

Maria Svensson disputerade i februari 2011 i teknikens didaktik vid Nationella forskarskolan i naturvetenskapernas och teknikens didaktik, FontD, Linköpings universitet. Hon arbetar som lärarutbildare vid Institutionen för didaktik och pedagogisk profession vid Göteborgs universitet. Hon har en bakgrund som grundskollärare i matematik, naturvetenskap och teknik och hennes forskningsintresse är lärande och undervisning i teknik.

MARIA SVENSSON

Institutionen för didaktik och pedagogisk profession
Göteborgs universitet, Sverige
maria.svensson@ped.gu.se

Tekniska system i grundskolan – kritiska aspekter som didaktisk möjlighet

Abstract

Research related to the school subject technology shows that teaching about technological system is limited and that there is an uncertainty among teachers about what the learning of technological systems implies. The purpose of this article is to contribute to the development of teachers' professional object of knowledge about technological systems. In the curriculum of the subject technology in several countries, including Sweden, knowledge about technological systems such as information, energy and communication systems are included. In this article a synthesized analysis of two phenomenographic studies of young people's experience of technological systems is presented. The result of the analysis is young people's experience of technological systems described in terms of three dimensions of variation: resource, intent and structure. Critical aspects in those dimensions are also identified. Looking at the dimensions and aspects from an educational perspective, they offer a possible starting point for teachers when they plan instruction on technological systems. If teachers address their own and young people's awareness on dimensions of variation, it will enable more powerful ways of learning about technological systems.

INLEDNING

Det saknas i dag dokumentation och forskning om tekniska system som lärandeobjekt. När det gäller teorier om tekniska system som kunskapsområde har Klasander (2010) i sina studier bidragit genom att analysera och sammanfatta dessa i vad han kallar systemsignifikanter. Systemsignifikanterna beskriver Klasander som: 1) systemets tekniska kärna, 2) komponenter, delsystem och hierarkier, 3) samband och helhet, 4) systemgräns och omgivning, 5) isolerade, slutna eller öppna mot omgivningen, 6) informationsflöde, kontroll och återkoppling, 7) systemets funktioner, 8) systemets storlek och komplexitet, 9) dynamik, 10) sociokonstruktivistiska och sociotekniska perspektiv, 11) produktionsvillkor och innovationssystem. (s. 46-48).

Klasander visar också att det finns oklarheter hos lärare kring vad som bör fokuseras i undervisningen för att bidra till lärande. Didaktiker är överens om att så väl ämnesteorier som teorier om lärande som elevers förutsättningar är viktiga delar för att bidra till lärande inom ett kunskapsområde (Nilsson, 2008; Zetterqvist, 2003).

Ungas uppfattningar om tekniska system är en viktig källa för rikare förståelse av tekniska system som lärandeobjekt och bidrar till den ämnesdidaktiska kompetensen kring elevers förutsättningar. Det är också av betydelse att kunna identifiera kritiska aspekter hos lärandeobjektet eftersom dessa tydliggör vad som bör fokuseras i undervisningen för att skapa goda lärandemöjligheter.

Syftet med denna studie är att bidra med kunskaper så att lärare kan utveckla undervisningen om tekniska system. Genom att göra en syntetiserad analys av två fenomenografiska studier kan aspekter som har betydelse för förståelsen av tekniska system ringas in, och tekniska system som lärandeobjekt kan ta form. I den ena studien, som ingår i analysen, *komponentstudien*, genomförs intervjuer där relationen mellan föremål och tekniska system fokuseras. I den andra studien, *systemstudien*, genomförs intervjuer där systemen som helhet står i centrum. Genom en syntetiserad analys undersöks gemensamma drag gällande uppfattningar om tekniska system i komponent- och systemstudien. Med tekniska system avses komplexa sociotekniska system så som informations-, energi- och transportsystem.

BAKGRUND

Fenomenografi och variationsteori

För att analytiskt angripa relationen mellan lärande och undervisning används begrepp med förankring i den fenomenografiska ansatsen.

Inom fenomenografin finns ett intresse i att studera hur människor erfar, förstår eller *uppfattar* världen. Att erfara, förstå och uppfatta används synonymt i artikeln (jmf Marton & Pong, 2008). När vi uppfattar något i vår värld är det vissa *aspekter* av detta något som urskiljs, vissa aspekter fokuseras och andra hamnar i bakgrunden. Eftersom alla människor har olika erfarenheter uppstår en variation i vad som urskiljs i förhållande till ett visst fenomen i världen. Det är mot denna variation och den kopplade variationen av uppfattningar om fenomenet som intresset riktas mot inom fenomenografin. Med hjälp av en fenomenografisk ansats kan en grupp individers uppfattningar om ett fenomen beskrivas i form av kvalitativt skilda men logiskt relaterade kategorier (Marton & Booth, 2000).

De aspekter av fenomenet som urskiljs utgör tillsammans olika dimensioner av fenomenet. Det kan exempelvis vara aspekter som är kopplade till fenomenets strukturella dimension, hur fenomenet är uppbyggt eller aspekter som har att göra med meningen med fenomenet, referentiell dimension. Aspekter inom en dimension av fenomenet kan beskrivas som variationer av dimensionen eller som att ”En aspekt är *en dimension av variation* [min kursivering]” (Marton & Booth, 2000, s. 176). Aspekterna kan ses som kritiska, *kritiska aspekter*, eftersom de visar på avgörande skillnader i uppfattningar om fenomenet. När en fenomenografisk ansats används för att beskriva uppfattningar, är det de kritiska aspekterna som skiljer ett sätt att uppfatta, kopplat till en kategori, från en annan.

En av de bärande tankarna inom fenomenografin är att det finns sätt att förstå fenomen i omvärlden som är kraftfullare än andra. Då flera aspekter och dimensioner urskiljs och fokuseras samtidigt i vårt medvetande, innebär det en mer komplex och oftast mer kraftfull förståelse.

