göra installationen säker.

- sina kunskaper om tekniska lösningar och hur ingående delar samverkar för att uppnå ändamålsenlighet och funktion.

Ofta tolkar vi begreppet konsekvenser som att vi ska studera vad som händer när vi får ny teknik och dess för- och nackdelar; mobiltelefoner, internet, GPS och kanske AI, men begreppet väcker också frågor om hur beroende vi är av gammal och välkänd teknik såsom elektriciteten och vad som händer om någon av misstag grävt av en elektrisk kabel, en brand eller någon annan slags kris.

Att skapa ett ramverk för undervisning

Teknikämnet för grundskolan har haft ett fokus på hur tekniken används. Ett sätt för att få fördjupad förståelse för dessa funktionella aspekter av teknik är att studera hur den används för transport, lagring, omvandling och styrning/kontroll. Ett sådant ramverk (se även Larssons kapitel) kan även användas som en utgångspunkt för undervisning. Här följer fyra frågor som tillsammans kan vara en struktur för en lektionsplanering:

- *Till vad och hur används elektricitet för transport?* Idag kanske man först tänker på olika typer av fordon; tåg, elektriska bilar och cyklar, spårvagnar, hissar och andra fortskaffningsmedel för såväl människor som varor, men elektriska motorer används även för att driva fläktar, kranar och pumpar som också är en slags transportmekanismer. Ventilationssystemet i en gruva och transport av vatten och bränsle är funktioner som kräver elektricitet. Dialysmaskinens transport av blod likaså. Data transporteras via nätverk och internet, och kräver också elektricitet för att fungera.
- *Hur lagras energi i de funktioner där elektricitet är viktigt?* Elektricitet kan lagras i batterier, och det är idag vanligt att hus med solpaneler också har ett batteri som kan förse huset med elektricitet på natten då solen inte lyser. Försök pågår för att använda elektriska bilars batterier till att lagra energi som kan förse nätet med elektricitet när de står parkerade. Energi kan lagras med hjälp av pumpar genom att flytta vatten till ett högt beläget vattenmagasin, exempelvis gruvhål, som sedan kan tömmas och användas i ett vattenkraftverk. Lagring av livsmedel och annat som är känsligt för värme sker i kylskåp och frysboxar som också kräver elektricitet.
- *Hur omvandlas elektrisk energi som ska överföras över stora avstånd?* Generatorer levererar vanligtvis växelström som gör det möjligt att transformera upp spänningen till höga nivåer och energi kan då överföras med svaga strömstyrkor som ger små förluster i

ledningsnätet. Undervattenskablar fungerar bättre med ren likström som också kräver en omvandling. Ofta vill man skapa lägre spänningar och framför allt likström för att kunna ladda batterier exempelvis i mobiler. Omvandling till andra energiformer är också vanligt, till exempel elektrisk energi kan omvandlas till både ljus i lampor och strålkastare och värme i spisar och ugnar.

- *Hur kan ett tekniskt system som kräver elektricitet styras?* Styr- och reglersystem och datorer kräver elektrisk ström för att fungera. Många elektriska komponenter kan användas som sensorer för att mäta storheter som temperatur, ljus, tryck, rörelse och annat och därmed medge styrning och kontroll av vår omgivning. Ljus och ventilation kan slås på när en människa träder in i ett rum och olika former av larm kan initieras.

Om elektriciteten försvann

Exemplet som denna text bygger på genomfördes i en fortbildningskurs för tekniklärare men kan – precis som de deltagande lärarna fick göra – genomföras i klass. Arbetsområdet kan i grova drag läggas upp så här:

- *Genomgång*: eleverna får uppdraget att undersöka vad som händer om vi inte längre har någon elektricitet.
- *Genomförande*: eleverna funderar på vilken typ av teknik och vilka tekniska system som kommer att fungera samt söker alternativa lösningar till de ”förlorade” funktioner som de tycker är viktiga att ha kvar.
- *Avslutning*: eleverna dokumenterar och presenterar sina lösningar.

