



LUND UNIVERSITY

Elevers förståelse av tekniska system och designprocesser

Det är tekniskt, ganska svårt och avancerat

Lind, Johan

2019

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Lind, J. (2019). *Elevers förståelse av tekniska system och designprocesser: Det är tekniskt, ganska svårt och avancerat*. Lund University (Media-Tryck).

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

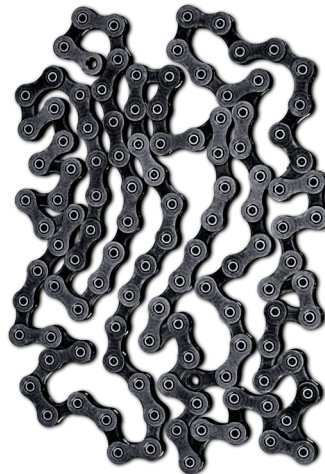
Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



Elevers förståelse av tekniska system och designprocesser

DET ÄR TEKNISKT,
GANSKA SVÅRT
OCH AVANCERAT

Johan Lind

ELEVERS FÖRSTÅELSE AV TEKNISKA SYSTEM OCH DESIGNPROCESSER

Elevers förståelse av tekniska system och designprocesser

Det är tekniskt, ganska svårt och avancerat

JOHAN LIND



LUNDS
UNIVERSITET

LUND STUDIES IN EDUCATIONAL SCIENCES NR 5

Lund Studies in Educational Sciences kan beställas via Lunds
universitet: www.ht.lu.se/serie/lses
e-post: skriftserier@ht.lu.se

Copyright Johan Lind
Institutionen för utbildningsvetenskap
Humanistiska och teologiska fakulteterna

Paper 1 © by Johan Lind, Susanne Pelger and Anders Jakobsson. International Journal of Technology and Design Education. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Paper 2 © by Johan Lind, Susanne Pelger and Anders Jakobsson. (IN PROGRESS)

Lund Studies in Educational Sciences
ISBN 978-91-88899-28-6 (tryck)
ISBN 978-91-88899-29-3 (digitalt)
ISSN 2002-6323

Omslag: Johan Laserna
Sättning: Media-Tryck

Tryckt i Sverige av Media-Tryck, Lunds universitet, Lund 2019



Media-Tryck is an environmentally certified and ISO 14001:2015 certified provider of printed material. Read more about our environmental work at www.mediatryck.lu.se

MADE IN SWEDEN 

INNEHÅLL

FÖRORD	7
KAPITEL 1 INLEDNING	9
Syfte och frågeställningar	13
Avhandlingens frågeställningar	14
KAPITEL 2 TEKNIK I VETENSKAP, SAMHÄLLE OCH SKOLA	15
Innebörden av teknik	15
Relationen mellan teknik och naturvetenskap	18
Teknik i samhället	19
Teknikämnet i grundskolan	20
KAPITEL 3 ELEVERS FÖRSTÅELSE AV TEKNIK	27
Teknisk bildning och teknisk litteracitet	27
Tekniska system	31
Designprocesser	35
Lärande och undervisning	37
Elevers och studenters förståelse av tekniska system	37
Elevers förståelse av tekniska designprocesser	40
KAPITEL 4 SOCIOKULTURELLT PERSPEKTIV PÅ ELEVERS LÄRANDE I TEKNIK	43
Kommunikation och interaktion inom det sociokulturella perspektivet	43
Kommunikation och interaktion i klassrummet	45
KAPITEL 5 DEN EMPIRISKA STUDIEN	49
Studiens kontext	49
Datainsamling	50
Metod och analys	50

Validitet och reliabilitet	53
Etiska överväganden.....	54
KAPITEL 6 SAMMANFATTNING AV DELSTUDIERNAS RESULTAT	55
Resultat delstudie ett - begreppsmässig kunskap.....	55
Students' ideas about technological systems interacting with human needs	55
Resultat delstudie två - procedurmässig kunskap.....	60
Students' ability to express and develop knowledge on future technology through a design activity.	60
KAPITEL 7 DISKUSSION OCH SLUTSATS.....	65
Sammanfattande diskussion om hur elever utvecklar en teknisk litteracitet	65
Teknisk litteracitet	65
Tekniska system och komponenter	68
Tekniska designprocesser	71
Teknikämnet i förändring.....	75
English summary.....	77
Students understanding of technological systems and design processes - <i>It is technical, quite difficult and advanced</i>	77
Introduction	77
Background: Technological literacy	78
Method.....	79
Results	80
Discussion and conclusions.....	82
REFERENSER.....	85
BILAGOR	97
PAPERS	103

FÖRORD

Det kommer aldrig att va över för mig...

Rörelse.

Att vara i rörelse och aldrig stå still.

Ett avstamp mot något nytt.

Hur hamnade jag här? Under mina år som tekniklärare har jag upplevt att flertalet elever har svårigheter att utveckla resonemang i teknikämnet. Det fångade mitt intresse och jag upptäckte att jag ville undersöka anledningen till detta. Genom hela avhandlingsarbetet har jag försökt att hålla ett praktisknära fokus. Den här avhandlingen är beviset på att allt är möjligt.

Till alla er som tror.

Jag har fått möjlighet att utveckla tankar och funderingar tillsammans med andra och samtidigt undervisa ungdomar i teknik. Det är det bästa jag kan tänka mig.

Under de fyra år som jag arbetat med avhandlingen har jag haft förmånen att träffa nya människor och dessutom gjort många nya erfarenheter. Tänk forskarkonferensen PATT (Pupils Attitude Towards Technology) i Marseille. Det hade jag inte trott för fem år sedan. Det är inte detta jag drömt om utan det är detta jag varit vaken för...dagen är kommen och fyra år har passerat. Det gick fort...alldeles för fort.

Stort tack till:

Anders Jakobsson & Susanne Pelger för suverän handledning – utan er ingen avhandling. Det kan inte ha varit lätt ...men tillsammans lyckades vi till slut. Varmt tack!

Paul Carlbark för läsning av alla mina texter och uppfriskande support.

Forskarskolan Communicate Science in School [CSiS] & alla på utbildningsvetenskapliga institutionen för ett sammanhang att trivas i.

Burlövs kommun & alla kollegor på Vårboskolan för förståelse, omtanke, tålamod och nyfikenhet.

Roger Johansson & Eva Davidsson & Anders Persson för att ni skapar en behaglig stämning för alla.

Eva Pennegård & Cristian Abrahamsson & Charlotte Lagerholm & Karin Ollinen & Eva Svensson & Louise Rietz & Fredrik Hedström & Mimmi Malm för stöd, omtanke och inspirerande samtal samt upplyftande promenader till salladsbaren.

Maria Söderling & Marie Rabe & Ann-Marie Pendrill för korrekturläsning.

Johanna Thuvesson & Ninda Menkus & Lena Stagmo & Anders Öhlin & Boel Jonasson för att ni trodde på projektet.

Monika Johansson för illustrationerna till min första artikel någonsin.

Jonas Hallström för positiva och inspirerande samtal vid mitt 75% seminarium.

Speciellt tack till de elever jag fick möjlighet att träffa och som lät mig ta del av sina tankar. Era lärare är fantastiska som lät mig utföra studien i era klassrum.

Håkan Hellström & Jonathan Johansson & EST & Nina Simone & Refused & Tom Waits & the Feeling of Going & Billie Holiday & Thåström för musiken som uppfyllt och motiverat mig under arbetet...

Alla andra som gjort det möjligt för mig att skriva den här avhandlingen.

Mest av allt Nina.

Johan Lind maj 2019

KAPITEL 1 INLEDNING

A technologically literate person understands the significance of technology in everyday life and the way in which it shapes the world.

(The International Technology Education Association, ITEA 2007, p. 33).

I ett teknikintensivt samhälle är det viktigt att medborgarna utvecklar teknisk litteracitet för att kunna delta i samhällsutvecklingen. *Teknisk litteracitet* innebär att inneha förmågor och kunskaper som gör att individen kan förstå och agera i olika vardagliga situationer där teknik är involverad. Den verkliga styrkan i att utveckla teknisk litteracitet finns i dess demokratiserande konsekvenser, där alla medborgare kan utnyttja möjligheten att delta i beslut som innefattar teknik. Detta kan förhoppningsvis bidra till ett hållbart samhälle, eftersom fler människor har möjlighet att bidra till att det fattas välinformerade beslut.

Teknik spelar en allt viktigare roll i människors sätt att leva, tänka och agera. För medborgare i samhället är det av vikt att förstå hur tekniken formar världen runt dem. Tekniken påverkar en stor del av människors vardagliga liv trots att den ofta är osynlig (Keirl, 2009; Klasander, 2010). Latour (1999) menar till och med att tekniken i dagens samhälle ofta är innesluten i avancerade system (s.k. *black-boxed*) som innebär att vi kan använda teknik utan att vi är medvetna om hur den fungerar. På detta sätt genomsyras våra liv av teknik, samtidigt som den vardagliga teknikanvändningen har blivit en vana. Klasander (2010) påpekar att den moderna människan dagligen använder teknik och *tekniska system* utan att reflektera över hur vardagen skulle se ut om dessa inte fungerade eller fanns. Mitcham (1994) pekar emellertid på att behovet av att reflektera över tekniken i samhället har blivit påtagligt, eftersom komplexiteten i och effekten av ny teknik innefattar till exempel naturvetenskapligt, tekniskt, politiskt och ekonomiskt tänkande, inte minst när det gäller teknikens möjligheter att lösa miljöfrågor och skapa en hållbar utveckling.

Mänskligheten står inför stora utmaningar, framförallt vad gäller hållbar utveckling, fossilfri framtid och global uppvärmning (The Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2019). Kunskaper i teknik kan antas vara en av förutsättningarna för

att ge människor möjlighet att förstå hur teknik påverkar dessa framtidsfrågor och i sin tur hur de kan påverka tekniken, vilken förhoppningsvis leder till större hoppfullhet inför framtiden. Enligt IPCC behöver det fattas gemensamma och genomtänkta och övergripande politiska beslut om framtiden eftersom det handlar om globala utmaningar. Hallström (2011a) framhåller att teknik spelar en viktig roll i frågor som handlar om till exempel energi, välfärd och klimatförändring. Det innebär att kunskaper i och om teknik blir viktiga för alla medborgare i ett samhälle.

Människors kunskaper i och om teknik samt deras förmåga att analysera och reflektera över sin egen teknikanvändning i ett hållbarhetsperspektiv skulle därmed kunna benämnas som ett viktigt inslag i en beskrivning av teknisk litteracitet. Samtidigt kan det vara svårt att en gång för alla definiera begreppet litteracitet eftersom världen är föränderlig. Rossouw, Hacker och de Vries (2011) framhåller att teknisk litteracitet kan erbjuda människor de redskap som behövs för att de ska kunna medverka på ett eftertänksamt och genomtänkt sätt i samhället. Det innebär till exempel att individen innehar praktiska färdigheter och förmågor att resonera om teknik och tekniska lösningar. Enligt Gamire och Pearson (2006) och Collier-Reed (2006) relateras dessa kompetenser generellt till begreppet teknisk litteracitet. Det ger människor utvecklade möjligheter att förbättra och förändra sin omvärld på ett informerat och hållbart sätt (Keirl, 2012). Thorpe (2008) framhåller att *designprocesser* kan främja hållbar utveckling genom att de tar hänsyn till människors miljöer och välbefinnande. Enligt Keirl (2018) handlar designprocesser om att göra etiska reflektioner när det gäller hållbarhet och att utveckla ny teknik som innehåller tekniska lösningar som stödjer en sådan utveckling. Det ligger i linje med Wangel och Gunnarsson-Östling (2018) som argumenterar för att en utvecklad förståelse av teknik och tekniska lösningar innebär att framtidens medborgare kan agera mer genomtänkt och därmed forma ett mer kunskapsbaserat samhälle. Jones (1997) menar att ett kritiskt förhållningssätt till teknik och teknikutveckling också är en viktig del av teknisk litteracitet. Det innebär att individen bör utveckla kunskaper i teknik, till exempel om tekniska system och designprocesser ur ett kritiskt perspektiv. Enligt Frederik, Sonneveld, och de Vries (2011) är förståelsen av designprocesser därmed också en del av begreppet teknisk litteracitet.

Men Keirl (2009) framhåller också att det existerar en risk för att en del av den teknik som utvecklas i dag kan användas för att begränsa individens frihet, till exempel genom kameraövervakning och identitetskapning. Det innebär att grundskolans teknikundervisning bör ge elever möjligheter att utveckla förståelse av teknik samtidigt som de ges tillfälle att utveckla ett kritiskt tänkande i relation till samhällets teknik. Keirl (2009) menar dessutom att skolans teknikundervisning kan möjliggöra att elever utvecklar sin förmåga till ett kritiskt och etiskt förhållningssätt avseende teknikanvändningen i samhället. Detta kan i sin tur leda till att elever utvecklar förmågan att analysera konsekvenser av olika tekniska lösningar.