Fenomenografin och variationsteorin är båda inriktade på lärande och undervisning, men tyngdpunkten på lärande respektive undervisning ser olika ut. Inom variationsteorin ligger fokus framför allt på undervisning och variation av de kritiska aspekterna hos ett fenomen för att de ska kunna urskiljas (Pang, 2003). I variationsteorin används *variationsmönster* som analytiska redskap för att planera och analysera undervisningen så att dimensioner av variation och kritiska aspekter synliggörs (Marton, Runesson och Tsui, 2004). Variationsmönstren benämns *generalisering*, *kontrast*, *separation* och *fusion*. I en undervisningssituation gäller det att öppna dimensioner

genom variation så att olika (kritiska) aspekter av fenomenet framträder för den lärande. Booth och Hultén (2003) menar att det finns en potential för lärande om dimensioner tydliggörs genom variation. Det innebär inte automatiskt att lärande sker men det erbjuder möjligheter för lärande.

Artefakter

Teknikens tydligaste manifestation är i form av artefakter, materiella föremål tillverkade av människan för att uppnå ett visst syfte (Mitcham, 1994). Artefakter som exempelvis mobiltelefonen och datorn har stor betydelse för dagens unga. Tekniken finns ständigt som en del av de ungas liv. Den har funnits i alla tider, men den avancerade/högteknologiska tekniken fanns inte i ungas fickor, som en del av dem själva, som den finns i dag (Williams, 2009). Säljö (2008) säger att vår "... förståelse av lärande och kunskapsutveckling är att behärsksningen av artefakter är en central del av vårt kunnande" (s. 15). Men om teknikundervisningen enbart fokuserar på artefakter, den teknik som unga är vana vid och kommer i direkt kontakt med, missar vi teknikkunskaper som vi som aktiva medborgare behöver ha för att kunna vara delaktiga i att fatta beslut och för utveckling av teknisk karaktär (Williams, 2009).

Flera forskare påtalar att det finns problem om teknik ensidigt fokuseras på artefakter (Dusek, 2006; Kline, 2003; Klasander, 2010). Två begränsningar som jag menar att en alltför stark artefaktfokusering kan få i undervisningssammanhang är: 1) *teknikkonsumism*, att människan använder och brukar artefakter och kan endast påverka dem genom att bruka, missbruka eller inte bruka alls, tekniken kan på detta sätt uppfattas som autonom, 2) *materialism*, att artefakterna betraktas som delar skilda från de sammanhang de ingår i. Dusek (2006) poängterar på liknande sätt konsumentproblematiken. Om teknik i första hand betraktas utifrån artefakterna, ses inte individen som delaktig i tekniken utan som någon som står utanför tekniken och betraktar den. Artefakter, som isolerade enheter av vår vardag, där de synliga fysiska delarna fokuseras, har kritiserats av bland annat Bijker, Hughes och Pinch (1989) och Latour (1993) som menar att teknik bör förstås som något mer än enskilda delar. Artefakterna måste ses i sammanhang där både materiella och icke-materiella aspekter integreras. Ett sätt att överbrygga begränsningarna, som artefaktfokuseringen kan leda till i undervisningen, är att lyfta fram tekniska system som en utgångspunkt när det gäller förståelse av teknik i dagens samhälle. Genom att synliggöra tekniska system erbjuds en syn på teknik som innefattar både artefakter och sammanhang i en kontext där människan är integrerad (Dusek, 2006; Kline, 2003).

Tekniska system

Tekniska system kan beskrivas som komponenter, både materiella och icke-materiella, och samband dem emellan. Tillsammans bildar de en helhet. Den helhet som systemet utgör måste gå att urskilja från omgivningen genom vissa avgränsningar (Dusek 2006; Ingelstam 2009; Kline 2003). Tekniska system innebär att se teknik i sammanhang utifrån ett helhetsperspektiv och som något vi människor är delaktiga i. Detta talar för att systemperspektivet bör vara en del av kärnan i grundskolans teknikundervisning, vilket också framkommer i de nationella styrdokumenterna i Sverige. Tekniska system finns som ett perspektiv på teknik i den svenska kursplanen för teknik, Lpo 94 (Skolverket, 1994/2000) och i den kommande läroplanen, Lgr 11 (Skolverket, 2010) som en del av det centrala innehållet.

Många tekniska system, som till exempel transportsystem, är svåra att överblicka. Systemen erbjuder inte alltid den genomsynlighet som skulle behövas för en fullständig inblick. Vissa delar uppfattas som en svart låda som inte går att öppna, en "black box" (Latour, 1993). Poängen med att se system från ett helhetsperspektiv är inte att öppna varenda "black box" utan att få insikt om teknikens konsekvenser på olika nivåer, som till exempel hur det påverkar och kan påverkas av individen, samhället och naturen. På så sätt finns bättre förutsättningar för ett aktivt deltagande i de frågor och diskussioner i samhället som rör teknik (Ingerman 2009; Svensson 2009). Ett dilemma som Frank (2005) pekar på när det gäller att se tekniska system som en helhet är att det

krävs olika specialister för att bygga upp och underhålla dem. Systemen blir svåra att överblicka, till och med för dem som kallas experter.

Trots det är en av de grundläggande idéerna med att se på världen i form av system att "... se världen i helheter, alltså modeller av världen som har gemensamma egenskaper" (Öqvist, 2008, s. 9). En av utmaningarna i undervisningssammanhang blir att uppmärksamma både helheten och delarnas betydelse för denna helhet. Delar av en helhet måste, samtidigt som de studeras separat, ses i relation till helheten. Annars finns en risk att delarna bara ses som just delar. Cruse (1978) beskriver det på följande sätt:

Suppose I take a hacksaw and cut a typewriter into two. Are the pieces I obtain 'parts' of the typewriter in the normal sense? Clearly not. In fact, the situation neatly differentiates the meaning of piece and part. (s. 31)

Om enbart delarna, i form av föremål, fokuseras när tekniska system studeras finns en risk att människans roll i systemen endast blir som användare, konsument, av föremålen som ingår i systemet. För en mer differentierad syn på människans roll behövs ett helhetstänkande kring system där det tydliggörs att människan både använder, underhåller och kontrollerar systemen. Ingelstam (2002) poängterar detta genom att säga att tekniska system i sig inte kan utträta något, människan måste finnas med. Tekniska system är både tekniska och sociala konstruktioner. Som individer är vi integrerade i tekniska system antingen som komponenter - aktörer eller som länkar mellan komponenter.