Lärarnas samlade erfarenheter visade att många elever blev besvikna och lite rädda när de insåg att deras egna mobiler inte kunde laddas. Efter ett tag förstod de även att, även om de skulle ha tillgång till en laddad mobil så skulle den vara obrukbar då de system som möjliggör samtal och anslutning till internet också kräver tillgång till elektrisk ström. Så småningom blev eleverna även medvetna om många andra viktiga tekniska system som är beroende av elektricitet; går det att åka rulltrappan ner i tunnelbanan, eller ta tåget? Fungerar kylarna och frysarna i affären och kan man betala för maten? Fungerar ens dörrarna? Hur är det med pumparna på bensinstationen och hur kommer det att bli med vatten i kranarna?

När eleverna inventerat elektricitetens betydelse i sin egen värld fick de till uppgift att intervjua sina mor- och farföräldrar i syfte att lära sig mer om hur man löste livets alla sysslor förr i världen. Hur bevarades matvaror? Hur tillagade man mat? Hur sköttes transporter? Hur kommunicerade man med folk på avstånd? Hur roade man sig?

Lite beroende på vad de deltagande lärarna bedömde vara lämpligt för sina elevgrupper skrevs sedan handböcker, skapades affischer, gjordes TV-program och teaterpjäser som sedermera visades upp på sin skola och ute i samhället. Lärare passade också på att undervisa om elektricitet, vilket ju finns med som ett centralt innehåll i teknik för år 4–6 men som ofta bara behandlas i fysikämnet.

Tips på vidare läsning:

- Om solstormar och vad som hände 1859 och 1989: https://svenska.yle.fi/a/7-10013165

- Skolverkets lärportal innehåller en del material för att arbeta med elektricitet och elektronik i sin klass. Lärportalen, Den digitala världen, Elektricitet och elektronik: ger också stöd i att arbeta med teknisk förändring. Lärportalen, Teknikens förändring och dess konsekvenser

- Ta gärna del av intervjun i "Teknikundervisning i skolan" med några av lärarna från kursen. De berättade bl.a. om hur de arbetade med kursuppgiften "Om elektriciteten försvinner" i CETIS-nyhetsbrev, "Om att gå en lärarlyftskurs" s. 14-15.

- Vissa skolor arbetar redan med material från Naturvetenskap och Teknik för Alla (NTA). Temat "Kretsar kring el" passar bra i kombination med det här arbetsområdet. https://ntaskolutveckling.nu/teman/kretsar-kring-el/

- Tekniska museet om glödlampan: se https://www.tekniskamuseet.se/lar-dig-mer/100-innovationer/glodlampan/

Författarpresentation

Lars Björklund är universitetslektor vid Linköpings universitet, där han ansvarar för utbildning av blivande ingenjörer och lärare inom naturvetenskapliga och tekniska ämnen. Han är även civilingenjör och har tidigare arbetat med både hård- och mjukvara. Han har en doktorsexamen i utbildningsvetenskap med inriktning mot neurodidaktik och tyst kunskap. Hans forskning handlar om lärares bedömning och betygssättning i olika ämnen, med särskild tonvikt på omedvetna bedömningskriterier.

Arbetsområdet infrastruktur

Patrik Sandsveden
Klingsborgsskolan, Norrköpings kommun

Arbetsområdet infrastruktur täcker nästan samtliga delar av kursplanen i teknik.

Arbetsområdet kan varieras och anpassas från årskurs 4 till 9 samt till den anpassade grundskolan.

Ett arbetsområde kan alltid kopplas till aktuella händelser och kan därigenom bli mer intressant för eleverna.

Inledning

I det här kapitlet kommer jag beskriva hur jag arbetade med infrastruktur som ett arbetsområde i teknik under läsåret 21/22. Arbetsområdet utgick från en aktuell händelse – situationen i det krigsdrabbade Ukraina. Att genomföra ett sådant arbetsområde kräver en del extra arbete under förberedelsefasen då det sällan finns något färdigt läromedel att tillgå. Däremot får jag mer engagerade elever som det senare blir lättare att bedöma, det underlättar vid betygssättning. Ofta leder det också till att de når en högre nivå. Arbetsområdet som beskrivs här genomfördes med fem klasser i årskurs 8. Klasserna var ganska stora, 25–31 elever, och innehöll nyanlända elever, integrerade elever från den anpassade grundskolan och ordinarie grundskoleelever. Min erfarenhet av att arbeta så här säger dock att samma typ av idé går att använda i andra sammanhang. Därför kommer jag också att beskriva hur mitt sätt att arbeta kan anpassas för att fungera i årskurs 4–6 och i anpassad grundskola 7–9.