Individer använder sig av teknisk medvetenhet i olika situationer i vardags- och arbetsliv. I detta sammanhang pekar Svensson (2011a) på att forskning som berör ungas

förståelse av teknik är av största vikt för att undervisningen i teknik ska kunna utvecklas. Teknikundervisningen spelar följaktligen en viktig roll för att synliggöra olika perspektiv på teknik och samtidigt skapa medvetenhet kring teknikutveckling, tekniska system och designprocesser i samhället.

Enligt svenska läroplanen i teknik (Skolverket, 2017a) kan teknikämnets huvudsakliga syfte sammanfattas som att elever ska utveckla förmågan att identifiera, analysera, utveckla och utvärdera teknik och tekniska lösningar samt använda teknikämnets begrepp och uttrycksformer. Teknikundervisningen förväntas därmed spela en viktig roll när det gäller att lära elever att problematisera, ställa kritiska frågor, värdera och undersöka konsekvenser av olika teknikval (Skolverket, 2017a). Enligt flera forskare inom området är sådana kompetenser viktiga inslag i en mer övergripande definition av viktiga beståndsdelar i teknisk litteracitet (Gamire och Pearson, 2006; Collier-Reed, 2006). En möjlig väg för att utveckla individens förståelse av sin tekniska omgivning är att hen lär sig att upptäcka designprocesser (Frederik et al., 2011), förstå hur tekniska system är uppbyggda och inse hur dessa är sammanlänkade med andra system (Klasander, 2010). Designprocessen är, enligt Williams, Cowdroy och Wallis (2012), en mängd olika tankeprocesser som är kreativa på olika sätt. I ett internationellt perspektiv är designprocesser och problemlösning de vanligaste aktiviteterna i teknikundervisningen (se Best, 2018; Potter, 2013). Exempelvis menar Best (2018) och Potter (2013) att en aktivitet som inbegriper designprocesser innebär att elever utvecklar uppfinningsrikedom, kreativitet, samarbetsförmåga och flexibilitet. Dessa generiska förmågor används även i andra elevaktiva sammanhang. Det innebär att trots att eleverna i en grupp arbetar med samma problemställning kan de använda sig av olika processer och metoder för att hitta lösningar. Enligt Potter (2013) kan just designprocessen vara en bra metod att använda för att ge eleverna möjligheter att utveckla dessa förmågor.

Enligt Mattson (2009) bör teknikämnet i grundskolan integrera perspektiv från olika ämnesområden, exempelvis designkunskap, materialvetenskap, samhällskunskap och naturvetenskap. Dessutom fokuserar teknikämnet på elevers förmåga att diskutera vilka konsekvenser teknik kan ha på människa, samhälle och natur (Skolverket, 2017a). Som tidigare nämnts menar Klasander (2010) att skolan står inför utmaningen att synliggöra det osynliga inom modern teknik. Det innebär att skolan ska synliggöra system och processer som innefattar teknik och samtidigt bygga upp elevernas förståelse för sin tekniska omgivning. Svensson (2011a) framhåller att synliggörandet av tekniska system innebär att undersöka teknik ur ett sammanhang där mindre delar är sammankopplade till en större helhet. Hon menar att det krävs ett mer utvecklat abstrakt tänkande för att undersöka tekniska system eftersom dessa grundas i tankemodeller snarare än i fysiska artefakter.

Föreliggande licentiatavhandling är i hög grad fokuserad på frågan hur elever i grundskolan förstår och uppnår dessa mål i teknikämnet. Det innebär att avhandlingen framförallt fokuserar på begreppen tekniska system och designprocesser, framför allt utifrån hur eleverna använder kunskaper i teknik, kommunicerar sina tankar med hjälp

av modeller eller bilder samt blir deltagare i en designprocess. Enligt Wells (2012) utgör båda dessa begrepp viktiga beståndsdelar i begreppet teknisk litteracitet (Wells, 2012; Blomdahl och Rogala, 2008). Det innebär att huvudsyftet med avhandlingen är att synliggöra elevers möjligheter att utveckla delar av teknisk litteracitet under ett projektarbete i teknik. Underrubriken i denna avhandling "Det är tekniskt, ganska svårt och avancerat" är exempel på en elevs uttalande från de allra första diskussionerna och visar generellt på elevernas initiala tankar kring tekniska system. I ett utdrag från dessa elevdiskussioner diskuterar Billie, Nina och Robyn vad tekniska system är för något:

Billie: Det här är ett tekniskt system. Alltså den är väldigt komplicerad som jag förknippar med...

Nina: ...men alltså det är ju alltså ett tekniskt system är ju väldigt komplicerat och avancerat...

Robyn: Jag tog ett tekniskt system. Det är som delar som jobbar tillsammans. [...]. Det är saker...massa...teknik...

Billie: ...ja, komponenter. Det är typ beståndsdelar.

Billie, Nina och Robyn visar i det här utdraget en grundläggande förståelse av att tekniska system kan vara avancerade och uppbyggda av mindre beståndsdelar, så kallade komponenter. Den här typen av samtal och interaktioner mellan elever är en väsentlig del av avhandlingen och jag återkommer till fler exempel i analysen och i resultatdelen. Genom att arbeta i en praktisk designaktivitet som också berör tekniska system och komponenter ges eleverna möjligheter att diskutera tekniska lösningar och integrera olika typer av kunskaper och förmågor. Dessa aktiviteter syftar också till att eleverna ska utveckla sin förmåga när det gäller att undersöka en specifik fråga och att använda sina kunskaper i flera olika sammanhang. Middleton (2009) framhåller att denna typ av designaktiviteter erbjuder elever möjligheter att engagera sig i frågor relaterade till tekniska system, hållbarhet och ny teknik samtidigt som de kan utveckla betydelsefulla kunskaper i dessa frågor. Detta innebär att föreliggande licentiatavhandling utgörs av en studie av grundskoleelevers (årskurs 8) förståelse av teknik och hur de utvecklar en teknisk litteracitet. Här ringar jag in ett viktigt forskningsområde som berör utmaningar i teknikundervisningen i svensk grundskola.

Eleverna i studien arbetar, under fyra veckor, i ett ämnesövergripande projekt med fokus på teknikämnet. Inom projektet förväntas eleverna delta i en designprocess, vilket innefattar att planera, designa och konstruera en ritning och en modell av sin framtida lägenhet. I själva undervisningen är det meningen att eleverna ska inhämta kunskaper om, reflektera över, diskutera och presentera tekniska system och olika tekniska lösningar i sina lägenheter. Vid presentationer och diskussioner kan eleverna använda bilder från Internet samt sina ritningar och modeller som stöd. Resultaten i avhandlingen indikerar att elever utvecklar och använder kunskaper i teknik genom att

arbeta i ett projektarbete. Det finns indikationer på att de på ett medvetet sätt självständigt för in hållbarhetsperspektiv och tankar om ny teknik i samband med diskussioner och presentationer av sina egentillverkade modeller. Dessutom uppvisar eleverna en grundläggande förståelse av avancerade tekniska tillämpningar som exempelvis *algbatterier*, *passivhus* och användning av *grafen* samt *nanoteknik*. Jag återkommer till en beskrivning av elevernas arbete inom dessa områden senare i denna avhandling. Sammantaget kan resultatet av detta arbete beskrivas som att eleverna successivt utvecklar delar av sin tekniska litteracitet och sin förståelse för hur tekniken påverkar människor och hur vi kan påverka tekniken.

Syfte och frågeställningar

Avhandlingens övergripande syfte är, som tidigare nämnts, att generera ny kunskap om hur elever successivt utvecklar en teknisk litteracitet inom ett projektarbete i en svensk grundskola. Projektarbetet innefattar utvecklandet av olika förmågor inom teknikämnet, såsom att identifiera behov som kan lösas med teknik, använda teknikämnets begrepp och uttrycksformer, värdera konsekvenser av olika teknikval samt identifiera och analysera tekniska lösningar (Skolverket, 2017a). Dessa förmågor kan framförallt relateras till begreppet teknisk litteracitet men också till hållbarhetsfrågor. Williams (2016) menar att hållbarhetsfrågor är ett område där forskning bedrivs medan studier om teknisk litteracitet är mindre vanliga.

Den empiriska delen i avhandlingen är en så kallad fallstudie och gör därmed inte anspråk på att vara heltäckande avseende alla svenska elevers förmågor och kunskaper inom teknikämnet. Detta har inte heller varit mitt syfte. En fallstudie hjälper, enligt Cohen, Manion och Morrison (2013), forskaren att förstå olika fenomen i en verklig kontext och den fokuserar på relationer och på processer. Cohen et al. (2013) menar att en fallstudie kan synliggöra både orsak och verkan i verkliga sammanhang, till exempel i en klassrumskontext. Den insamlade datan i en fallstudie kan variera, exempelvis genom textbaserade dokument, direkt observation och fysiska artefakter. Dessutom kan en fallstudie bidra till en djupare förståelse av en specifikt avgränsad frågeställning. Det innebär att forskaren i detalj kan undersöka företeelser i utvalda situationer i ämnet. (Cohen et al., 2013). Enligt Denscombe (2014) ligger intresset för en fallstudie i redogörelser för vissa händelser i en situation och i förklaringar till händelsernas ursprung. Resultaten kan ses som en pågående process och de måste betraktas utifrån tidigare forskning inom samma område vilka kan förfinas de resultat som tidigare presenterats (Denscombe, 2014). I denna studie innebär detta att fokusera på specifika klassrumssituationer och att undersöka elevers förmåga att uttrycka och utveckla kunskaper om tekniska system, hållbar utveckling och ny teknik samt elevers förmåga att delta i en designprocess. I likhet med flera forskare inom området (jfr Wells, 2012; Frederik et al., 2011; Blomdahl och Rogala, 2008; Gamire och Pearson, 2006; Collier-Reed, 2006) uppfattar jag förmågorna att uttrycka och utveckla kunskaper i

teknik samt att delta i en designprocess som centrala förmågor inom begreppet teknisk litteracitet.

Avhandlingen baseras framförallt på två delstudier, vilka gemensamt bidrar till att besvara de övergripande forskningsfrågorna. I delstudie ett riktas intresset mot elevers tankar om tekniska system och komponenter samt relationer mellan dessa båda. Elevernas presentationer och diskussioner om tekniska system och komponenter är i fokus. Det innebär att elevernas ordval, sätt att uttrycka sig, deras val av innehåll samt hur de interagerar med varandra är av intresse för analysarbetet. Dessutom kan eleverna använda sig av de bilder de själva valt från Internet som stöd för att uttrycka och utveckla förståelse för begreppet tekniska system. I delstudie två riktas intresset mot hur elever uttrycker och utvecklar kunskaper om ny teknik och hållbarhet i en designprocess. Även denna delstudie lägger fokus på elevernas presentationer och diskussioner. Vid presentationerna kan eleverna använda sina egentillverkade modeller som stöd för att förtydliga, interagera och kommunicera sina kunskaper om ny teknik och hållbar utveckling.

Avhandlingens frågeställningar

De empiriska delstudierna har undersökt hur elevers samspel, interaktioner och dialoger kan påverka deras lärande av begrepp, förmåga att utveckla ett verbalt ämnesspråk samt utveckla delar av en teknisk litteracitet. Det verbala ämnesspråket används för att på ett specifikt sätt presentera tankar, utvärdera lösningar och konstruera förklaringar (Rowell 2002). I delstudierna har eleverna vid interaktionerna i klassrummet använt sig av bilder (som de själva valt), ritningar och modeller (som de själva har konstruerat). Jag har på så sätt strävat efter ett praktiskt fokus, som kan underlätta arbetet med att skapa en fördjupad förståelse av hur elever utvecklar teknisk litteracitet. Frågeställningarna i avhandlingen fokuserar på hur elever uttrycker och utvecklar förmågor och kunskaper om tekniska system, designprocesser samt hur de successivt utvecklar en teknisk litteracitet i ett projektarbete. De övergripande frågeställningarna för avhandlingen är:

- Hur uttrycker och utvecklar elever kunskaper och förmågor inom tekniska system och designprocesser?
- På vilka sätt utvecklar elever teknisk litteracitet under ett projektarbete?

KAPITEL 2 TEKNIK I VETENSKAP, SAMHÄLLE OCH SKOLA

I detta kapitel redogörs för innebörden av teknik, relationen mellan teknik och naturvetenskap samt tillämpning av teknik i samhället och grundskolan.