Tekniska system från ett didaktiskt perspektiv

Undervisning om tekniska system innebär didaktiska utmaningar. Framför allt saknas idag beskrivningar av hur lärandeobjektet, tekniska system, kan presenteras så att unga erbjuds möjligheter att lära. Lärare behöver en ämnesdidaktisk kompetens för att i undervisningen skapa förutsättningar för lärande. En del i denna kompetens handlar om kännedom om den lärandes förutsättningar, möjligheter och svårigheter, när det gäller att förstå det aktuella lärandeobjektet. Carlgren och Marton (2000) beskriver det som:

Om läraren ger akt på elevernas sätt att tänka och resonera kan det bli en källa till rikare förståelse inte bara av elevernas tänkande utan även av själva fenomenet de tänker om. (s. 229)

Klasander (2010) har gjort undersökningar av hur tekniska system beskrivs i svenska läromedel, styrdokument och av lärare. Han bidrar genom dessa med teoretiska kunskaper om lärandeobjektet tekniska system, men pekar också på att det saknas kunskaper kring vad lärande och undervisning om tekniska system innebär. Den bild som Klasander ger när det gäller undervisning av tekniska system i den svenska grundskolan tydliggör att det framför allt fokuseras på artefakter, både i läromedel och i undervisningspraktiken. Detta skapar vad han kallar en artefaktens hegemoni. I denna hegemoni skuggas teknikens systemiska karaktär av artefakterna. Undervisningen kommer att handla om artefakter: hur de är konstruerade, vilka material de består av och deras inre funktion. Hur artefakterna är relaterade till varandra eller är delar av system saknas. Även om det i styrdokumentet har skett en förändring för att tydliggöra teknikens systemiska karaktär har denna inte realiserats i undervisningspraktiken.

Internationell forskning inom det teknikdidaktiska fältet tar ofta sin utgångspunkt i läroplaner, lärarperspektiv och definitioner av teknik och teknikämnet (De Vries, 2003; Hagberg & Hultén, 2005; Zuga, 1997). Teknikdidaktisk forskning om tekniska system är under utveckling. Ginns, Nortons och McRobbies (2005) har i en undersökning studerat hur 30 australiensiska elever i årskurs sex förstår tekniska system. De system som tas upp är: telefonen, en ångdriven modellbåt, kugghjul och sub-system på en cykel. Undersökningen bygger på ett systems/föremåls inre struktur och komponenter vilket resulterar i att det framför allt är delar i system som belyses och inte system som en helhet.

I två tidigare studier (Svensson & Ingerman, 2010; Svensson, Zetterqvist & Ingerman, 2010) studeras ungas uppfattningar om tekniska system utifrån både komponent- och systemperspektiv. Dessa studier bidrar med kunskaper när det gäller förståelse om tekniska system, men det saknas en entydighet kring vad läraren bör fokusera på i undervisningen för att utveckla lärandet om tekniska system. I denna artikel vill jag presentera en syntetiserad analys av de båda ovannämnda studierna för att bidra med kunskaper när det gäller undervisning om tekniska system. En mer ingående beskrivning av resultaten från komponent- och systemstudien presenteras under Utgångspunkter.

SYFTE

Med utgångspunkt i ungas uppfattningar om tekniska system syftar denna studie till att undersöka vilka dimensioner och kritiska aspekter som kan vara relevanta att belysa i undervisningen där tekniska system fokuseras som lärandeobjekt.

Frågeställningar

Vilka dimensioner av tekniska system uppfattar unga då system belyses från två perspektiv?

Vilka aspekter inom dimensionerna är kritiska för en mer utvecklad förståelse om tekniska system?

UTGÅNGSPUNKTER

Två studier av ungas uppfattningar om tekniska system utgör utgångspunkten för denna artikel. I studierna används en fenomenografisk forskningsansats, vilket innebär att kvalitativt olika sätt att förstå samma fenomen studeras. De två studierna tar sin utgångspunkt i två olika perspektiv på tekniska system: komponenter (Svensson & Ingerman, 2009) och system (Svensson m fl., 2010). Det övergripande och gemensamma intresset i båda studierna är tekniska system.

Komponentstudien utgår från några vanligt förekommande föremål; mobiltelefonen, glödlampan/lågenergylampan och bananen, som presenteras för 10- och 15-åringar i en intervjustudie. Intervjuerna rör sig kring föremålen i relation till så väl funktion som system. Intervjuerna analyseras med en fenomenografisk ansats. Tre dimensioner utkristalliseras när det gäller vad de unga uppfattar som kännetecknande för system:

Flöde - förflyttning av material, energi eller information genom systemet

Komponentinteraktion – sammankoppling och interagering av systemets delar genom transformation, transporter, lagring, styrning och reglering

Systeminteraktion – interagering mellan systemet och andra närliggande system samt systemets gränser mot omgivningen.

Den fortsatta analysen resulterade i fem kategorier, tabell 1, som beskriver hur de unga uppfattar relationen mellan föremål och system.

Tabell 1. Komponentstudiens kategorier

Kategori	Beskrivning
K1	Föremålen tas för givna och beskrivs utan kopplingar till andra föremål eller system i omgivningen
K2	Föremålens funktion (vad som behövs för att föremålen ska fungera) kopplas till ett flöde
K3	Föremålen beskrivs med relationer till andra komponenter där det kan ske förändringar av flödet mellan komponenterna
K4	Föremålen ses som delar där olika processer sker och kan styras av olika faktorer
K5	Föremålen beskrivs som komponenter i en process som avgränsas från omgivningen men med relationer till andra system, människor, natur och samhälle

Kategorierna är inkluderande, vilket innebär att i kategori K2 ingår även beskrivningar som går att finna i kategori K1. Kategorierna och dimensionerna är sammanlänkande och det finns en hierarkisk ordning mellan kategorierna och dimensionerna. I kategori K1 förekommer endast dimensionen *flöde*. I kategori K2 finns även *komponentinteraktion* med i viss utsträckning. I kategori K3 ingår även *systeminteraktion*. I kategorierna K4 och K5 förekommer samtliga dimensioner, och fler aspekter av dimensionerna tydliggörs.

Systemstudien syftar till att fördjupa kunskaperna om ungas uppfattningar om tekniska system. Den tar sin utgångspunkt i tidigare forskning och teorier om tekniska system. Det är system som en helhet som fokuseras i studien. I intervjuerna med 15-åringarna fokuseras tre system: transport, energi och kommunikation, vilka kontextrelateras i förhållande till bananer, elektricitet och mobiltelefoner. I början av intervjun presenteras de ingående systemen med tre bilder, 1) en person som packar bananer, 2) en satellit bild av Europa på natten, 3) en mobiloperatörs täckningskarta över Sverige, med avsikten att sätta in systemen i ett sammanhang. Sedan ställs frågor i relation till bilderna och till system som en helhet.