Genomförande av arbetsområdet infrastruktur

Något förenklat så kan mitt arbete med en undervisningssekvens beskrivas i fyra delar: idéarbetet, identifiera kopplingar till kursplan, planering och sedan själva klassrumsarbetet.

Idéarbete

När det är dags för att planera ett nytt arbetsområde i tekniken undersöker jag vad media skriver om i relation till ämnet. Jag tar ofta hjälp av elever för att få reda på vad de ser och hör mest om i olika medier, och de flesta elever använder TikTok eller YouTube som informationskälla. Några få använder andra källor som till exempel olika nyhetsprogram. Jag funderar sedan över hur detta kan kopplas till teknikundervisning, både i relation till vad jag gjort tidigare och vad jag planerar att göra i framtiden. Under våren 2022 talade både media och eleverna nästan uteslutande om Rysslands invasion av Ukraina. Nyhetsrapporteringen handlade mycket om infrastruktur, bland annat transporter och kommunikation. Om jag i skrivandets stund – hösten 2024 – skulle starta ett liknande arbetsområde så hade sommarens alla ras och skred orsakade av kraftiga regn varit ett bra ämne att utgå ifrån. Det finns alltid något aktuellt område som går att använda beroende på elevernas ålder och bakgrund.

Kopplingar till styrdokument

När jag valt ett arbetsområde bestämmer jag mig för en rubrik och går till läroplanen för att ta reda på hur jag kan koppla arbetsområdet till läroplanens syftestexter, centrala innehåll samt betygskriterier. Just i detta fall finns tydliga kopplingar till flera delar i kursplanen för teknik, några exempel kan ses nedan (tabell 1). Det kan också vara bra att titta i andra kursplaner då ett arbetsområde i teknik kan vara ett utmärkt tillfälle att samarbeta ämnesövergripande med exempelvis lärare i SO eller svenska. För årskurs 4–6 där det passar bra med ett praktiskt moment kan ett samarbete med slöjdämnet också vara till gagn. Möjligheten att använda slöjdsalen underlättar eftersom klassrummen på mellanstadiet sällan är anpassade till teknikundervisning.

Tabell 1. Exempel på kopplingar till kursplanen i teknik.

Centralt innehåll, årskurs 7-9
Teknik, människa, samhälle och miljö • Internet och några andra globala tekniska system samt deras fördelar, risker och begränsningar. • Konsekvenser av teknikval utifrån ekologiska, ekonomiska och sociala aspekter av hållbar utveckling.
Tekniska lösningar • Hur komponenter och delsystem benämns och samverkar inom tekniska system, till exempel informations- och kommunikationsteknik och transportsystem.
Betygskriterier för betyg E i slutet av årskurs 9 • Eleven för enkla resonemang om val av tekniska lösningar och deras konsekvenser för individ, samhälle och miljö. • Eleven undersöker olika tekniska lösningar och förklarar på ett enkelt sätt hur ingående delar samverkar för att uppnå ändamålsenlighet och funktion.

Planering

När kopplingen till läroplanen är gjord så är det dags för själva planeringen. För mig är det viktigt att börja med att planera hur många lektioner jag kan använda för arbetet. Just i detta fall där stora delar av det centrala innehållet fanns med så var det var det inga bekymmer att använda en lektion i veckan under tre månader utan att för den skull riskera att inte hinna med andra moment. Dessutom – som en ren bonus – så är det skönt att kunna planera en stor del av terminen i ett ämnesområde. Om arbetsområdet hade utformats i samarbete med andra ämnen så hade vi tillsammans kunnat genomföra undervisningen snabbare, men i detta fall fungerade det inte praktiskt.

Nästa steg är att fundera på hur eleverna ska redovisa sina kunskaper. Jag gör alltid en fortlöpande bedömning under arbetets gång men eftersom arbetsområdet är långt passar det att eleverna redovisar sitt arbete i en text. Här går det att skriva på dator eller med papper och penna, använd det som passar eleverna bäst. Elever som har svårt med språket kan göra en muntlig redovisning men behöver göra anteckningar. Jag brukar blanda utifrån varje elevs behov.