Innebörden av teknik

Teknik anses av många forskare vara en väsentlig del av mänsklig kultur (exempelvis Sundin 2006; Norström, 2014). Dessutom hävdar Sundin (2006) att teknikanvändning är en del i att vara människa. Dugger (2001) menar att teknik innehåller alla de förändringar människan gjort på naturen i sin omgivning för sina egna syften och intressen. Enligt Nationalencyklopedin (2019) är teknik en ”sammanfattande benämning på alla människans metoder att tillfredsställa sina önskningar genom att använda fysiska föremål”. Även Mattson (2009) framhåller att teknik är metoder för att tillfredsställa mänskliga behov och önskningar, vilket kan innefatta att utvecklingen av tekniska lösningar för att lösa människors behov med hjälp av teknik (Elvstrand, Hallström och Hellberg, 2018). Enligt Skolverket (2017b) innefattar teknikens område de människoskapade systemen och artefakterna samt användningen och underhållet av dessa. Den tekniska utvecklingen drivs framåt av människans nyfikenhet, vilket innebär att tekniken har förändrats mycket de senaste hundra åren för att anpassas efter nya mänskliga behov (Skolverket, 2018; Pearson och Young, 2002). Karaktäristiskt för teknik är att kunskapen historiskt har förts över mellan generationer utan att den formulerats i text (Blomdahl, 2011). Det innebär att människan genomför ett praktiskt arbete genom tankemässiga överväganden. Exempelvis lärs en lärling upp av en kunnigare medarbetare genom att lärlingen praktiskt får utföra arbetet. Teknik är nära relaterat till innovationer, med andra ord att omvandla idéer till en användbar produkt eller process (Pearson och Young, 2002). De hävdar att i processen att utveckla en ny produkt behövs kreativa människor samt tillgång till både teknik och naturvetenskap (Pearson och Young, 2002).

Vi lever i en värld som består av artefakter som människan har skapat för att uppfylla önskingar och behov (Säljö, 2005; 2012). Dessa artefakter blir en viktig del av vårt sociala kulturella minne och därmed bidrar de till att utveckla våra individuella förmågor och kunskaper (Gyberg och Hallström, 2011a). Gyberg och Hallström (2011a) framhåller att på detta sätt är erfarenheter och uppfinningar bevarade och integrerade i artefakter och därmed överförda mellan generationer. Dessutom menar Frederik et al. (2011) att det är möjligt att tänka sig en artefakt som mänskligt tillverkade objekt, vilket särskiljer dem från naturliga objekt. Björklund (2005) uttrycker att artefakter kan betraktas som samlad specifik kunskap då de utgör konkretiserade exempel på tekniska lösningar på ett problem. Dessutom framhåller hon att en artefakt kan användas som ett medierande redskap för att hjälpa oss att undersöka och förstå vår omvärld (Björklund 2005).

Dusek (2006) definierar teknik utifrån tre olika kategorier: *teknik som artefakter* (exempelvis redskap), *teknik som regler* (exempelvis instruktioner) samt *teknik som system* (innehåller artefakter samt kunskaper och förmågor som behövs för att handskas med dem). Han menar att teknik som system är mer omfattande eftersom den kategorin innehåller både teknik som artefakter och teknik som regler. På motsvarande sätt lyfter Mitcham (1994; 2001) fram teknik utifrån fyra aspekter. Dessa aspekter beskrivs som *teknik som objekt*, *teknik som kunskap*, *teknik som aktivitet* och *teknik som viljekraft*. Hallström, Hultén och Lövheim (2014) menar att systemperspektivet saknas. Mitcham (2001) framhåller att teknik som objekt kan sägas vara de artefakter som människan tillverkar och använder, till exempel redskap och modeller, medan teknik som kunskap fokuserar på kunskaper och förmågor som människan använder vid tillverkning och brukande av teknik. Den tekniska kunskap som används för att exempelvis designa, underhålla och använda artefakter beskriver Mitcham (1994; 2001) som teknik som aktivitet. Slutligen påpekar han att teknik som viljekraft ofta är en förbisedd aspekt av teknik. Den innefattar viljan att handskas med den fysiska världen för att designa produkter, processer och system. Mitcham (1994; 2001) hävdar att en aspekt av teknik ibland blir mer betydelsefull än övriga aspekter. Exempelvis menar han att begreppet informationsteknik, IT, beskriver att det är viss kunskap eller information som efterfrågas mer än en mänsklig aktivitet (Mitcham, 2001).

Ytterligare ett sätt att dela in tekniken presenteras av Klasander (2017). Han anser *lagring*, *omvandling*, *transport* och *kontroll*, vara teknikens grundfunktioner. Sundin (2006) menar att olika former av behållare, till exempel korgar och containers, historiskt har underlättat människans möjligheter att lagra och förvara mat. Även människans rörlighet ökade genom att människan kunde använda behållare för att transportera mat, varor och människor (Sundin, 2006). Han lyfter dessutom fram betydelsen av vattenbehållaren eftersom tillgången på vatten var viktig för människans överlevnad. Vattenbehållaren ökade människans möjligheter att förflytta sig längre från vattendragen, vilket i sin tur ledde till att människan kunde röra sig över större områden. I dagens samhälle är det viktigt att kunna transportera information, vilket innebär att lagringmöjligheter i en dator blir betydelsefulla (Klasander, 2017).

Grundfunktionen att omvandla kan, enligt Klasander (2017), innebära att omvandla olja till plast eller att omvandla solenergi till elektricitet. Vidare framhåller han att teknikens kontrollfunktion kan exemplifieras genom en termostat som kontrollerar och styr temperaturen i ett rum så att den hålls på en jämn nivå (Klasander, 2017).

Sundin (2006) pekar på att teknik är en kulturell och social produkt och dessutom bärare av en kunskapstradition som möjliggör nytänkande och kreativitet. Enligt Klasander (2017) skiljer sig teknikens kunskapstradition från naturvetenskapens kunskapstradition där gamla modeller förkastas av nyare modeller (modellen av vårt solsystem har förändrats helt de senaste århundradena). Emellertid är äldre teknik och kunskaperna om den fortfarande användbar i dagens samhälle (Klasander, 2017). Exempelvis används hammaren jämsides med den moderna spikpistolen. Han menar att även om teknik har kort livslängd försvinner den inte. Tidigare kunskaper och lösningar integreras ofta i den nya tekniken. Det vill säga utvecklingen av ny teknik bygger på äldre teknik, vilket är en del av teknikens kunskapstradition. Klasander (2017) framhåller att produktionen av artefakter har förändrats och blivit mer specialiserad. Dessutom påverkas produktionen av olika system och tekniken inom produktionen måste underhållas. Enligt ett västerländskt synsätt har dessutom produktionen utvecklats från småskaligt skapande för att uppfylla individens egna behov och önsknings till storskalig produktion ämnad för försäljning (Klasander, 2017).

Dusek (2006) menar att teknik i olika former kan spåras tillbaka till stenredskap gjorda av människor för hundratusen år sedan och att naturvetenskap som vi känner den idag, som en form av kontrollerade experiment tillsammans med matematiska regler, är några hundra år gammal. Därmed menar han att man kan dra slutsatsen att teknik inte är tillämpad naturvetenskap. Däremot framhåller han att om vi betraktar naturvetenskap som en process där vi försöker, misslyckas och försöker igen kan man se på tekniken som tillämpad naturvetenskap. Exempelvis har stenredskap förmodligen utvecklats genom försök och misslyckanden innan en tillfredställande lösning blev färdigställd.

Enligt de Vries (2005) handlar teknikkunskaper bland annat om förståelse för hur en produkt fungerar samt om den fungerar bra eller mindre bra. Teknikkunskaper skiljer sig på detta sätt från naturvetenskapliga kunskaper som syftar till att förklara ett påstående eller en hypotes om världen eller till att förstå och beskriva fenomen i naturen (de Vries, 2005; Elvstrand et al., 2018). Pearson och Young (2002) lyfter fram att tillverkning samt skötsel av produkter är betydelsefulla aspekter av teknikkunskap som delvis kan inkludera designförmågor. Dessutom bör teknik innefatta all infrastruktur som behövs för att framställa produkten (Pearson och Young, 2002). Därutöver anser Sundin (2006) att teknik innehåller många olika former av vetande där det naturvetenskapliga är en sådan form av vetande. Skolverket (2018) framhåller att vi idag, inom teknikämnet, utnyttjar fenomen som inte skulle vara tänkbara utan naturvetenskaplig forskning. Ett exempel på detta är nanoteknik. Att vi inte förstår alla detaljer inom nanoteknik hindrar oss inte från att använda tekniken som bygger på

dessa kunskaper (Skolverket, 2018). I den tekniska tillämpningen handlar nanoteknik om att designa nya material utifrån en speciell egenskap och funktion, till exempel kan solceller som bygger på nanoteknik utvinna mer energi ur en mindre mängd material. Dessutom kan man med hjälp av nanoteknik konstruera mer energieffektiva LED-lampor, som har större lyskraft än de som tillverkas idag (Lunds Universitet, 2018).

Relationen mellan teknik och naturvetenskap

Organisation for economic co-operation and development [OECD] (2006) menar att begreppet *scientific literacy* bland annat innefattar en individs naturvetenskapliga kunskaper samt förmågan att använda sig av dessa kunskaper för att identifiera frågor som berör naturvetenskap och utveckla en medvetenhet kring hur naturvetenskap och teknik formar våra olika miljöer (exempelvis i hemmet och på arbetsplatsen). Dessutom menar OECD (2006) att *scientific literacy* kan medföra att individen engagerar sig i naturvetenskapliga frågor samt använder sina kunskaper i naturvetenskap för att förstå och fatta informerade beslut i samhället. Roberts (2007) framhåller att *scientific literacy* i ett utbildningssammanhang kan uppfattas som två visioner, Vision I och Vision II. Enligt Roberts (2007) ger Vision I framförallt inblick i naturvetenskapen genom dess produkter och processer av naturvetenskap, med andra ord innebär Vision I en undervisning utifrån ämnesspecifika kunskaper inom naturvetenskap. Durant (1994) menar att begreppet *scientific literacy* består av mer än naturvetenskapliga ämneskunskaper och fakta. Vision II fokuserar i stället på situationer av naturvetenskaplig karaktär, situationer som människor sannolikt möter i sin vardag som medborgare. Med andra ord innebär Vision II en undervisning som fokuserar på kunskaper om naturvetenskapligt relaterade situationer som hjälper människor att överleva eller klara sin vardag (Roberts, 2007). Vision II fokuserar dessutom på att utveckla reflekterande förmågor där det naturvetenskapliga perspektivet enbart är ett av flera perspektiv som medborgare måste ta hänsyn till vid beslutsfattande processer i samhället (Roberts, 2007; Mahboubi, 2012). Mahboubi (2012) lyfter fram att detta kan leda till att elever ser samhällliga och vardagsnära problem ur ett naturvetenskapligt perspektiv. Dessutom pekar Mahboubi (2012) på att naturvetenskap bör uppfattas som ett av många olika perspektiv såsom teknik-, samhälls- och miljöperspektiv. De perspektiv som bör tas hänsyn till är beroende av situationen samt vilka beslut som ska fattas i den situationen (Mahboubi, 2012).

Holbrook och Rannikmae (2009) menar att både teknisk litteracitet och *scientific literacy* bör relatera till att medborgare kan agera ansvarsfullt i samhället snarare än att enbart inneha kunskaper inom teknik eller naturvetenskap. Enligt Holbrook och Rannikmae (2009) kan begreppet *scientific literacy* vara svårt att definiera, särskilt om man översätter begreppet. Teknisk litteracitet innebär i likhet med *scientific literacy* att individen utvecklar förmågan att se naturvetenskap och teknik i samhället ur olika perspektiv (Mahboubi, 2012; Ingerman och Collier-Reed, 2011). The International

Technology Education Association [ITEA] (2007) förklarar begreppet teknisk litteracitet som att individen har förmågan att använda, hantera, förstå och reflektera över teknik. Detta stämmer väl överens med OECD (2006) förklaring av begreppet scientific literacy, där individen bland annat bör utveckla förmågan att använda sig av naturvetenskapliga kunskaper för att identifiera frågeställningar där kunskaper inom naturvetenskap är efterfrågade. Gamire och Pearson (2006) framhåller att syftet med att utveckla en teknisk litteracitet är att människor ska kunna delta på ett medvetet sätt i samhället. Begreppet teknisk litteracitet kommer att beskrivas mer ingående längre fram.

Teknik i samhället

Enligt Pearson och Young (2002) har teknik förändrats dramatiskt under de senaste hundra åren, och vårt sätt att uppfatta teknik idag är relativt nytt. Många människor uppfattar teknik vanligen som föremål skapade av människan och som tillverkats inom industrin, exempelvis mobiltelefoner (Blomdahl, 2011). För hundra år sedan var tekniken, enligt Pearson och Young (2002), enklare att förstå. Exempelvis skyddade människan sitt hem genom att beväpna sig medan vi idag kan använda ett mobiltelefonstyrt hemlarm. Vidare påpekar de att för hundra år sedan transporterades varor och människor med häst och vagn medan vi idag ofta transporterar med lastbil. Det medför att infrastrukturen för dagens transportsystem ser annorlunda ut än det gjorde när häst och vagn var det vanligaste transportmedlet. Tekniken har förändrat våra vardagliga förutsättningar, bland annat avseende vattenförsörjningen. Idag behöver vi inte gå efter vatten utan vi öppnar kranen för att få både varmt och kallt vatten. Det innebär att våra rutiner och vanor har förändrats och vi kan ägna oss åt andra saker än att hämta vatten. I samhället har tekniken fått en större betydelse som länk mellan olika sfärer, såsom i hemmet och på arbetsplatsen. Kommunikationsteknikens ökade utbredning leder till att människor har tillgång till hela världen i hemmet med Internet men också att hela världen har tillgång till hemmet. Därmed har gränserna mellan det privata och offentliga förändrats (Ellegård och Gyberg, 2011). Människor agerar via olika tekniska redskap och genom nätverk med tekniska system (Gyberg och Hallström, 2011b). Klasander (2010) menar att om människan lär sig tänka i form av tekniska system så kan förståelsen för omvärlden utvecklas. Enligt Summerton (1998) har tekniska system blivit en viktig och självklar del av samhället och av människans vardagsliv. Varje system är en del av det samhälle som systemet utvecklats i och påverkas, utvecklas och förändras bland annat genom politiska och ekonomiska beslut (Summerton, 1998). Ett exempel på ett system där komponenter och delsystem är sammankopplade är hur solenergi omvandlas till elektricitet och elektriciteten transporteras till hushållen som använder elektriciteten för att lagra mat i kylskåpet. I det systemet är delsystemen sammankopplade med olika komponenter för att hela systemet ska fungera ändamålsenligt.