En fenomenografisk analys genomförs, där strukturella och referentiella aspekter används som analytiska verktyg (Marton & Booth, 2000). Strukturella aspekter avser systemets delar som tillsammans bildar en helhet. I de strukturella aspekterna inkluderas både delarnas relation till varandra - det interna, och systemet som en helhet i förhållande till det som omger systemet - det externa. Referentiella aspekter handlar om den mening som urskiljs. Analysen resulterar i fem kategorier, S1-S5, av uppfattningar om tekniska system som presenteras i tabell 2.

Tabell 2. Systemstudiens kategorier

Kategori	Beskrivning
S1	Tekniska systemaspekter och situationer förbises
S2	Tekniska system finns till för att människan ska kunna använda det systemet levererar
S3	Tekniska system upprätthålls av människor genom att de arbetar med dem och kontrollerar dem
S4	Tekniska system samspelar med människor och samhället
S5	Människor och samhälle är en del av tekniska system

Relationen mellan kategorierna av uppfattningar och de strukturella och referentiella aspekterna kan beskrivas genom en ökande komplexitet. I kategori S1 är det enskilda komponenter, en lampa eller en mobil, som fokuseras. Skillnaden är stor mot kategori S5, i vilken en mer utvecklad syn på tekniska system finns, där både komponenterna och meningen med systemet för individer och samhället integreras i beskrivningar.

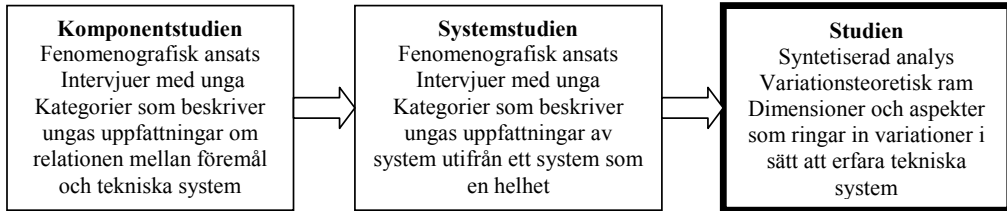
Ett viktigt steg i komplexitetsökning går att finna i den strukturella aspekten mellan kategori S1 och S2. I kategori S1 förbises systemets "systemiskhet", men i de övriga fyra kategorierna är "systemiskheten" i någon mening synlig och viktig. Det är också en ökad i komplexitet mellan kategori S3, där systemet i fokus inte kopplas samman eller relateras till andra system, och S4 där det aktuella systemet har tydliga relationer till andra system.

Mellan kategori S4 och S5 ökar i komplexitet genom sättet att beskriva systemets struktur, som komponenter eller som en övergripande struktur, där enskilda komponenter tillåts hamna i bakgrunden och beskrivas som en "black box".

Det finns också en viktig skiljelinje i förhållande till den referentiella aspekten mellan kategorierna S3 och S4, där det handlar om hur människor placeras i förhållande till systemet, utanför systemet som användare av systemet eller inne i systemet som en del av det.

METOD

Att göra en syntes av två datainsamlingar innebär att två enheter förenas för att se om det finns gemensamma drag i båda dessa enheter som kan ge ny kunskap. Det är komponentstudiens och systemstudiens utfallsrum och empiri som utgör två enheter i den syntetiserade analysen.



Figur 1. Beskrivning av förhållandet mellan komponentstudien, systemstudien och studien som presenteras i denna artikel.

Genom att analysera kategorierna från de båda studierna, komponent- och systemstudien, där ungas olika uppfattningar om tekniska system beskrivs, kan dimensioner som är gemensamma för båda utfallsrummen identifieras. Analysen resulterar på detta sätt först i ett antal tentativa dimensioner som beskriver den variation som förkommer i de båda studiernas utfallsrum. För att undersöka tillförlitligheten i dessa dimensioner plockas intervjuutsagor från samtliga kategorier fram och testas mot de framtagna dimensionerna. Då den variation som förekommer i utsagorna täcks in av dimensionerna får dessa sin slutliga form.

I analysens andra steg analyseras varje dimension för sig för att finna de aspekter som på ett avgörande sätt skiljer kategorierna åt inom dimensionen. Inom varje dimension finns ett antal kritiska aspekter. De kritiska aspekterna prövas mot samtliga utsagor, så att de beskriver det som skiljer en uppfattning om tekniska system från en annan. Med hjälp av citat från båda studiernas kategorier belyses de olika aspekterna.

RESULTAT

Den syntetiserade analysen av komponent- och systemstudien resulterade i tre dimensioner, som beskriver olika sätt att förstå fenomenet tekniska system:

Resurs - information, energi och materia som systemet levererar för att uppfylla vissa behov. Resurserna tillförs systemet som ett inflöde (input), och genom olika processer sätter de systemet i arbete, för att sedan lämna systemet som ett utflöde (output).

Intention - avsikten med systemet, vad uppnår vi med systemet och varför har vi byggt upp det? Jämfört med resursen så riktas intentionen inte mot den tekniska lösningen av problemet, det som ska levereras, utan mot behovet av en lösning.

Struktur - uppbyggnad, kan delas upp i en *intern* - systemets inre delar och samband och en *extern* - systemets växelverkan med andra system och omgivningen (naturen och samhället).

Inom varje dimension finns ett antal aspekter som visar sig vara kritiska, då de skiljer en uppfattning om tekniska system från en annan. Aspekterna inom en dimension benämns utifrån ökad komplexitet. Den första aspekten är den minst komplexa. De kritiska aspekterna sammanfattas i tabell 3 och beskrivs sedan inom varje dimension med något citat.

Tabell 3. Resultat av den syntetiserade analysen i form av dimensioner och kritiska aspekter av tekniska system.