Genomförande i klassrummet

Att utgå från tidningsartiklar och nyhetsprogram har visat sig vara ett bra sätt att starta upp ett område där media blir ett verktyg som kan fånga elevernas intresse. Jag försöker hitta artiklar och program som knyter an till det aktuella temat, men också till de aspekter av teknikämnet som arbetsområdet handlar om. I detta fall handlade det om att hitta exempel från media som innehåller ord och begrepp som kopplas till infrastruktur. Exempel på ord och begrepp kan vara vägar, järnvägar, flyg, sjöfart, internet, telefon, energi, elförsörjning, transport, broar, livsmedel, bränsle, infrastruktur med mera. I den här fasen bestämmer jag också vilka ord och begrepp jag vill att eleverna ska ha förståelse för när arbetsområdet är slut.

Rent konkret startas området upp genom att klassen ser ett nyhetsprogram och läser en artikel tillsammans. Jag och eleverna stannar upp vid ord som är kopplade till området eller om det förekommer ord som de inte förstår. I samband med läsningen gör vi en begreppslista tillsammans på tavlan i klassrummet. Utifrån den går jag sedan igenom vad infrastruktur är och hur orden och begreppen hör ihop med varandra och kan kopplas till infrastruktur. Eleverna skriver sedan ner de ord och begrepp vi är överens om som tillhör området. Eleverna har sedan som uppgift att lära sig betydelsen av ett ord/begrepp varje vecka under arbetsområdets gång. Senare, när de redovisar sitt arbete ska de använda så många ord och begrepp som möjligt i rätt sammanhang. Jag kan då se att de tillgodogjort sig orden och begreppen på ett bra sätt.

Genomförande i årskurs 7–9

För årskurs 7–9 består arbetsområdet av både gemensamma genomgångar och enskilda uppgifter och kan anpassas utifrån olika elevers behov.

- *Steg 1*: Lektionerna efter uppstarten ägnas åt att gå igenom olika delar av infrastrukturen som vägar, järnvägar, vattenleder, flygtransporter, tele- och dataförbindelser, vatten- och avloppssystem, energiförsörjning. Även flygplatser, järnvägsstationer, hamnar, kraftverk och elnät och satelliter – alltså de ställen där infrastrukturens olika delar möts – är viktiga att förstå. Eleverna får sedan fördjupa sig i någon av de delar som vi gått igenom. Här är det viktigt att känna sina elever för att få en progression i deras förståelse inom området. För att alla elever ska ha likvärdiga möjligheter att genomföra den individuella uppgiften så skrivs den i klassrummet. Min erfarenhet säger att det i annat fall finns risk för att en del elever tar allt för mycket hjälp av sina föräldrar eller använder generativ AI.

- *Steg 2*: I det andra steget får de elever som aspirerar på de högre betygsnivåerna göra en individuell fördjupningsuppgift. Här ger jag två alternativ: (1) Eleven väljer att fördjupa sig i en del av de delar som behandlades i steg 1, och gör sedan en skriftlig uppgift som beskriver historiska perspektiv, hur infrastrukturen är uppbyggd, hur den fungerar globalt, vad som transporteras, vilka fördelar och nackdelar som kan identifieras, vilken miljöpåverkan och framtid infrastrukturkomponenten har. Till sin hjälp har eleven litteratur och datorer; (2) Eleven ska planera ett flyktingläger och berätta hur hen löser problemet med infrastruktur utifrån de delar som beskrivits i steg 1. Detta görs i text. Till den skriftliga uppgiften ska även en skiss bifogas där det syns hur lägret är tänkt att fungera. Får eleven tid över finns även möjlighet att bygga en modell som visar lägrets olika delar. De elever som inte genomför en fördjupningsuppgift i detta steg arbetar i stället med kraft- och elnät där det finns gott om lättillgängliga fakta i media eller de läroböcker jag har tillgång till. För de här eleverna har jag gemensamma genomgångar och tipsar om lämpliga texter och filmer. I den här gruppen brukar det också finnas elever som har svårt att redovisa sitt arbete i skrift på ett sätt som visar vad de kan, så de får även möjlighet att redovisa muntligt.