Enligt Skolverket (2018) kan tekniken i vår omvärld nästan uteslutande beskrivas som olika delar som samverkar, i stora eller mindre tekniska system. Delarna eller komponenterna svarar för en rad olika funktioner och i samverkan med andra komponenter får de saker att fungera som det är tänkt (Skolverket, 2018). Till exempel möjliggör stora tekniska system transport av varor och människor (Hallström, 2011b). Pearson och Young (2002) påpekar att system finns överallt inom tekniken, alltifrån enkla system med få komponenter (till exempel kulspetspennan) till komplicerade system med många komponenter (exempelvis mobiltelefonen). Dessutom kan tekniska system sträcka sig över stora geografiska områden (till exempel vägar). Tekniska system kan vara mycket stora och komplicerade, exempelvis elförsörjningssystemet där generering, distribuering och användning av elektricitet ingår (Ingelstam, 2012). Tekniska system kan också vara små och överblickbara för människan, som i det ovan nämnda exemplet med kulspetspennan (Skolverket, 2017b). Svensson (2011a) framhåller att många människor har en begränsad uppfattning om vad teknik är. De flesta människors uppfattning är att teknik handlar mer om redskap och verktyg och mindre om system och processer. Klasander (2010) menar att tänkandet i termer av tekniska system kan bidra till att underlätta förståelsen av omvärlden och därmed utveckla förståelsen för relationen mellan teknik och människa.

Enligt Gagel (2006) bör undervisning i teknik innehålla användning av teknik i vardagen samt överväganden av dess påverkan på samhället för att möjliggöra en större förståelse för teknikens påverkan på omvärlden. Hill och Elshof (2007) påpekar att undervisning i teknik har en viktig roll att spela när det gäller att få framtida medborgare att förstå och involvera hållbarhetsfrågor i teknisk utveckling. Gagel (2006) och Collier-Reed (2006) menar att det innebär att individer bör utveckla förmågor som kan relateras till begreppet teknisk litteracitet för att kunna delta aktivt i samhället.

Teknikämnet i grundskolan

Teknik introducerades som obligatoriskt skolämne i samband med att läroplan för grundskolan (*Lgr 80*) infördes (Ginner och Hallström, 2011). Men redan 1962 fanns teknik som ett tillvalsämne i grundskolan. Då var tanken att teknik skulle förbereda elever för yrken inom verkstad och industri (Skolinspektionen, 2014). Läroplanen för grundskolan 1969 (*Lgr 69*) fokuserade fortfarande på manuellt och industriellt arbete med inslag av samhällliga och historiska frågeställningar (Skolinspektionen, 2014). Från och med *Lgr 80* blev teknik ett skolämne för alla elever i grundskolan och 1994 fick teknikämnet sin första egna kursplan (Skolinspektionen, 2014). I dagens läroplan handlar teknikämnet mer om tekniken som omger oss och som vi möter dagligen än om enskilda konstruktionsövningar. Carlberg (2013) framhåller att samhällsperspektivet har i *Lgr11* fått en tydligare anknytning till teknikämnet under rubriken ”Teknik, samhälle, människa och miljö”. De övriga två rubrikerna i läroplanen för teknikämnet menar Carlberg (2013) kan motsvara en teoridel

(”Tekniska lösningar”) och en praktisk del (”Arbetsätt för att utveckla tekniska lösningar”). I den senare handlar det om att elever ska lära sig processen från idé till en färdig produkt (Carlberg, 2013). Den vardagliga tekniken består av olika tekniska lösningar, där tekniska system och artefakter är sammankopplade på något sätt. Enligt Hallström, Klasander och Schooner (2018) är systemperspektivet i teknikämnet tydligare utskrivet i läroplanen för grundskolan 2011 (*Lgr 11*), såsom hur komponenter och delsystem samverkar i större system vid produktion och distribution av elektricitet (Skolverket, 2017a). Sedan 2018 har teknikämnet 200 timmar i grundskolan, vilket Klasander (2018) menar kan leda till att ämnet syns på elevernas schema. Tidigare har teknikämnets timmar slagits samman med de naturvetenskapliga ämnena (biologi, kemi och fysik), vilket innebar 800 timmar sammanlagt för de fyra ämnena. Detta medförde ofta att teknikämnet hamnade i skymundan och fick mindre än de 200 timmarna som var avsikten (Skolinspektionen, 2014). Klasander (2018) anser att teknikämnet troligtvis utvecklas genom att ämnet fått egen timplan. Detta leder i sin tur till att elever, när de går ut nionde klass, ges bättre förutsättningar att utveckla de förmågor kursplanen nämner och därmed ökad måluppfyllelse i ämnet.

Enligt Skolverket (2015) kan teknikundervisningen i grundskolan handla om artefakter, processer eller aktiviteter som att designa, bygga och konstruera. Det innebär enligt Skolverket (2015) att teknikämnet ska sätta in teknik i större sammanhang och inte enbart fokusera på artefakten och dess funktion. Hagberg (2011) framhåller att grundskolans teknikundervisning bör bidra till att elever uppfattar teknik som en mänsklig aktivitet och som ett sammanhang som människan lever i. Skolverket (2017b) påpekar att undervisning i teknik i grundskolan ska bidra till att ge elever möjligheter att agera och orientera sig i ett samhälle alltmer beroende av teknik. Det innebär att teknikämnet syftar till att utveckla elevers tekniska kunnande och tekniska medvetenhet (Skolverket, 2017a). Dessutom ska elever ges möjlighet att utveckla kunskaper om hur man kan lösa olika problem med hjälp av teknik exempelvis energianvändningen i samhället. Undervisningen ska också främja elevers förmåga att utveckla egna tekniska idéer och lösningar samt utveckla deras förståelse för hur den egna användningen av tekniska lösningar har betydelse för och påverkar människa, samhälle och miljö. Skolverket (2017b) menar att en teknisk lösning alltid utgår från ett behov eller problem och kommer till genom en ny uppfinning eller att en artefakt utvecklas. Vidare syftar undervisningen i teknik till att erbjuda elever förutsättningar att utveckla förmågan att bedöma tekniska lösningar utifrån ett hållbart perspektiv. Enligt Skolverket (2017b) är det viktigt att elever behärskar teknikämnets termer och begrepp för att öka möjligheterna att nå tekniskt kunnande och teknisk medvetenhet. Skolverket (2017b) sammanfattar i *Lgr11* teknikämnets syfte i fem förmågor. Dessa är identifiera och analysera tekniska lösningar, identifiera problem och behov samt hur de kan lösas med hjälp av teknik, analysera drivkrafter bakom teknikutvecklingen, använda teknikområdets begrepp och värdera konsekvenser av olika teknikval.

Kursplanen i teknik ger genom det centrala innehållet anvisningar om vad som är centralt i teknikämnet och därefter är det lärarens uppgift att överföra detta till konkret

undervisning (Sjöberg, 2013). Kompetenskraven ges av kursplanen och framför allt av kunskapskraven. Sjöberg (2013) ger förslag på beskrivningen av elevers tekniska kompetenser genom olika förmågor. De förmågor Sjöberg (2013) anser vara grundläggande inom teknikämnet är inte en tolkning av läroplanen utan ska ses som ett förslag till hur undervisningen kan utveckla elevernas tekniska kompetens genom olika förmågor. Sjöberg (2013) ger förslag på sju olika förmågor med avseende på teknikämnet: ”manuell förmåga, förmåga att identifiera och använda tekniska funktioner, förmåga att identifiera och använda tekniska system, förmåga att associera tekniskt, förmåga att kommunicera teknik, förmåga att identifiera nytänkande och att själv tänka innovativt samt förmåga att reflektera och värdera”. Han menar att för att eleverna ska ges möjligheter att utveckla en teknisk medvetenhet bör undervisningen fokusera på dessa förmågor. Exempelvis bör elever utveckla förmågan att identifiera tekniska system, förklara komponenters uppgift i tekniska system och beskriva hur tekniska system och komponenter är sammankopplade. Dessutom framhåller Sjöberg (2013) att det är väsentligt att elever utvecklar förmågan att beskriva problem och lösningar så att andra förstår, använda teknikområdets termer och begrepp, använda bilder och modeller för att förstå och kommunicera teknik samt förstå och arbeta utifrån etiska aspekter på teknik för att utveckla en teknisk kompetens. En teknisk kompetens kan bidra till att elever använder och uttrycker förmågor och kunskaper i teknik i olika situationer, exempelvis vid ett konstruktionsarbete som inbegriper designprocesser. Därmed kan undervisningen ge eleverna tillfällen att utveckla en teknisk litteracitet (*teknisk bildning*).

Teknikundervisningen bör syfta till att utmana elevers kreativa och kritiska tänkande och därmed utveckla en förmåga att ifrågasätta hur vi tänker, varför vi gör som vi gör samt vad vi vet (Best, 2018). På så sätt kan teknikundervisningen bli ett viktigt bidrag till att elever utvecklar förmågan att identifiera problem och utarbeta lösningar på de identifierade problemen. Jones (1997) menar att elever bör ges tillfällen att utveckla kritiskt tänkande för att de ska få förutsättningar att utvecklas till medvetna aktiva användare av teknik, vilket han anser vara del av en teknisk litteracitet. Enligt Jones (1997) uppfattar en tekniskt allmänbildad person tekniken som skapad av människan för att möta mänskliga behov och för att lösa problem. Han framhåller att vi studerar teknik i skolan för att vi ska kunna fatta mer genomtänkta beslut vad gäller teknik, vilket innebär att elever utvecklar förståelse för hur tekniken påverkar omgivningen och hur människan kan påverka tekniken.

Mattson (2009) menar att målet för teknikämnet i grundskolan ligger nära tankarna om teknisk bildning (teknisk litteracitet). Men frågan är hur teknikundervisningen egentligen gestaltar sig i dagens skola. Enligt Skolinspektionen (2014) har teknikämnet en undanskymd plats i svenska grundskolor och dessutom pekar man på att kvaliteten på undervisningen behöver förbättras. Resultaten av Skolinspektionens granskning visar att teknikämnets särdrag är otydliga, eleverna är inte delaktiga i sitt eget lärande i ämnet och undervisningen utgår sällan från kursplanen. Därutöver får eleverna för lite undervisning i teknikämnet (Skolinspektionen, 2014). Sammanfattningsvis poängterar

Skolinspektionen (2014) att teknikämnet måste synliggöras för att på så sätt utveckla elevers intresse för teknik. Dessutom behöver lärarnas kompetens utvecklas och ämnet göras relevant för eleverna (Skolinspektionen, 2014). Detta kan exempelvis göras genom att ämnet blir synligt på schemat samt att ämnet relateras till samhällsfrågor och elevernas närmiljö.

Teknikundervisningen ska, enligt Skolverket (2017b), innehålla både praktiska och teoretiska moment. Den praktiska delen innebär att elever ska erbjudas tillfällen att utveckla förmågan att lösa problem, tillgodose behov och uppfylla önsknningar, medan den teoretiska delen ska utveckla elevers kunskaper om artefakter samt människans utveckling av dessa och användning av dem (Skolverket, 2017b). Detta ligger i linje med McCormicks (2004) uppfattning att teknisk kunskap kan delas in i *procedurmässig kunskap* och *begreppsmässig kunskap*. Barak och Zadok (2009) analyserar dessutom kunskap utifrån begreppet *kvalitativ kunskap*, vilket inkluderar förmågan att förstå eller utvärdera en händelse i ett system. Teknisk kunskap kan innehålla kunskaper som berikar människors vardag och hjälper dem att utvecklas mot aktivare medborgarskap (Hallström et al., 2014). Detta kallas också för teknisk litteracitet. Enligt Svensson och Johansen (2017) är pedagogens didaktiska val, interaktion med elevmiljön, viktiga. De menar att dessa didaktiska val är pedagogens bidrag till de gemensamma interaktionerna som sker mellan elev och lärare i klassrummet (Svensson och Johansen, 2017). Svensson och Johansen (2017) understryker att en praktisk problemlösningsaktivitet bör inkludera både tänkande (begreppsmässig kunskap) och görande (procedurmässig kunskap), vilket kan innebära att kunskapen uttrycks genom handlingar, exempelvis i form av en ritning. Ingerman och Collier-Reed (2013) identifierar två delar av kunskap som kan ses som mål för undervisning i teknikämnet. Den första delen innebär: grundläggande kunskaper om tekniska processer, förmåga att hitta relevant kunskap samt förstå vad processerna handlar om. Den andra delen innebär förmågan att reflektera över processernas utveckling, syfte, underliggande behov, nödvändiga kompetenser och konsekvenser (Ingerman och Collier-Reed, 2013). För att utveckla teknisk litteracitet föreslår Ingerman och Collier-Reed (2013) att aktiviteterna i klassrummet ska ha tydligt syfte, vara meningsfulla och, om möjligt, autentiska.