Dimensioner	Kritiska Aspekter
Resurs	Första aspekten - Att det finns ett flöde
	Andra aspekten - Vad det är som flödar
	Tredje aspekten - Vad kan påverka flödet
Intention	Första aspekten - Vilket behov tillgodoses för individen?
	Andra aspekten - Vilket behov tillgodoses för människan och samhället?
Struktur	Första aspekten (intern) - Komponenters betydelse
	Andra aspekten (intern) - Relationerna mellan komponenterna
	Tredje aspekten (intern) - Komponenter i bakgrunden
	Fjärde aspekten (extern) - Relation till andra system och människan
	Femte aspekten (extern) - Relation till andra system, samhället och människan

Resurs

I dimensionen går det att uttolka tre aspekter som kritiska. Den *första* aspekten är att överhuvudtaget uppfatta ett flöde. I ett citat från kategori 2 i systemstudien (S2) förekommer signaler och täckning som det som förflyttas i systemet vilket tyder på att ett flöde uppfattas.

Exempel från S2: flöde förekommer

- Intervjuare Mm, så om vi säger att du ska ringa från den mobilen [pekar på bilden] till din mammas mobil till exempel. Hur funkar det?
- Elev 5b Då har jag min mobil och så har hon sin mobil här borta säger vi [ritar]. Då skickar ju min mobil,... borde ju *skicka signaler* till hennes mobil så att den märker att, nu är något på gång eller jag vet inte. Och då, sen så... ser hon väl det och sen när hon trycker typ på svara så kommer väl en signal till min mobil som visar att, du din mamma har svarat och så pratar man. Så tror jag att det fungerar
- Intervjuare Men vad behövs den för då [masten]?
- Elev 5b Ja, men den behövs ju för att min, eller alltså för att... det är väl för att dom här täckningarna, den täckningen som är här ifrån [från masten till mobilen] går ju in till min mobil för att jag ska..., den ska fungera.

Den *andra* aspekten är att urskilja vad som flödar i form av information, energi och materia och om detta flöde ses som något specifikt, en banan eller el till en viss lampa, eller som något generellt, bananer eller el till olika apparater.

Den *tredje* aspekten handlar om vad som kan påverka flödet, som exempelvis olika komponenter. Exemplet hämtas från kategori 3 i systemstudien (S3):

Exempel från S3: flödet påverkas av komponenter

- Intervjuare ... Hur ser systemet ut som förser oss med el?
- Elev 8b Ja, först måste ju elen produceras och det gör det ju vid typ kärnkraftsverk, och till exempel andra energikällor är vindkraftverk, solceller och vattenkraftverk och så. Sen görs elen om, om man får el genom typ vattenkraftverk så måste elen göras om till el, eller *energin görs om till el i sådana där generatorer* typ och sen typ transporteras den ut till ledningarna till husen som tar emot den.

Förståelsen för vad som flödar i systemet är avgörande för att förstå att använda system, som ett verktyg för att beskriva världen. Resurs som dimension kan ses som grundläggande och framträder inte lika tydligt när de unga visar en mer utvecklad systemsyn.

Intention

Dimensionen utgörs av två kritiska aspekter. Den ena aspekten riktas mot en intention för den individuella användaren och den andra mot både individen och samhället i stort.

Ett citat från kategori S2 visar den *första* aspekten, att systemet är till för den enskilda användarens skull och om inte hon använder systemet skulle det inte finnas.

Exempel från S2: för enskilda användare

Intervjuare Och vad har du för betydelse för systemet?
 Elev 4b Jag använder el så att utan mej, eller mej och andra, så skulle dom inte få in någon som använde el och då skulle dom inte få pengar till och tillverka el och så skulle det inte finnas över huvudtaget.

Den *andra* aspekten går att finna i citatet från kategori S5, där avsikten med systemet sätts i relation till människan och samhället. Här ser vi också att systemets betydelse differentieras i förhållande till individen och samhället.

Exempel från S5: för människor och samhälle

Intervjuare Behövs du för att det här systemet ska funka?
 Elev 16b Nä, det tror jag inte. För enskilda människor liksom det behövs nog inte, egentligen, *det är ju liksom en samhälls grej*, kan man tycka
 Intervjuare Behöver du systemet?
 Elev 16b Ja verkligen, jag är beroende av det
 Intervjuare Du skulle inte klara dig utan det?
 Elev 16b *Samhället skulle inte klara sig utan det tror jag. Jag kanske skulle göra det men... klart man överlever men samhället klarar sig inte utan det*

Struktur

Dimensionen är uppdelad i två delar, *intern* och *extern* struktur. Inom intern struktur finns tre kritiska aspekter. I den externa finns två kritiska aspekter. I den första aspekten beskrivs komponenter som enskilda föremål. I den andra, mer utvecklade, beskrivs komponenterna som delar av systemet med olika funktioner. I den tredje, och den aspekt som pekar mot den mest avancerade uppfattningen när det gäller den interna dimensionen, beskrivs de enskilda delarna inte längre som viktiga, utan det är snarare målet med system som är det viktiga. I strukturens externa dimension, systemets växelverkan med andra system och sin omgivning, krävs en förståelse på en högre abstraktionsnivå än i den interna. Den fjärde aspekten beskriver interaktion mellan det aktuella systemet och andra system, vilken är svår att uppfatta om systemet endast uppfattas som enskilda komponenter. I den femte aspekten beskrivs systemets interaktion med andra system och omgivningen.

I den *första* aspekten är det enskilda komponenter, *en rund lampa, en kontakt, en fabrik*, som relateras till systemets struktur.

En mer utvecklad syn på systemets struktur ser vi i den *andra* aspekten, där komponenter i systemet interagerar med varandra, genom omvandling, styrning och lagring, vilket vi ser i kategori S3.

Exempel från S3: komponenter interagerar

Intervjuare [...] om du tänker på det systemet som förser oss med el och så försöker du göra en skiss över hur du tänker att det ser ut
 Elev 4b Ja, okej man kan väl ta typ till exempel ... vindkraft.
 Intervjuare Ja okej.

Elev 4b Ja, då tänker man väl typ så [ritar]. Så här kommer elen [pekar på vindkraftverket] så åker den in i något sånt här [fabrik] typ så. Där tar dom hand om elen. Jag vet inte riktigt, den åker runt här inne. För här kommer ju vinden som gör så att den här [pekar på vindsnurran] som gör att det blir en rörelseenergi. Så här *omvandlar dom rörelseenergin till elektricitet* som dom skickar ut till ... jag vet inte vad det är för något mellan men dom måste ju *skicka ut* till olika... jag vet bara att det kommer till hus sen och andra företag och sånt. Så jag vet inte riktigt om det är någonting mellan där kanske... som *tar hand om el eller lagrar el* också. Så tänker jag ungefär.