För nyanlända elever med bristfällig skolbakgrund eller integrerade elever som har svårigheter med ovanstående uppgifter finns ett tredje alternativ. Deras uppgift blir att bygga en modell av ett energisystem, från kraftverket till hushållet. De ska ha med kraftkällor, kraftnät, ledningar, transformatorstationer hela vägen fram till uttaget i hemmet. De redovisar sedan vad de olika delarna har för funktion. Är det flera elever som ingår i den här gruppen brukar jag ge eleverna olika uppgifter, till exempel vattenkraft, vindkraft, kärnkraft och solenergi. De får då jämföra för- respektive nackdelar med varandra. För modellen får de själva välja lämpligt material. De vanligaste valen är glasspinnar eller rundstav till elnätet, kartong eller trä till kraftverket och kartong till huset som är slutstationen. Jag har turen att ha en verkstad kopplad till tekniksalen och även mycket förrådsutrymme. Den praktiska delen brukar vara lyckad för den här elevgruppen och jag kan gå mellan verkstad och teorisal utan att det stör och hjälpa de som behöver. Finns det bara tillgång till ett vanligt klassrum så krävs lite mer planering för det praktiska arbetet men det är det värt om det fungerar.

Genomförande i årskurs 4–6

Jag har tidigare arbetat på samma sätt i årskurs 4–6 men på mellanstadiet kan det passa bättre att använda tid från andra ämnen för att kunna planera längre pass snarare än att arbeta med temat i tre månader. Som klasslärare hade jag oftast bara en eller två klasser och fler ämnen. Det var lättare att styra hur jag använde min och klassens tid. En annan skillnad mellan skolstadierna är att det

ofta är de aktuella händelserna i närområdet som engagerar eleverna. Här har frågor om hur cykelvägar och bilvägar för att ta sig till skolan eller fritidsaktiviteter kan göras bättre men även frågor om översvämningar, bättre bredband eller färre strömavbrott blivit bra ingångar till tekniken.

Även i årskurs 4–6 är det första steget att göra en grundläggande genomgång av det valda området och identifiera viktiga ord och begrepp. I mellanstadiets steg två har jag dock valt att fokusera på det praktiska arbetet, vilket sedan redovisats muntligt med fokus på förklaringar och begrepp. Vid ett tillfälle arbetade vi med att hitta ett sätt att ta sig till och från skolan. Eleverna byggde då modeller av hur cykelvägar skulle kunna utvecklas över tid. Uppgiften bjöd på flera utmaningar där de som blir skjutsade av vårdnadshavare vill ha bättre bilvägar och möjligheter att stanna precis utanför skolan medan de elever som cyklade, gick eller åkte kollektivtrafik hade sina önskemål. De olika grupperna fick sedan bygga sina lösningar i modellform. Resultatet blev en utställning där varje grupp fick förklara hur de tänkt inför inbjudna gäster.

Genomförande i anpassad grundskola årskurs 7–9

Teknikämnet i den anpassade grundskolan har liknande syfte och centralt innehåll som i Lgr22. Därför går det alldeles utmärkt att genomföra liknande uppgifter som jag beskrivit ovan. Betygskriterierna skiljer sig dock något mer. I detta fall arbetade vi helt ämnesövergripande under en vecka, De moment som innefattade bygg- och ritteknik genomfördes inom ramarna för slöjd- och teknikundervisningen medan man i svenska, NO och SO orienterade sig om flyktingläger. Eleverna fick även baka och göra en avslutningsfest på hemkunskapen. Arbetsområdet startades med teori och avslutades med höjdpunkten att få bygga ihop och riva ett hus från *Better Shelter*[22] (figur 1 & 2). Det här upplägget går även att genomföra i den ordinarie grundskolan men det har varit svårt för mig att få tillräckligt många lärare att samarbeta med i de olika ämnena. Orsaken som

Figur 1. Starten på bygget av Better Shelter.

Figur 2. Det färdiga resultatet när huset är uppbyggt och klart.

[22] Better Shelter är bostadslösning för människor i nöd som snabbt går att bygga upp och levereras i platta paket. Jag fick ett Better Shelter till skänks efter att det visats upp under de ”Globala veckorna” i Norrköping.

lärarna anger brukar vara att det är för mycket som ska hinnas med i den ordinarie planeringen och att det inte passar i just den årskursen. Exempel på kopplingar till andra ämnen ges i figur 3.

Exempel på hur arbetsområdet infrastruktur och *Better Shelter* kan kopplas till olika ämnen:

Matematik: ord och begrepp, längd, volym, vikt, area och skala.

NO: kroppen och sjukdomar.

Svenska: skriva och läsa om hur det är att bo i flyktingläger, skriva reportage, skriva en redovisning om arbetsområdet. Några elever kan arbeta som journalister och dokumentera allt i text och bild.

Engelska: läsa och lyssna på berättelser från flyktingläger.