Ämnesspecifika termer och begrepp i teknik är utmanande för alla elever. Begreppsutveckling är en specifik form av social praktik som kan leda till ett speciellt sätt att tänka på (Jones, 1997). Han påpekar att de ord som används för att förklara ett begrepp återspeglar elevens förkunskaper. Baker, Lewis, Purzer, Watts, Perkins, Uysal, Wong, Beard, och Lang (2009) lyfter fram betydelsen av att lärare stöder användande av ämnesspecifika begrepp och ett mer akademiskt språkbruk genom att modellera och kontextualisera begreppen för att bidra till att elevernas förståelse inom ett ämnesområde utvecklas. Dessutom framhåller Baker et al. (2009) att utvecklandet av ett mer akademiskt språkbruk kan bidra till att överbrygga svårigheter mellan vardagligt språk och det vetenskapliga språkets vokabulär och grammatik. Enligt Baker et al. (2009) stöder elever varandras språkutveckling genom gruppinteraktioner och par-

samtal. Däremot påpekar de att elevers ämnesspråkliga förmåga måste utmanas för att utvecklas. Detta kan teknikläraren göra genom att använda olika hjälpmedel, exempelvis visuella representationer i form av bild eller film, och av språkets komplexitet, vilket troligtvis leder till att elever uttrycker sig på ett sätt som motsvarar deras språkliga förmåga (Baker et al., 2009).

Barak och Zadok (2007) framhåller att elever genom att presentera, reflektera och diskutera design och problemlösning utvecklar förståelse för vad de gjort, vilket på så sätt blir en avgörande del av görandet i teknikämnet. De pekar på att undervisning om tekniska begrepp samt begrepp inom design och problemlösning kan bidra till att uppmuntra elever att utveckla förmågan att designa lösningar på identifierade problem. Dessutom kan det utveckla elevers förmåga att analysera fördelar och nackdelar med systemet som är relaterat till projektet de arbetar med (Barak och Zadok, 2009). Genom att elever ges möjligheter att presentera för, reflektera och diskutera med sina klasskamrater kan de upptäcka andra elevers idéer samt diskutera identifierade problem och tänkbara lösningar. Detta kan i sin tur leda till att elever utvecklar sin problemlösningsförmåga och sitt kreativa tänkande. Schooner, Nordlöf, Klasander och Hallström (2017) undersöker hur lärare i den svenska grundskolan ser på problemlösning och kritiskt tänkande i teknikundervisningen. Deras resultat indikerar att lärare uttrycker tre olika angreppssätt att undervisa i teknik med fokus på problemlösning och kritiskt tänkande, nämligen design, system och värderingar. De intervjuade lärarna visar tenderar att välja bort kritiskt tänkande när det kommer till designprocesser och förbigå problemlösningsförmågan när det kommer till arbete med värderingar i teknikundervisningen. Enligt Schooner et al. (2017) är kritiskt tänkande en tydlig del av systemisk tänkande men däremot inte en lika tydlig del av designprocessen.

Inom teknikämnet arbetar elever oftast i olika former av utvecklingsarbeten. Ett utvecklingsarbete i teknik startar, enligt Skolverket (2017b), vanligtvis med en behovs- och problemformulering via idéer och skisser. Dessa bidrar till att en teknisk lösning visualiseras och därmed synliggörs. Skolverket (2017b) betonar att det är i utvecklingsarbetets process, att framställa en ritning och en modell i interaktion med andra elever, som eleverna lär teknik, vilket innebär att elever gör avväganden vid konstruktionen vilka möjliggör lärande. Vidare menar Skolverket (2017b) att utvecklingsarbetet bör dokumenteras eftersom det blir en slags sammanfattning av de förmågor och kunskaper eleverna hittills uppnått. Exempelvis kan dokumentationer i teknik kan vara rapporter, bilder, skisser, ritningar eller modeller.

Enligt Klasander (2010) har undervisningsinnehållet i teknik fokuserat mycket på tillverkning av enskilda artefakter och enskilda konstruktionsövningar, till exempel brokonstruktioner, utan att koppla dessa till olika tekniska system. Hallström et al. (2018) framhåller att teknikundervisningen i första hand uppmärksammat de tekniska systemens tekniska kärna, det vill säga konkreta komponenter och produkter medan systemnivåer och tekniska systems sociala dimensioner inte fått samma uppmärksamhet. En undervisning som starkt fokuserar på enskilda artefakter och

komponenter i system riskerar att utelämnas större frågeställningar, exempelvis frågor som involverar hållbar utveckling (Klasander, 2010). Undervisningen i teknikämnet i Sverige syftar enligt läroplanen på att uppmärksamma vilka konsekvenser användning av teknik kan få för människa, samhälle och miljö samt att behärska olika arbetssätt för att utveckla tekniska lösningar och lösa tekniska problem (Skolverket, 2017a). Hållbarhetsfrågor i undervisningen kan bidra till att ge elever möjligheter att möta ny teknik som inriktar sig mot hållbar utveckling. Det innebär exempelvis att eleven innehar kunskaper och förmågor för att kunna reflektera över resursanvändningen i samhället, vilket i ett längre perspektiv medför att eleven utvecklar förmågan att värdera konsekvenser av olika samhälleliga teknikval (Skolverket, 2017b).

Hallström et al. (2018) framhåller att elevers förståelse av och kunskaper om tekniska system kan förbättras om undervisningen fokuserar på tekniska lösningar där de tekniska systemen har fler komplexa inbördes samband samt innehåller många komponenter. Enligt Schooner et al. (2017) kan elevers förmåga att lösa problem utvecklas om undervisningen har ett tydligare systemperspektiv på tekniska lösningar. Klasander (2010) menar att elever genom att utveckla förståelse för tekniska system kan utveckla insikter och handlingsberedskap som kan hjälpa dem att diskutera tekniska lösningar i samhället. Detta kan i förlängningen medföra att de utvecklar förståelse för sina medborgerliga skyldigheter och rättigheter. Klasander (2010) hävdar att kopplingen mellan teoretisk och praktisk kunskap inte varit tillräckligt tydlig, vilket har medfört att elevernas möjligheter att utveckla sin förståelse för tekniska system begränsats. Han hävdar att förståelse för system är viktig när elever utvecklar sin förmåga att analysera drivkrafter bakom utveckling av tekniska system.

Många studier har visat att elever ofta har svårt att beskriva tekniska lösningar som integrerade övergripande system (se Svensson, 2011a; Koski och de Vries, 2013). Svensson (2011a) påpekar att teknikundervisning måste stödja och hjälpa elever att utveckla förståelse för system och teknik genom att synliggöra de funktioner och komponenter som gör systemets helhet tydlig. Att utgå från tekniska system i undervisningen kan följaktligen vara en möjlighet att se teknik i sammanhang där delar är sammankopplade till helheter (Svensson, 2011a). Enligt Svensson (2011a) synliggör tekniska system, genom ett helhetsperspektiv i stället för ett komponentperspektiv, den teknik vi dagligen möter.

KAPITEL 3 ELEVERS FÖRSTÅELSE AV TEKNIK

I detta kapitel förklaras och diskuteras de mest centrala begreppen i avhandlingen mer ingående. De begrepp som redogörs för mer ingående är teknisk litteracitet, tekniska system samt designprocesser.

Teknisk bildning och teknisk litteracitet

Teknisk bildning är en process som uppstår i mötet mellan människor och i situationer där tekniken används för att lösa identifierade behov (Ingerman, 2009). Svensson (2009) framhåller att tanken med en teknisk bildningsprocess är att ge människor redskap att ta ställning i olika situationer och kunna påverka sitt liv genom olika val och handlingar. Det innebär att teknikundervisning i grundskolan kan bidra till att medvetet träna elever att välja relevant kunskap för tekniska processer, överväga olika perspektiv på processen och reflektera över syften och konsekvenser. Det medför ett teknikämne som fokuserar på perspektiv som kan vara svåra att urskilja i andra sammanhang, till exempel tekniska system och systemens interaktion med människa, samhälle och miljö (jfr Svensson, 2009). Ginner (2007) menar att teknisk bildning innehåller två delar: kunskaper och erfarenheter som formar vår uppfattning av vår omvärld samt den process där vår uppfattning av världen påverkas och förändras. Enligt Svensson (2009) handlar begreppet teknisk bildning både om att leva med tekniken och att lära om tekniken medan Ingerman (2009) hävdar att teknisk bildning uppstår i mötet mellan individer och situationer i gemensamma tekniska processer. Det vill säga att tekniken används i ett sammanhang för att åstadkomma förändringar i omvärlden och lösa (tekniska) problem i förhållande till våra behov och önskningar (Ingerman 2009). Hallström (2018) menar att begreppet teknisk allmänbildning är den centrala kunskap elever behöver utveckla inom teknikämnet. Kunskaper i teknik kan ses som redskap med vilka elever utvidgar sin tekniska litteracitet. Dessa redskap ger dem

möjligheter att förstå, värdera och hantera den teknik som finns i vår omvärld (Ginner, 2007).

Internationellt jämföras teknisk allmänbildning vanligtvis med begreppet *technological literacy* [teknisk litteracitet] (jfr Dakers, 2006; Rossouw et al., 2011; NAP, 2006; Svensson, 2011a). Här är det också möjligt att förstå teknikämnet ur ett språkinriktat perspektiv. Exempelvis hävdar Gibbons (2010) att när människan lär sig behärska ett nytt ämnesspråk (i detta fall teknikspråket), där språket förändras med kontexten, utvecklas en ämnesrelaterad litteracitet. Med andra ord att mer exakt kunna uttrycka komplexa idéer som ett ämne innefattar. Hon påpekar också att olika ämnen kräver olika förmågor och därmed olika litteracitet. Det innebär att individen förstår de grundläggande principerna inom ämnet. Det är också viktigt att kunna tänka, föra resonemang och använda språket på ett ämnesspecifikt sätt. Kahn och Kellner (2005) framhåller att litteracitet är en mängd olika kompetenser, vilka omfattas och utvecklas i sociala sammanhang där kommunikationen är strukturerad. Vuorenpää (2016) påpekar att litteracitet är ett begrepp som innefattar aktiviteter som sker i interaktion med andra elever och involverar verbalt tal, bilder, symboler och skriftligt språk. Barton och Hamilton (2012) framhåller att litteracitet är en social handling och att den finns i interaktionen mellan människor. Enligt Gibbons (2010) inbegriper de flesta definitioner av litteracitet både förmågan att tänka kritiskt och förmågan att använda språket på ett relevant sätt i olika sammanhang. Yawson (2012) framhåller att teknisk litteracitet kan ses som ett språk som varje medborgare måste förstå för att ha möjlighet att kommunicera i olika situationer där teknik är inblandad. Följaktligen innebär det att vi måste utveckla ett nytt språk, en ny litteracitet, för att förstå vår omvärld utifrån ett teknikperspektiv (Dakers, 2006). Enligt Kahn och Kellner (2005) byggs en litteracitet upp i sociala sammanhang och förändras kontinuerligt i relation till samhällslig och kulturell utveckling.

Gagel (2006) hävdar att för att skapa förutsättningar för att använda kunskaperna i teknik i vardagslivet, måste teknisk litteracitet expanderas och integreras med de allmänna målen i läroplanen. Keirl (2006) lyfter dessutom fram betydelsen av att vår gemensamma framtid handlar om grundläggande etiska frågor och den teknik vi väljer att skapa, vilket innebär att teknisk litteracitet måste innehålla ett kritiskt och etiskt förhållningssätt. Kritiskt tänkande bör ingå i en teknisk litteracitet, vilket innebär att medborgare kan namnge de tekniska systemen samt beskriva och förstå de tekniska förändringarna som uppstår i samhället (jmf Kahn och Kellner, 2005). Ingerman och Collier-Reed (2011) konstaterar att teknisk litteracitet kan hjälpa konsumenter att göra genomtänkta val och på en mer samhällslig nivå kan medborgare vara delaktiga i beslutsfattande kring globala frågor som påverkar miljön (Collier-Reed, 2006), vilket innebär att det är många begrepp och intressen som måste tas hänsyn till när vi utvecklar teknisk litteracitet (Nia och de Vries, 2016). Enligt Ingerman och Collier-Reed (2011) uppstår teknisk litteracitet i relationen mellan individ, tekniska artefakter och processer, med andra ord, teknisk litteracitet aktualiseras i sättet som människor hanterar aspekter av sitt liv som relaterar till tekniska artefakter och processer. Enligt

Compton, Compton och Patterson (2012) är en viktig aspekt av teknisk litteracitet att förstå tekniska artefakter som produkter eller system sprungna ur tekniska praktiker. Gagel (2006) understryker att teknisk litteracitet är ett begrepp som många har försökt definiera, vilket har medfört att läroplaner i olika länder beskriver teknisk litteracitet på olika sätt.