Den *tredje* aspekten, att det är något mer än komponenterna som sådana som har betydelse i systemet och att händelser relaterade till systemet inte behöver beskrivas genom att beskriva alla komponenter utan kan beskrivas som en specifik situation, "... *ett haveri*". Det finns en kännedom om delarna i systemet, men varje enskild del behöver inte användas för att beskriva systemet och hur dess struktur kan påverkas. Det innebär att komponenterna urskiljs men hamnar i bakgrunden, medan andra aspekter av systemet fokuseras.

I kategori 5 från komponentstudien (K5) beskrivs den *fjärde* kritiska aspekten där interaktion förekommer mellan systemet och närliggande system, bananplantage och transportsystem, och i förhållande till människor.

Exempel från K5: interaktion andra system och människor

Intervjuare Vad behövs för att vi skall kunna äta bananer i Sverige?

Elev 13a Det behövs transportmedel för att få hit bananer från andra länder där det finns *bananplantager*. Självklart man kan ju ha bananplantager här i växthus, men det är inte särskilt effektivt, men jag tror att det bästa är om det finns båtar eller... flygplan *från andra kontinenter* som är stora så de kan ta mycket i taget. Och sen så klart att det finns folk som arbetar och ser till att dom skördas ordentligt och att de inte blir dåliga och så.

I kategorin S5 visar citatet på hur den *femte* aspekten där samhället, andra system och människan har betydelse för det system som fokuseras. Det finns delar som inte direkt är en del av det aktuella systemet, men som ändå kan påverkas av systemet, som till exempel utbildningssystem "... *deras utbildning nästan är bortkastad*". En mer omfattande växelverkan mellan systemet och dess omgivning framträder.

Exempel från S5: interaktion samhälle, system, människa

Intervjuare Vilken betydelse har systemet för dom [människorna]?

Elev 9b Ja, ja för det första om dom här... främst den här *jobbindustrin* som bygger upp masterna dom har inget och göra om dom inte får sätta upp master för jag tror nästan dom specialiserar sig på sätta upp olika telemaster och skicka ut sådan... information. Och om det inte finns några operatörer, om det inte finns några mobiltelefoner då har dom inget arbete. Sen finns det naturligtvis dom som jobbar som operatörer... och dom jobbar också där, finns det inga operatörer så kanske *deras utbildning nästan är bortkastad* för dom har inget jobb längre i sådana fall. Så det påverkar ju väldigt mycket för alla nästan, konsumenterna lika så. Det finns ju väldigt många jobb i Sverige där vi *använder jobbmobil*er till exempel för att kommunicera med olika företag och det kanske påverkar väldigt mycket om dom inte får sin mobiltelefon och inte kan kommunicera med varandra. Så det påverkar många företag och privatpersoner.

Sammanfattning av resultat

Vad lärare bör uppmärksamma och variera i undervisning kan beskrivas som tre dimensioner av tekniska system - *resurs*, *intention* och *struktur*. Dimensionerna är inte isolerade enheter utan det finns kopplingar mellan dem.

När det gäller *resurs* och *strukturens interna* delar finns en koppling vad gäller det som flödar i systemet och vilka komponenter som systemet är uppbyggt av. Det framkommer i den tredje aspekten av resursen där flödet påverkas av komponenter "... *energin görs om till el i sådana där generatorer*". Det finns också en nära koppling mellan *resurs* och *intention*. Resursen kan ses som en grundläggande del av systemets egenskap, att leverera något, medan intentionen handlar om vilket behov som gett upphov till systemet. Resultaten i studien tyder på att det finns en hierarkisk ordning vad gäller dimensionerna. *Resursen* och *strukturens interna* delar är i den undersökta gruppen av unga grundläggande för att erfara de tekniska systemens systemiska karaktär. Om de unga inte ser vad systemet levererar eller komponenterna och sambandet mellan dessa, har de svårt att urskilja systemet. Nästa steg är att uppfatta *intentionen* med systemet på olika nivåer, individ/samhälle. När det gäller *strukturens externa* delar krävs ett systemtänkande på en mer utvecklad nivå, eftersom det handlar om att se omgivningens integrering med systemet. Ett exempel på detta är att mobilsystemet kan påverka utbildningssystem, som i citatet av elev 9b.

Inom de tre dimensionerna finns ett antal aspekter av lärandeobjektet som för den undersökta gruppen är kritiska. De unga som erfar flera av lärandeobjektets dimensioner och aspekter har en mer utvecklad förståelse av tekniska system än de som erfar en dimension.

DIDAKTISKA IMPLIKATIONER

Ungas förståelse av tekniska system varierar och kan beskrivas som tre dimensioner. För att kunna utveckla en bättre förståelse om tekniska system kan undervisningen planeras så att variationerna tydliggörs och aspekterna inom dimensionerna på olika sätt varieras. Variation är väsentligt för lärandet, eftersom det innebär att man kan urskilja saker från varandra.

Variationsmönster

Inom variationsteorin används variationsmönster för att möjliggöra urskiljning i undervisningen (Marton m fl., 2004). Variationsmönstren används i denna studie som möjliga verktyg för lärare när de planerar undervisningen. Wallerstedt (2010) har i en studie visat på liknande användning av variationsmönster då lärare planerar undervisning av taktart i musiken. Dimensionerna som framkommit ringar in vad av lärandeobjektet, tekniska system, som bör varieras. De kritiska aspekterna ses som kritiska för den grupp som deltagit i denna specifika studie men kan på ett mer generellt plan sägas beskriva aspekter av lärandeobjektet tekniska system. Det går inte att i förväg säga vilka aspekter som är kritiska för en viss grupp individer, utan det är något som måste undersökas för varje ny grupp av individer i förhållande till lärandeobjektet. Däremot kan de aspekter som framkommit i analysen antas vara relevanta aspekter för läraren att förhålla sig till då hon planerar och genomför undervisningen. Kullberg (2010) har visat hur lärare i undervisningssammanhang kan använda sig av aspekter som visat sig kritiska för en viss grupp individer då de planerar och genomför undervisning av samma lärandeobjekt med en annan grupp.