Bild: bilder från flyktingläger.

Hem- och konsumentkunskap: mat som går att göra med enkla medel

Idrott och hälsa: näringslära

SO: krig och naturkatastrofer.

Musik: musik från olika kulturer.

Slöjd: bygga modeller och Better Shelter.

Figur 3. Exempel på kopplingar till andra ämnen.

Övergripande tankar kring genomförandet

Planering

Det finns givetvis en mängd fallgropar vid själva genomförandet av ett sådant arbetsområde, men resultatet efter arbetsområdet är oftast väldigt positivt. För en utomstående betraktare kan det kanske uppfattas som väldigt rörigt eftersom det pågår så många olika aktiviteter i klassrummet samtidigt. Å andra sidan – eftersom jag arbetar ensam i helklass så har jag alltid min planering klar för hela arbetsområdet innan uppstart – så har jag alltid förberett flera lektioner i förväg med material, allt för att eleverna ska kunna gå vidare i sin egen takt. Jag har också förberett länkar, kopior, böcker och praktiskt material. Dessutom finns det utrymme att lägga till moment om det dyker upp någon ny aktuell fråga eller om det finns elever som har någon egen idé om vad de vill göra.

I varje klass finns elever med olika behov. Alla mina elever får därför en individuell planering. Givetvis gör jag inte 140 unika planeringar, men det kan ibland finnas vinster med att exempelvis dela upp en planering i mindre bitar för att arbetet inte ska kännas övermäktigt för vissa elever. Moment som planerats för en lektion kan ta halva lektionen för vissa elever medan de kan ta tre lektioner i anspråk för andra. Det finns också elever som av olika anledningar missar delar av en lektion eller hela lektioner och som inte arbetar med samma moment som övriga klassen.

Tre månader kan dock kännas som en evighet vid uppstarten och tempot blir därför lite lågt de första veckorna. Det är då till hjälp att eleverna har en planering om hur långt de borde ha hunnit varje vecka. I min planering, den som eleverna ser, visar jag vecka för vecka hur långt eleverna borde ha hunnit för att hinna bli klara tid. Med jämna intervaller finns det "arbeta ifatt lektioner", även om jag inte skriver det i planeringen utan har samma moment två veckor i rad på planeringen.

Undervisningen

Att starta varje lektion med en genomgång av viktiga ord och begrepp samt vilket som är "veckans ord" är något jag genomför i alla ämnen jag undervisat i. Nästa moment på lektionen är alltid att prata med de elever som arbetar självständigt så att de vet vad de ska göra under lektionen och se till att de kan börja arbeta med detta. Först därefter har jag en gemensam genomgång med de elever som behöver mer stöd. Vid sådana tillfällen kan det handla om högläsning, se på film eller att diskutera olika frågor. Under mina genomgångar får de elever som inte behöver lyssna använda hörselkåpor för att kunna arbeta eller använda hörlurar för att se på filmer inom det område som de eleverna valt. Efter den gemensamma genomgången för hela klassen publicerar jag aktuella moment för eleverna i Classroom; skolans digitala lärplattform. Fördelen med det är att jag hela tiden kan se vad varje elev gör. Elever som inte använder dator av olika skäl får ett skrivhäfte som jag samlar in efter varje lektion för att se hur arbetet går.

Placering av elever är viktigt för att varje elev ska lyckas så bra som möjligt efter sina förutsättningar. Placeringen ser olika ut i de olika klasserna. I vissa klasser får eleverna sitta tillsammans om de arbetar med samma moment, i andra klasser måste eleverna sitta på sina bestämda platser om det ska fungera.