Alla människor bör utveckla en teknisk litteracitet för att de ska ges så goda förutsättningar som möjligt att delta på ett genomtänkt och informerat sätt i ett samhälle som förändras snabbt (Gamire och Pearson, 2006). Rutland (2007) inkluderar förmågan att vara kreativ i teknisk litteracitet. Enligt ITEA (2007) anses en individ som kan fatta informerade beslut vad gäller teknik vara tekniskt allmänbildad. Individen måste dessutom inneha praktisk förmåga samt ha förmågan att kunna kommunicera teoretisk kunskap i en specifik situation (Frederik et al., 2011; Blomdahl och Rogala, 2008). Den praktiska förmågan kan exempelvis vara att konstruera en ritning, använda verktyg samt tillverka en modell. Collier-Reed och Ingerman (2011) argumenterar för att görandet (olika handlingar) har en central roll i alla avseenden vad gäller teknik och teknisk litteracitet. Det innebär att en teknisk litteracitet utgörs av handlingar i en specifik situation (Ingerman och Collier-Reed, 2011). ITEA (2007) menar att teknisk litteracitet är förmågan att se tekniska problem ur olika perspektiv samt förmågan att kunna förstå, utvärdera och hantera teknik. Gamire och Pearson (2006) definierar teknisk litteracitet genom tre olika aspekter: kunskap, förmågor samt kritiskt tänkande och beslutsfattande. Kunskapsaspekten inkluderar en kombination av faktakunskaper och begreppsmässig förståelse medan aspekten förmågor innehåller hur väl en individ kan använda teknik i en designprocess för att lösa ett identifierat problem. Collier-Reed (2006) hävdar att en individ som utvecklat teknisk litteracitet förstår teknikens grunder, har praktisk förmåga, har kapacitet att interagera med tekniska artefakter samt har förmågan att tänka kritiskt kring frågor om teknik. Kritiskt tänkande och beslutsfattande innefattar, enligt Gamire och Pearson (2006), individens förmåga att ta sig an problem, ställa relevanta frågor om risker och möjligheter samt delta i diskussioner om användandet av teknik. Michael (2006) menar att när tekniken berör och samtidigt ifrågasätts av människor, exempelvis när det gäller genmodifierade produkter, nanoteknologi och stamcells forskning, kan det vara tecken på så kallad socioteknisk litteracitet eftersom de kan innehålla sociala såväl som tekniska detaljer. Enligt Collier-Reed (2006) ska teknisk litteracitet inte i första hand ses som ett karaktärsdrag hos en individ utan mer hur individer upplever och agerar i relation till situationer och tekniska processer.

Hayden (1989) framhåller att utvärdering av teknik, i en specifik kontext, är en del av teknisk litteracitet, vilket möjligtvis bidrar till att uppmärksamma och överväga framtida konsekvenser av olika teknikval. Enligt Ingerman och Collier-Reed (2011) förverkligas teknisk litteracitet i speciella situationer om och om igen. I dessa situationer finns ett speciellt innehåll om vad som menas med teknisk litteracitet i just den situationen (Ingerman och Collier-Reed, 2011). Enligt Ingerman och Collier-Reed (2011) är teknisk litteracitet relationell och kan inte diskuteras utifrån individer som

tekniskt allmänbildade utan att överväga vilka processer vi ser individernas erfarenheter och handlingar utifrån. De menar vidare att man inte kan diskutera processer som innehållande teknisk litteracitet utan att överväga individernas inblandning och deras handlingar och erfarenheter. Dessutom påpekar Ingerman och Collier-Reed (2011) att teknisk litteracitet måste betraktas på en kollektiv samhällsnivå, vilket exempelvis på en byggarbetsplats kan innebära att det finns många interaktioner mellan olika grupper av experter, alla med olika handlingskompetenser (*competences in action*). Enligt Ingerman och Collier-Reed (2011) innebär handlingskompetenser att man i olika situationer kan identifiera och lösa problem samt analysera konsekvenser av lösningarna. Därmed menar de att handlingskompetenser blir en del av en teknisk litteracitet. Blomdahl och Rogala (2008) lyfter fram betydelsen av att delta i problemlösande aktiviteter och kommunicera tankar med hjälp av exempelvis en modell för att utveckla teknisk litteracitet.

En viktig fråga blir då hur teknisk litteracitet synliggörs i grundskolan. Blomdahl (2007) framhåller tre centrala delar av teknisk litteracitet i grundskolan: att utveckla medvetenhet kring teknik, att utveckla förmågan att arbeta i projekt samt att utveckla förmågan att kommunicera tankar med hjälp av olika tekniker till exempel ritningar, modeller, bilder, diskussioner och skrivande (Blomdahl och Rogala, 2008). Ett viktigt mål med teknikundervisning är, enligt Blomdahl (2007), att möjliggöra för elever att utveckla en teknisk medvetenhet för teknik i närmiljön, vilket kan uppnås genom att eleverna arbetar med samma material utifrån olika perspektiv. Det är centralt att elever arbetar med och hanterar material för att utveckla kunskaper som behövs vid designarbete (Middleton, 2005). Blomdahl (2007) menar att dessa perspektiv kan innehålla exempelvis kunskaper om design av artefakter, artefakternas funktion i tekniska system, hur teknik utvecklats över tid samt samspelet mellan teknik, samhälle och människa. Enligt Blomdahl (2007) inkluderar teknisk medvetenhet även en förståelse av tekniska begrepp inom ett område. Dessutom bör elever ges möjligheter att utveckla sina tankar om tekniska lösningar, vilket kan medföra att eleverna utvecklar kommunikativa förmågor med hjälp av till exempel ritningar, modeller, reflektioner och presentationer (Blomdahl, 2007).

Sammanfattningsvis kan teknisk litteracitet sammanfattas som att användandet av kunskaper i teknik (Blomdahl och Rogala, 2008), deltagandet i designaktiviteter (Wells, 2012) samt användandet av olika handlingskompetenser (Ingerman och Collier-Reed, 2011). Handlingskompetenser inkluderar upptäckandet av behov, formulerandet av problem, medverkandet i en teknisk process samt analyserandet av konsekvenser av olika tekniska lösningar (Ingerman och Collier-Reed, 2011). Individerna upptäcker ett behov eller en önskan och formulerar ett problem, vilket leder till en frågeställning. Frågeställningen diskuteras med andra individer och detta leder till en teknisk process, som innebär konstruerandet av en lösning till den formulerade frågeställningen. Individerna diskuterar och analyserar konsekvenserna av lösningen på problemet, vilket ger en återkoppling till hur utkomsten av den tekniska processen blir (jfr Ingerman och Collier-Reed, 2011). Teknisk litteracitet innebär med andra ord inte

att individen kan eller har möjlighet att göra allt i en speciell situation (Ingerman och Collier-Reed, 2011). Pearson och Young (2002) påpekar att de förmågor som en tekniskt litterat person måste inneha varierar från samhälle till samhälle och över tid. Dessutom innebär ett samhälle med fler tekniskt litterata individer att fler individer kan göra kritiska bedömningar av teknik och fatta genomtänkta beslut i frågor som påverkar och påverkas av teknik (Pearson och Young, 2002).

Tekniska system

Inom forskningen talar man om att det systemiska tänkandet innebär att system finns överallt och att människor ingår i systemen samt använder systemen. Ackoff (2018) menar att det systemiska tänkandet bygger på att olika delar i systemet passar ihop och samverkar för att skapa en helhet och en eftersträvt funktion. Han beskriver ett system som interaktionen mellan inbördes beroende komponenter, som tillsammans bildar en helhet. Systemets komponenter kan vara konkreta saker, till exempel en tvättmaskin i ett större elsystem, men det kan också vara något abstrakt, till exempel processer eller informationsflöden. Han betonar vidare att varje system har funktioner som inga av dess komponenter har, till exempel en bil vars uppgift är att transportera oss, vilket ingen enskild komponent i bilen kan göra. De flesta tekniska lösningar kan enligt Skolverket (2017b) ses som system som består av ett antal samverkande delar. Tekniska system kan vara stora, komplicerade organisationer med mycket teknisk utrustning och med många människor inblandade. Dessutom kan de vara små, överblickbara och hanterbara för en enda människa. (Skolverket, 2017a). Hallström et al. (2018) menar att tekniska system består av flera samverkande komponenter och komponenterna bildar tillsammans en komplex teknisk lösning. Även Ingelstam (2012) och Bjurulf (2011) beskriver tekniska system som samverkande komponenter och sambanden mellan dem, där komponenterna bildar nya helheter med nya funktioner. Enligt ITEA (2007) är tekniska system en samling komponenter med inbördes relationer som är designade för att uppfylla mänskliga behov och önskningar. Enligt Skolverket (2015) handlar många av samhällets frågeställningar om hållbar utveckling och etik och där har kunskaper om tekniska system och hur de fungerar en viktig roll att spela.

Svensson, Zetterqvist och Ingerman (2012) framhåller att tekniska system kan beskrivas som en process med input och output, som ett objekt med komponenter som samverkar för att uppnå en eftersträvt funktion (som tidigare beskrivits). De kan också beskrivas som olika nätverk som relaterar till varandra på olika sätt, till exempel vägar, trafikregler, bilförare, bilar och bränslestationer, som gör det möjligt att förflytta oss från en plats till en annan (Svensson et al., 2012). De Vries (2005) analyserar tekniska system på två olika sätt, dels som att komponenter och delsystem samverkar för att uppnå önskad funktion, dels som input (något går in), process (något händer) och output (något går ut från systemet) (jmf Hallström et al., 2018). Enligt de Vries (2005)

beskriver ett systems fysiska natur hur delarna är sammankopplade medan systemets input, process och output kan beskrivas som systemets funktionella natur. De Vries (2005) använder i sin beskrivning av tekniska systems input och output också energi, information och materia. Ett vardagsexempel kan användas för att förklara dessa begrepp på ett mer konkret sätt, till exempel tvättmaskinen. Input är det som behövs för att det tekniska systemet ska kunna utföra det vi har konstruerat det för att utföra, i det här fallet en process som ger oss ren tvätt. I tvättmaskinen kan input beskrivas som elektricitet (energi), kunskap (information om hur maskinen ska hanteras), tvättmedel (materia), rent vatten (materia) samt smutsig tvätt (materia) och dess eftersökta output är ren tvätt. Processen att erhålla ren tvätt är en kombination av många delprocesser exempelvis uppvärmning av vattnet, blandning av vatten med tvättmedel och maskintrummans rotation. Dessutom finns output som inte är önskvärd, till exempel värme, rotationsrörelse och smutsigt avloppsvatten.

Tekniska system är system som är sammansatta av delsystem, där större system blir omgivning till mindre delsystem (Ingelstam, 2012). Delsystemen kan sedan delas in i mindre delsystem och på så sätt kan system ses som en hierarki, som logiskt sett är relaterade till varandra (Kroes, Franssen, van de Poel och Ottens, 2006). Kroes et al. (2006) påpekar att ett tekniskt system och dess delsystem inte är exakta kopior av varandra. I vårt exempel med tvättmaskinen är elektricitetssystemet i maskinen ett delsystem och kretskorten blir då mindre delsystem. Tekniska system kan också vara delsystem i ett större system och således en komponent i ett annat tekniskt system. Till exempel är det mindre delsystemet kretskort i tvättmaskinen i sin tur ett tekniskt system, som är uppbyggt av många olika komponenter med inbördes relationer och återkopplingar mellan varandra (exempelvis transistorer och kondensatorer).

Vi kan i det här sammanhanget därför utvidga definitionen av tekniska system genom att tänka att inom systemet är delsystemen sammankopplade med interna inputs och outputs. När vi definierar ett tekniskt system måste det avgränsas från systemets omgivning, vilket innebär att det måste finnas en systemgräns. Tanken om en systemgräns ger oss möjligheten att bortse från systemets omgivning och då enbart fokusera på systemet, som vi avser att betrakta (Ingelstam, 2012). Systemgränsen beskrivs av Hallström et al. (2018) som gränsen mellan det tekniska systemet och omgivningen. Om vi återvänder till tvättmaskinen så är maskinen i sig själv gränsen mot omgivningen och processen (komponenter som samverkar för att uppnå önskad funktion) sker innanför systemgränsen. Enligt de Vries (2005) interagerar systemet med sin omvärld, eftersom input i form av energi, information och materia kommer från omgivningen. Tvättmaskinen är beroende av vattensystemet, vars output behövs som input i tvättmaskinen.