I samtliga tre dimensioner handlar det om att på olika sätt variera aspekter inom dimensionen för att tydliggöra vilka relationer som finns mellan delar i systemet. I dimensionen *resurs* är det frågan om relationer mellan olika komponenter som behöver varieras för att resursen, det som flödar, ska synliggöras. Dessa relationer kan vara materiella, en ledning för transport av elektricitet eller mer diffusa som en lag som reglerar hur mycket bananer man får importera. I *intention* handlar det om att variera relationer i förhållande till nivåer, nämligen mellan det som är avsikten med systemet och individen, människorna eller samhället. Relationerna i denna dimension kan sägas ha en konsekvenskaraktär, elsystemet har för avsikt att förse individer, människorna och samhället med

el och hur påverkas dessa nivåer om det inte levereras någon el. Även den omvända relationen finns, nämligen vilken påverkan har individen, människorna och samhället på vad systemet gör? I dimensionen *struktur* är det relationer i förhållande till det *interna*, mellan delar inom systemet, och det *externa*, mellan systemet och andra system, som varieras. Relationer kan här vara både materiella, ledningar och rör eller icke-materiella, lagar och regler.

Variationsmönster kan användas för att urskilja variationer genom att relationer "tas bort" eller separeras från systemen för att tydliggöra vad som händer om relationerna inte finns. I dimensionerna, *resurs* och *struktur*, kan detta göras om resursen stoppas, flödet bryts, till exempel genom ett strömavbrott i energisystemet eller genom att en komponent slås ut, till exempel en mobilmast i mobiltelefonsystemet. Marton m fl. (2004) beskriver detta som *separering* vilket har visat sig vara en viktig variation som bör skapas i undervisningen för att åstadkomma lärande. Separering innebär att vissa aspekter kan urskiljas från andra och detta kan uppnås genom att någon aspekt varieras (flödet bryts eller komponenter tas bort) och andra hållas invarianta (oförändrade). Olika relationer kan ställas mot varandra eller kontrasteras i undervisningen för att på så sätt lättare kunna urskiljas. I dimensionerna *intention* och *resurs* ser vi exempel på detta genom att intentionen med systemet relateras till individen, människor och samhället, avsikten med systemet kan se olika ut för mig som individ och för samhället. Den resurs som utgör det huvudsakliga flödet i ett system kan variera mellan information, energi och materia och genom att ställa system med olika flöden mot varandra kan denna relation urskiljas. Att *kontrastera* beskriver variation som innebär att en individ erfar något genom att också uppfatta något annat som hon kan jämföra med (Marton m fl., 2004).

För att tydliggöra hur *separering* och *kontrastering* kan användas för att beskriva lärandeobjektet presenteras en sammanfattning i tabell 4.

Tabell 4. Didaktiska implikationer med utgångspunkt i dimensioner av variation och som aspekter av lärandeobjektet. Aspekterna av lärandeobjektet är för den undersökta gruppen kritiska aspekter.

Dimensioner av variation	Aspekter av lärandeobjektet	Möjliga sätt att åstadkomma variation
Resurs	Att det finns ett flöde	Genom att <i>separera</i> flödet från systemet
	Vad det är som flödar	Genom att <i>kontrastera</i> flöden energi, materia och information
	Vad kan påverka flödet	Genom att "ta bort", <i>separera</i> komponenter
Intention	Vilket behov tillgodoses för individen?	Genom att <i>kontrastera</i> betydelsen för individen, inget system- system
	Vilket behov tillgodoses för människan och samhället?	Genom att <i>kontrastera</i> betydelsen på olika nivåer, för individen, människorna och samhället
Struktur	Komponenters betydelse	Genom att <i>separera</i> delar från helheten
	Relationerna mellan komponenterna	Genom att <i>kontrastera</i> omvandlingar, lagringar, transporter, transformeringar, styrningar och regleringar
	Komponenter i bakgrunden	Genom att <i>separera</i> helheten från delarna
	Relation till andra system och människan	Genom att <i>separera</i> systemet från andra system och människan
	Relation till andra system, samhället och människan	Genom att <i>separera</i> systemet från andra system, samhället och människan

Perspektiv på tekniska system

För att komma åt alla tre dimensioner, *resurs*, *intention* och *struktur* kan det vara nödvändigt att se på tekniska system från flera perspektiv. Detta talar för att i linje med fenomenografin erbjuda inläringssituationer med olika relevansstruktur (Marton & Booth 2000), det vill säga situationer där tekniska system är den gemensamma faktorn men där olika perspektiv hamnar i fokus. Relevansstrukturer innebär att varje situation manar till visst erfärande. Om de unga kan erfara fenomenet i olika situationer innebär det att relationen mellan fenomenet och dem själva har förändrats. De kan urskilja aspekter som de inte kunde tidigare, och detta innebär lärande. Unga som endast får möta tekniska system utifrån *en* sorts relevansstruktur, till exempel utifrån artefaktperspektivet, får inte samma möjligheter till lärande om tekniska system. Även om artefakterna också bör ses som potentiella och viktig ingångar till kunskaper om tekniska system. I Svenssons och Ingermans studie (2010) framkommer att en artefakt kan vara en möjlig utgångspunkt för att lyfta fram vissa aspekter av tekniska system.

I analysen visar sig skillnader som direkt kan kopplas till det perspektiv som tas på systemet – komponentperspektivet, tar sin utgångspunkt i föremål som delar i ett tekniskt system, – systemperspektivet, har system som helhet som utgångspunkt. När utgångspunkten tas i enskilda föremål som delar av ett system ser vi på systemet från en mikronivå. De unga försöker utifrån delarna se en helhet. Delens betydelse för systemet hamnar i fokus och avsikten med systemet blir direkt relaterad till denna del. Om vi tar mobiltelefonen som exempel, är avsikten med systemet att signaler kan gå fram till mobiltelefonen. När utgångspunkten istället är systemet som en helhet – makronivå, blir delarna allt mer oväsentliga och blir en "black box" i större utsträckning. När det gäller mobiltelefonen ligger fokus inte på signaler till den enskilda mobilen, utan på att kunna kommunicera med andra människor.