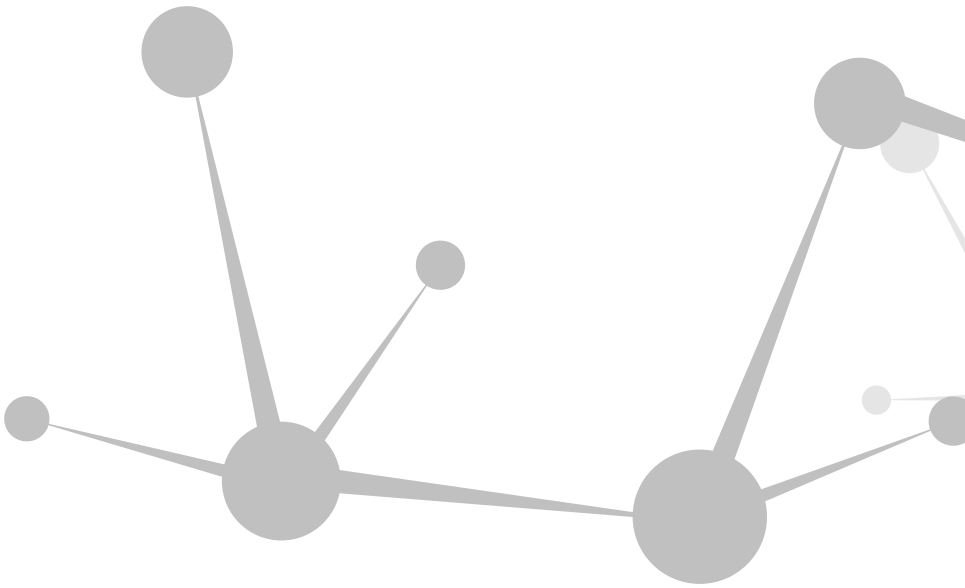
Det svåraste momentet för många elever brukar dock vara de praktiska momenten, även om de tycker att det är det roligaste momentet. Många elever saknar både kunskap och motoriska färdigheter om hur de ska arbeta. När jag diskuterat det med slöjdlärarna på skolan så upplever de samma problem.

Avslutande reflektion

Jag arbetar utifrån det här arbetssättet från första dagen jag träffar nya klasser. Eleverna som arbetat med det här upplägget når nästan alltid upp till de förväntningar jag har på dem, många presterar även bättre än jag förväntat mig. Jag har alltid höga förväntningar på mina elever. I utvärderingen efter arbetsområdet brukar eleverna alltid säga att det var roligt, lärorikt men att det blev stressigt på slutet. Men det är inte bara eleverna som uppskattar det här arbetssättet – jag uppskattar att det är variation i undervisningen och att arbetet inte blir enformigt. Det hade visserligen varit bekvämt att ha material som går att återanvända, men sådant har en tendens att göra mig lite lat och inte på tå som jag måste vara för att göra ett bra arbete som lärare. Jag vet att det här arbetssättet inte passar alla eftersom det kräver mycket i planeringsfasen varje år. Å andra sidan är elevernas måluppfyllelse högre, vilket ju är min grundidé. Ett tips från mig är att börja arbeta på ett liknande sätt men med ett kortare arbetsområde. Eleverna får då möjligheten att bli vana vid arbetssättet innan det kommer till ett stort arbetsområde som pågår under lång tid. Något som annars lätt blir rörigt.

Författarpresentation

Patrik Sandsveden är lärare på Klingsborgsskolan, Norrköping och är legitimerad lärare för åk 1–9 biologi, fysik, kemi, matematik, idrott och hälsa, teknik, svenska och svenska som andraspråk. Han började arbeta i skolan 1982 och har sedan dess arbetat med utbildning i allt från småbarnsavdelning på förskolan, fritidshem, alla stadier i grundskolan, i gymnasieskolan, i vuxenutbildning och även som rektor. Just nu arbetar han i anpassad grundskola 7–9. Han har undervisat i teknik i över 40 år.

Tidigare nummer utgivna i serien Naturvetenskapernas och teknikens didaktik:

- Nr 1 2017: Från forskning till fysikundervisning. Bidrag från konferensen i Malmö 14–15 mars 2016
- Nr 2 2018: Teknikdidaktisk forskning för lärare. Bidrag från en forskningsmiljö
- Nr 3 2019: Forum för forskningsbaserad NT-undervisning.
  Bidrag från konferensen FobasNT18 13–14 mars 2018 i Norrköping
- Nr 4 2019: Från forskning till fysikundervisning. Bidrag från konferensen 10–11 april 2018 i Lund
- Nr 5 2019: Kemi för alla. Bidrag från konferensen 1–2 oktober 2018 i Stockholm
- Nr 6 2020: Animerad kemi. Elever i grundskolans tidiga år förklarar kemiska samband
- Nr 7 2021: Forum för forskningsbaserad NT-undervisning
  Bidrag från konferensen FobasNT19 17–18 oktober 2019 i Norrköping
- Nr 8 2024: Biologididaktik för lärare. Exempel från forskning och skolpraktik