Sociotekniska system innebär att människan är en del i det tekniska systemet, exempelvis som ingenjör, tekniker, ekonom eller användare av systemet (Bijker, Hughes och Pinch, 1993). Bijker et al. (1993) lyfter fram att användaren kan styra, underhålla och påverka systemet. Enligt Ingelstam (2012) leder detta till modeller av tekniska system där både tekniska och sociala aspekter uppmärksammas. Ingelstam

(2012) och Bjurulf (2011) framhåller det mänskliga perspektivet genom att hävda att människan skapar tekniska system, att systemet inte kan göra något på egen hand samt att människan blir en del av systemet när systemet används. I det senare är människan antingen en oberoende del av systemet eller en länk mellan komponenterna. Ingelstam (2012) understryker att i sociotekniska system är komponenterna både sociala aktörer och tekniska artefakter. Sambanden mellan dem är både tekniska och sociala, till exempel två aktörer kan kopplas samman genom att de använder samma energikälla. Systemet kan då ses som både en teknisk och social konstruktion, ett sociotekniskt system. Sociotekniska system fokuserar på interaktionen mellan människa och teknik men också på interaktionen mellan samhällets komplicerade infrastruktur och mänskligt beteende (Ingelstam, 2012). På så sätt består samhället och de flesta av dess understrukturer av komplexa sociotekniska system. Svensson (2009) anser att elever förstår människans relation till tekniken om vi använder både artefakter (komponenter) och system när vi beskriver teknik och därigenom betonar vår egen roll i ett tekniskt system. Sociala system, till exempel språk och religion, kan vara lika komplexa som tekniska system. Klasander (2010) menar att ett tekniskt system har en teknisk kärna (konkret, teknisk och människotillverkad komponent), vilket skiljer sig från sociala system.

Det kan vara svårt att undersöka dagens avancerade tekniska system eftersom de oftast inte är transparenta i tillräcklig utsträckning för att vi ska kunna få en fullständig inblick i dem. Tvättmaskinen kan ses som ett slutet system, så kallat *black-boxed* (Latour, 1999), vilket innebär att input och output i systemet är synliga (Compton och France, 2007) men processen i systemet är osynlig. En så kallad black-box kan betraktas som en komponent inom ett tekniskt system, med egna inputs och outputs och en osynlig process. På detta sätt kan ett tekniskt system beskrivas, även om systemet är komplicerat eller dolt, om vi kan identifiera vilken input respektive output systemet behöver för att fungera. Ingelstam (2012) framhåller att ett avancerat tekniskt system kan beskrivas utan vetskap om systemets konstruktion och om varje komponents egenskap. Det är viktigt att förstå begreppet black-box eftersom man då kan undersöka komplicerade tekniska system och utveckla en djupare systemförståelse (Compton och France, 2007). Enligt Hughes (1993) är tekniska system ett system av komplexa, problemlösande komponenter som löser problem eller uppfyller mål med de medel som är tillgängliga. Kroes et al. (2006) menar att skillnaden mellan tekniska artefakter och tekniska system verkar till största delen vara beroende av storlek och komplexitet. Ett problem med den här distinktionen mellan system och artefakt är att de är kontextbundna, vilket innebär att en teknisk artefakt ur ett annat perspektiv motsvarar ett komplext tekniskt system (Kroes et al., 2006). Kroes et al. (2006) lyfter fram att när man delar upp ett tekniskt system i dess ingående tekniska artefakter så kan artefakterna i sin tur visa sig vara komplexa tekniska system.

De Vries (2005) menar att nya artefakter kan ses som resultatet av en innovativ teknisk process, där existerande komponenter sätts samman till nya system. Han påpekar också att en artefakt gör det möjligt för oss att utföra en åtgärd som är

nödvändig för att få det vi vill ha eller önskar, till exempel ren tvätt ur tvättmaskinen, som också är ett tekniskt system (de Vries, 2005). En teknisk artefakt är en produkt av en teknisk process och kan ha många olika ändamål. Kroes et al. (2006) och Frederik et al. (2011) beskriver en teknisk artefakt som ett fysiskt objekt med en teknisk funktion. Kroes et al. (2006) understryker att en artefakt är ett objekt som har blivit till genom en avsiktlig mänsklig handling medan en teknisk artefakt är en artefakt som tillskrivs eller utgör en praktisk funktion. Funktionen av artefakter omvandlar dem till tekniska artefakter och det är deras funktion som binder dem till mänsklig handling (Kroes et al., 2006). Vissa tekniska artefakter är automatiska och behöver enbart startas av en människa, till exempel en TV, för att utföra sin huvudsakliga funktion. Andra tekniska artefakter, till exempel ett flygplan, behöver mänsklig närvaro för att fungera. Kroes et al. (2006) påpekar att tekniska artefakter inte kan fungera utan mänsklig inblandning. En teknisk artefakt inkluderar en funktion och har tillverkats eftersom funktionen har efterfrågats av människor (Frederik et al., 2011). Enligt Kroes (2002) och Kroes et al. (2006) kan en komponent vara ett tekniskt system och ses som en teknisk artefakt. En teknisk artefakt kan beskrivas dels utifrån sin fysiska struktur och dels utifrån sin funktion (Kroes 2002; Kroes et al., 2006). De Vries (2005) framhåller att många artefakter består av mer än en del och dessa delar måste samverka för att artefakten ska kunna uppfylla sin funktion och därmed vara ett system. Tekniska artefakter kan ha många olika funktioner som till exempel transportera, transformera och återkoppla (De Vries 2005). Sammantaget innebär det att en artefakt ses som en komponent och en komponent som en artefakt. Det innebär att komponenter är unikt identifierbara delar eller sub-system som utför en funktion i ett tekniskt system, exempelvis så reglerar en termostat vattentemperaturen i en tvättmaskin. Termostaten är därmed en fysisk komponent samt en väldefinierad funktionell del av ett tekniskt system. De Vries (2013) påpekar att kunskaper om artefakter är en viktig del av teknikundervisningen. Dessutom menar han att artefakter är produkter av en designprocess samt ett uttryck för den teknik som omger oss. De Vries (2013) framhåller att kunskapen om vad artefakter är och vad de gör är en väsentlig del av en teknisk litteracitet. Artefakter kan beskrivas på två sätt (de Vries, 2013). Det första sättet är utifrån struktur och dess fysiska natur, vilket innebär att vi ser på artefakten utifrån dess yttre egenskaper, till exempel färg, form, antal delar, vikt och mekaniska egenskaper. Dessa egenskaper har artefakten oavsett om det finns en användare eller inte. Det andra sättet är utifrån artefaktens funktion, som är beroende av användare. Den ena beskrivningen kan inte särskiljas från den andra (de Vries, 2013). I en designaktivitet kopplas dessa båda till varandra (de Vries, 2013).

Med tekniska system avser jag i den här avhandlingen också sociotekniska system. Tekniska system kan då uppfattas eller förstås som teknisk kunskap och kan därmed inkluderas som en del i det mer omfattande begreppet teknisk litteracitet.

Designprocesser

En designaktivitet och ett utvecklingsarbete i teknik är tätt sammankopplade (Williams et al., 2012). Flera forskare framhåller att design är en av de mest väsentliga aktiviteterna i teknikämnet och förståelse av design blir således central för att utveckla teknisk litteracitet (Cajas, 2002; Frederik et al., 2011; Potter, 2013). Dessutom är det viktigt att elever använder en mängd olika processer när de utvecklar teknisk litteracitet (Potter, 2013). Enligt Keirl (2018) handlar design bland annat om att göra etiska reflektioner, till exempel vad gäller utvecklandet av ny teknik och i hållbarhetsfrågor som innehåller tekniska lösningar. Dessa etiska reflektioner kan göras genom att undersöka hur, när och varför tekniken används och dessutom undersöka konsekvenserna av tekniken (jmf Keirl, 2009). Enligt Potter (2013) är designprocessen en metod som kan användas för att ge elever möjligheter att uppnå de förmågor och kompetenser som efterfrågas i läroplanen. Dessutom framhåller hon att eleverna tillägnar sig uppfinningsrikedom och flexibilitet genom en designaktivitet. Dessa förmågor kan användas i de sammanhangen eleverna arbetar i (Potter, 2013).

Teknisk kunskap kan som tidigare nämnts delas in i procedurmässig och begreppsmässig kunskap (McCormick, 2004). Enligt Williams (2000) är det viktigt att elever uppfattar teknik som en helhet och genomtänkt aktivitet, vilket innebär att aktiviteten inte ska delas upp i en praktisk (procedurmässig kunskap) och en teoretisk del (begreppsmässig kunskap). McCormick (2004) framhåller att begreppsmässig kunskap relaterar till innehåll och inbegriper kunskaper om termer och begrepp, exempelvis om tekniska system. Procedurmässig kunskap relaterar till en aktivitet och utvecklas genom att eleven skapar i en process, exempelvis genom att planera och designa, analysera utifrån systemperspektiv eller genom att finna en lösning på ett identifierat behov (Williams, 2000; McCormick, 2004). Barlex (2006) menar att behov kan delas in i fysiska, intellektuella, emotionella och sociala. Petrina (2007) menar att utveckling av processkunskaper tillsammans med konceptuella kunskaper innebär ett utnyttjande av de fördelar och begränsningar ett material har. Enligt Potter och France (2018) innebär en utvecklad förståelse för materialets egenskaper en utvecklad förståelse för hur och varför ett specifikt material används. De påpekar vidare att för att kunna lösa problem och designa måste kunskaper om materialens egenskaper, processer och tillverkning användas, vilka ofta är sammankopplade med aktiviteter och erfarenheter (Potter och France, 2018). Potter (2013) menar att även om elever arbetar med samma problem så kan de använda sig av olika processer när de söker efter lösningar på problemet. Elever måste liksom designers använda sig av ny kunskap i en designsituation eftersom designen motsvarar ett nytt behov eller en lösning av ett identifierat problem (Best, 2018; Barlex, 2011).

En av samhällets utmaningar är att utveckla design som bidrar till en hållbar utveckling och därmed bidrar med lösningar på globala behov. Thorpe (2008) lyfter fram betydelsen av att design kan främja hållbar utveckling genom att utveckla processer som tar hänsyn till mänskligt välbefinnande när det gäller miljömässiga,

kulturella och ekonomiska betingelser. Thorpe (2008) definierar detta som hållbar design och menar att en designaktivitet innehåller både görande och kunnande. Enligt Thorpe (2008) uttrycks kunnandet i teorier medan görandet innefattar forskning, utveckling och tillverkningsprocesser, vilka ofta sammanfattas som designprocessen. Designprocessen innehåller ofta visuella tredimensionella experiment (till exempel modeller) och prövande av olika tankar för att slutligen leda fram till en färdig produkt (Thorpe, 2008). Thorpe (2008) menar att designern utvecklar idéer genom undersökning och dokumenterar i skisser eller modeller. Enligt Tham (2008) skapar designaktivitet förutsättningar för variation i interaktionen mellan människa och artefakt. Detta leder till att designern kan skapa permanenta eller tillfälliga svar på behov som ska uppfyllas genom designen (Tham, 2008). Hill (1998) menar att arbete i en designprocess i verkliga sammanhang kan ge individer möjligheter att vara kreativa och nyfikna samt utveckla begreppsmässig och procedurmässig kunskap, både tanke och handling. Dessutom kan designprocessen uppmuntra individer till att engagera sig i olika överväganden som relaterar till teknik, människa och miljö (Hill, 1998). Enligt Hill (1998) finns det många olika designprocessmodeller. Det som är gemensamt för dem är i korta drag att de beskriver en process som via reflektion leder fram till en utvecklad, egentillverkad modell. Dessutom kan arbete med problemlösning i en designaktivitet bidra till att elever utvecklar kreativitet och lärandet förbättras (Hill, 1998).

Middleton (2005) beskriver fem aspekter av designprocessen: identifiera ett problem, undersöka tänkbara lösningar, utveckla lösningen, utvärdera lösningen och tillverka lösningen. Han undviker ordet steg då det kan uppfattas som att processen är linjär, vilket designprocessen inte är och menar att arbete i designprocesser innebär att eleverna rör sig mellan de olika aspekterna spontant under hela arbetets gång (Middleton, 2005). Det innebär att designprocessen inte är linjär utan eleverna rör sig flytande mellan de olika aspekterna. Enligt Williams et al. (2012) är designprocessen, som leder fram till en design, egentligen en mängd olika tankeprocesser som är kreativa på olika sätt. De kunskaper och förmågor som är relaterade till designprocessen anses viktiga eftersom de ger eleverna möjligheter att lära sig genom att göra (Williams et al., 2012). Enligt Potter (2013) är det viktigt för elever att se sina idéer komma till uttryck genom material i artefakter. Nash (2018) beskriver designtänkande som en process där en individ försöker hitta lösningar på ett problem, vilket innebär att flera olika lösningar diskuteras. Williams et al. (2012) framhåller att genom att fokusera på förmågan att kommunicera i stället för på modellen kommer eleven att utveckla bättre möjligheter att konstruera en ritning som ett sätt att kommunicera och dokumentera tankar. Det innebär att i stället för att fokusera på en slutprodukt fokuseras arbetet på aspekter i processen (Williams et al., 2012). Det betyder att eleverna inte blir pressade att ha färdiga modeller vid presentationerna, vilket gör att eleverna kan koncentrera sig på andra designförmågor än enbart på att få en produkt färdigställd.