Det framkommer också i analysen att variationen i form av perspektivförskjutning gör att uppmärksamheten flyttas från individ till samhälle. Då de unga utifrån föremål beskriver intentionen med ett tekniskt system är det individens användning av föremålen som i första hand uppfattas. När de unga utifrån systemet som en helhet beskriver systemets intentioner är dessa kopplade till nyttan för samhället snarare än till individen.

SLUTORD

Tekniska system finns som en del av den svenska grundskolans styrdokument men tolkningsmöjligheterna är stora och styrdokumentet ger inte läraren svar på hur undervisningen om tekniska system kan byggas upp för att åstadkomma lärande. Resultatet av min analys erbjuder utgångspunkter för undervisningen om tekniska system. Det är framför allt ungas uppfattningar av tekniska system som utgör grundelementen för svaret på "hur-frågan" men även teorier om tekniska system har en stor betydelse. Dimensionerna av variation: *resurs*, *intention* och *struktur*, och kritiska aspekter av dessa, erbjuder verktyg för lärare att förhålla sig till och utgå ifrån då de planerar undervisningen. De kan då erbjuda unga kraftfulla sätt att lära tekniska system. Genom kunskaper om dimensioner och aspekter av tekniska system har lärandeobjektet tydliggjorts och kan utvecklas vidare i undervisningssammanhang.

REFERENSER

- Bijker, W. E., Hughes, T.P., & Pinch, T. (1989). General introduction. In Bijker, W. E., Hughes, T.P., & Pinch, T. (Eds.), *The social construction of technological systems*, (s. 1-6). Cambridge: The MIT Press.
- Booth, S., & Hultén, M. (2003). Opening dimensions of variation: An empirical study of learning in a Web-based discussion. *Instructional Science*, 31, 65-86.

- Carlgren, I., & Marton, F. (2000). *Lärare av i morgon*. Stockholm: Lärarförbundets förlag.
- Cruse, D. A. (1979). On the Transitivity of Part-Whole Relation. *Journal of Linguistics*. 15, 1, 29-38.
- De Vries, M. (2005). *Teaching about Technology. An Introduction to the Philosophy of Technology for Non-philosophers*. Dordrecht: Springer.
- Dusek, V. (2007). *Philosophy of Technology: An Introduction*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Frank, M. (2005). A Systems Approach for Developing Technological Literacy. *Journal of Technology Education*, 17, (1).
- Ingelstam, L. (2002). *System: att tänka över samhälle och teknik*, Eskilstuna: Statens energimyndighet.
- Ingelstam, L. (2009). Varför är tekniska system intressanta? In Gyberg, P., & Hallström, J. (Red.). *Världens gång teknikens utveckling*. (s.81-115). Lund: Studentlitteratur.
- Ingerman, Å. (2009). Kunskaper, engagemang och handling. I Ingerman, Å., Wagner, K., & Axelsson, A-S. (Red.). *På spaning efter teknisk bildning*. (s.26-42). Stockholm: Liber.
- Klasander, C. (2010). *Talet om tekniska system – förväntningar, traditioner och skolverkligheter*. Vol (32), Studies in Science and Technology Education, Linköpings universitet. Linköping: LiU-Tryck.
- Kline, S. J. (2003). What is Technology. In Scharff, R., & Dusek, V. (Ed.). *Philosophy of Technology. The Technological Condition*, (s. 210-212). Oxford: Blackwell Publishing.
- Kullberg, A. (2010). *What is taught and what is learned. Professional insights gained and shared by teachers of mathematics*. Vol (293), Gothenburg Studies in Educational Sciences, Göteborg: ACTA universitatis Gothenburgensis.
- Latour, B. (1999). *Pandora's Hope. Essays on the Reality of Science Studies*. Cambridge: Harvard University Press.
- Marton, F., & Booth, S. (2000). *Om lärande*. Lund: Studentlitteratur.
- Marton, F., & Pong, W. Y. (2008). On the unit of description in phenomenography. *Higher Education Research & Development*. 24, (4), 335-348.
- Marton, F., Runesson, U., & Tsui, A. (2004). The Space of Learning. In Marton, F., & Tsui, A. (Eds.), *Classroom Discourse and the Space of Learning*. (s. 3-40). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mitcham, C. (1994). *Thinking through Technology*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Pang, M.F. (2003). Two faces of Variation: on Continuity in phenomenographic movement. *Scandinavian Journal of Education Research*, 47, (2), 145-156.
- Pinch, T., & Bijker, W. (2003). The Social Construction of Facts and Artifacts. In Sharff, R., & Dusek, V. (Eds.), *Philosophy of Technology. The Technological Condition*. (s. 221-232). Oxford: Blackwell Publishing.
- Skolverket (1994/2000). Grundskolan, Kursplaner och betygskriterier, Teknik. Tillgänglig på <http://www3.skolverket.se>, 2010-12-08.
- Skolverket (2010). Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet, Teknik Tillgänglig på <http://www.skolverket.se/content/1/c6/02/21/84/Teknik.pdf>, 2010-12-08.
- Svensson, M. (2009). Från föremål till system – mot en undervisningsstrategi i grundskolan. I Ingerman, Å., Wagner, K., & Axelsson, A-S. (Red.), *På spaning efter teknisk bildning*. (s.207-221). Stockholm: Liber.
- 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.
- Svensson, M., Zetterqvist, A., & Ingerman, Å. (2010). On young citizens' experience of systems as technology (Submitted).
- Säljö, R. (2008). Lärande i människans landskap. I Rystedt, H., & Säljö, R. (Red.), *Kunskap och människans redskap: teknik och lärande*. (s. 13-27). Lund: Studentlitteratur.
- Wallerstedt, C. (2010). *Att peka ut det osynliga i rörelse. En didaktisk studie av taktart i musik*. Vol (21), ArtMonitor avhandling, Högskolan för scen och musik, Göteborgs universitet. Göteborg: Intellecta Infolog AB.

- Williams, J. (2009). Technological literacy: a multiliteracies approach for democracy. *International Journal of Technology and Design Education*, 19, 237-254.
- Zetterqvist, A. (2003). *Ämnesdidaktisk kompetens i evolutionsbiologi. En intervjuundersökning med no/biologilärare*. Vol (197), Gothenburg Studies in Educational Sciences, Göteborg: ACTA universitatis Gothenburgensis.
- Öqvist, O. (2008). *Systemteori i praktiken, konsten att lösa problem och nå resultat*. Stockholm: Gothia Förlag.