Martin (2017) pekar på att processen att göra en skiss är en viktig del i ett processarbete. Enligt Martin (2017) är skissarbetet ett redskap för att utveckla

kreativiteten och för att visualisera idéer och lösningar i syfte att kommunicera dessa. I arbetet med skissen problematiseras idén bakom uppgifterna eleven ställs inför (Martin, 2017). Birgerstam (2000) ser skissandet som att designa, gestalta och att ge form åt ett projekt. Skissen kan, enligt Martin (2017), ses som en idéskiss, en ritning men även som en form av dokumentation som uttrycker både teori och praktik. Det vill säga det som eleven ska göra finns integrerat i tänkandet. Enligt Birgerstam (2000) är skissandets uppgift att få syn på och urskilja hur saker och ting förhåller sig i verkligheten. Martin (2017) framhåller att det teoretiska arbetet införlivas genom det konkreta arbetet och att skissen blir en hjälp vid skapandet av en produkt. Konstruktionskissen, även kallad ritning i teknikämnet, är avsedd att tydligt beskriva det föremål som planeras (Martin, 2017). Martin (2017) påpekar att om vi försöker se både skisser och bilder som självständiga förmedlare av information börjar vi förstå vilken potential de har. För eleven kan skissandet vara ett sätt att förklara eller förtydliga en idé. Det är grundläggande för ämnet teknik att eleven kan beskriva en tanke i en skiss eller bild (Martin, 2017). I samtal med elever kring en skiss eller ritning kan eleven reflektera över den och eventuellt revidera den och därmed startar processen om och skissen har utvecklats (Martin, 2018). Skissandet är, enligt Birgerstam (2000), en visuell språklig handling och därmed en kommunikationsform eftersom att formge streck och figurer har sina likheter med att formulera ord och meningar. Hon menar att de skapade symbolerna i en skiss blir en förmedlande länk till verkligheten. Dessutom anser hon att det verbala språket och det visuella språket kan komplettera varandra på ett konstruktivt sätt. Den synliga formen i en skiss blir ett redskap för att öka den egna förståelsen (Birgerstam, 2000).

Lärande och undervisning

Elevers och studenters förståelse av tekniska system

Hallström och Klasander (2017) undersöker i en studie hur lärarstuderande i teknikämnet uppfattar tekniska system. Studien visar att lärarstudenterna förstod vad komponenter, apparater och system gör men de hade svårare att förstå hur och varför tekniska system fungerar. Resultaten sammanfattas som att studenterna uttryckte olika delar av begreppet tekniska system men att hälften av deras svar ansågs otillräckliga (Hallström och Klasander, 2017). De delar som studenterna fokuserade på var de synliga delarna, till exempel komponenter eller produkter såsom knappar eller vattenkraftverk. Studenterna kunde emellertid vanligtvis upptäcka input och output i systemen. För det stora flertalet av studenterna var de mer abstrakta och osynliga delarna, exempelvis den pågående processen, i tekniska system, svårare att förstå och upptäcka. En sådan process kan beskrivas som flödet av information i form av elektriska signaler i ett system, vilket styr hur processen fortgår. I tvättmaskinen innebär flödet av

information att när man väljer tvättprogram skickas elektriska signaler i systemet vilka styr och reglerar, exempelvis vattnets mängd och temperatur. Studenterna såg människans roll i tekniska system som användarens och inte som aktörer som kunde påverka systemet (Hallström och Klasander, 2017).

Resultaten i studien är i linje med annan forskning inom området (jfr Klasander, 2010; Svensson, 2011a) där studenter har en grundläggande förståelse för strukturen samt input och output i tekniska system, vilket indikerar att vuxna studenter inte har en mer utvecklad förståelse för tekniska system än vad elever på grundskolan har (Hallström och Klasander, 2017). Hallström och Klasander (2013; 2017) påpekar att det är viktigt att lärarstuderanden inom teknikämnet får utbildning i systemtänkande, till exempel hur komponenter arbetar och relaterar till andra komponenter, flöde av information samt människans roll i tekniska system. Hallström et al. (2018) genomförde en undersökning av hur lärare i teknikämnet uppfattar tekniska system utifrån erfarenheter och bakgrund. Deras studie beskriver lärares och lärarstudenters uppfattningar om tekniska system som en del av teknisk allmänbildning. I undersökningen valde flera av lärarna att fokusera sina svar på stora tekniska system såsom vägnätet samt på digitala artefakter och system som mobilnätet. Lärarnas svar indikerade också svårigheter att identifiera systemgränsen, särskilt när det var svårt att se var systemet började och slutade såsom mobilnätet. Hallström et al. (2018) visar att blivande och yrkesverksamma tekniklärare ser en utmaning i att identifiera tekniska system bland olika tekniska lösningar. Detta blev mest uppenbart när de skulle särskilja artefakter från system samt när de skulle beskriva gränsen mellan system och dess omgivning (Hallström et al., 2018).

Svensson (2011b) undersökte i en studie vilka dimensioner av tekniska system unga uppfattar. Resultaten indikerar att det är tre dimensioner som beskriver olika sätt att förstå tekniska system. Dessa dimensioner är resurser, intention och struktur (Svensson, 2011b). Exempel på dimension på resurser är att det finns ett flöde i ett tekniskt system. Intensionsdimensionen beskriver exempelvis vilka behov det tekniska systemet tillgodoser hos individen. Exempel på strukturdimensionen är komponenternas betydelse. Dimensionerna är inte isolerade utan det finns kopplingar mellan dem (Svensson, 2011b). Svensson (2011b) menar sammanfattningsvis att variation är viktig för lärandet eftersom den gör att eleverna lär sig att urskilja saker från varandra. Därför menar Svensson (2011a) att undervisningen kan planeras så att aspekterna inom dimensionerna varierar på olika sätt, vilket leder till bättre förståelse för tekniska system (Svensson, 2011b). Hon påpekar också att för att komma åt alla tre dimensionerna kan det vara nödvändigt att undersöka tekniska system utifrån olika perspektiv, vilket kan innebära olika sammanhang där tekniska system är den gemensamma faktorn (Svensson, 2011b). I artikeln "Students' ideas about technological systems interacting with human needs" föreslår författarna en modell över hur man kan beskriva elevers förståelse av tekniska system. Modellen är uppdelad i tre abstraktionsnivåer utifrån olika aspekter på tekniska system och kommer att beskrivas mer ingående längre fram i avhandlingen. Resultaten i studien synliggör hur elever på olika sätt uttrycker och

utvecklar tankar om tekniska system och komponenter (Lind, Pelger och Jakobsson, 2019). I en studie genomförd av Svensson et al. (2012) intervjuades elever om sina tankar om transportsystemet, energisystemet och kommunikationssystemet. Eleverna fick tillgång till bilder och beskrivningar av systemen och ombads visualisera och kommunicera sina tankar och sin förståelse av systemen. Författarna sammanfattar resultaten med att det vanligaste sättet att beskriva ett tekniskt system var att titta på enskilda komponenter utan att relatera dessa till något systemperspektiv och att beskriva systemet baserat på de inkluderade komponenterna utan mänsklig eller samhällelig interaktion med systemet (Svensson et al., 2012). Svensson (2011a) genomförde en studie där elevernas uppgift var att beskriva tekniska system genom att använda vardagsartefakter (mobiltelefon, en glödlampa och en banan) och de relaterade systemen (mobiltelefonsystemet, elektricitetssystemet och transportsystemet). Resultaten i studien indikerar att det vanligaste sättet att beskriva relationen mellan en artefakt (komponent) och systemet var i en linjär modell, med andra ord placerade de komponenterna i en rad för att försäkra sig om att de levererade det som var avsett med systemet (Svensson, 2011a). Till exempel så kunde en elev beskriva mobiltelefonens funktioner men hade svårigheter att placera den som en integrerad del av eller komponent i ett större system. Eleverna hade alltså svårigheter med att relatera komponenterna till varandra, beskriva interaktionen mellan komponenter i ett system och att beskriva systemet som en helhet. Svensson (2011a) menar att elever definierar ett tekniskt system genom att fokusera på enskilt avskilda delar och få av eleverna beskrev tekniska system som ett nätverk av interagerande komponenter. Örtånäs (2007) undersökte elevers uppfattningar om tekniska system i deras vardagsliv. Hon initierade samtalen genom att använda bilder av artefakter som var kopplade till de tekniska system som var aktuella vid samtalen. Under tiden intervjun pågick uppmanades eleverna att rita bilder för att ge stöd åt sina tankegångar. Resultaten indikerade att elevernas beskrivningar av tekniska system kunde delas in i sex kategorier: funktion, struktur, storlek / systemgräns, människans roll, kopplingar i systemet samt systemets form. Resultaten visade också att eleverna i relativt stor utsträckning kunde beskriva olika system i sin vardag, särskilt när de hade tillgång till bilder av systemen. Analysen av resultaten visade att eleverna använde bilderna för att upptäcka systemets och delsystemens struktur och för att diskutera sambandet mellan människa och teknik (Örtånäs, 2007).

I de tidigare skolåren är teknikundervisningen sällan inriktad mot att utveckla en teknisk litteracitet. Björkholm (2015) pekar på att elever, i de tidiga skolåren, mest får erfarenhet av praktiskt arbete och att undervisningen sällan är inriktad mot tekniskt kunnande. I studien undersöks elevers kunnande i teknik utifrån två aspekter av lärande, värdering av och konstruktion av tekniska lösningar. Eleverna i studien visar att de har förståelse för hur väl tekniska lösningar svarar mot de problem de är avsedda att lösa (Björkholm, 2015). För att elever ska få möjlighet att utveckla sitt kunnande i teknik ytterligare måste de, enligt Björkholm (2015), få hjälp med att synliggöra det

som användare av teknik oftast tar för givet, exempelvis hur en konstruerad komponent bidrar till att lösa ett tekniskt problem.

Elevers förståelse av tekniska designprocesser

Middleton (2009) undersökte i en studie hur elever lär om hållbarhet i teknik samt om relevansen av problemlösande aktiviteter i lärprocessen. Det innebär frågor som kopplas till relationen mellan lärprocesser och hållbarhet. I resultatavsnittet i studien föreslår författaren en modell för att upptäcka hur individer löser problem. Modellen beskrivs som tre aspekter. Den första aspekten är att definiera problemet och den andra är undersökningsområdet (processen), vilket innehåller undersökning och konstruktion. I undersökningsområdet använder elever en mix av förkunskaper och nya kunskaper. Den tredje och avslutande aspekten är när problemet är löst, det vill säga målet för uppdraget. Middleton (2009) ger exemplet hållbara transporter (problemet kan definieras på många olika sätt), vilket leder till många olika processer och därmed också många olika lösningar på problemet. Resultaten i studien visar att design och problemlösande aktiviteter ger elever olika möjligheter att engagera sig i hållbarhetsfrågor. Dessutom ges elever möjligheter att utveckla förståelse för hållbarhetsfrågors omfattning och betydelse (Middleton, 2009). Middletons studie fokuserar på elevers engagemang i hållbarhetsfrågor och eftersom dessa frågor ofta har en framträdande roll i läroplaner är studien av stor betydelse.

Leken ger yngre barn möjlighet att utveckla förmågan att lösa problem. Mawson (2013) genomförde en studie, som undersökte barns (3–4 år gamla) framväxande tekniska litteracitet genom leken. De flesta barnen i studien visade prov på att de utvecklade sin förmåga att medvetet använda tekniska processer (Mawson, 2013). I studien framkommer att barn har välutvecklade förmågor och kunskaper för att lösa tekniska uppgifter när de börjar grundskolan. Han pekar vidare på att lärare i grundskolan inte är förberedda på att eleverna har dessa förkunskaper, vilket är ett område för lärarutbildningen att utveckla. Blomdahl (2007) beskriver i en studie hur undervisning i teknik kan se ut i grundskolan med fokus på teknisk litteracitet. Hon menar att teknikämnet ska syfta till att utveckla elevers medvetenhet kring teknik i sin närmiljö samt dessutom utveckla de förmågor elever bör besitta för att kunna leva i en snabbt föränderlig värld. Det innebär att teknikämnet ska syfta till att utveckla kunskaper om och förståelse för design av artefakter och tekniska system men också kunskaper om hur teknik utvecklas och förändras över tid. Dessutom menar Blomdahl (2007) att förståelsen av tekniska begrepp och hur tekniken samspelar med människa, samhälle och natur är centrala kunskaper i teknik. Blomdahl (2007) grundar sina tankar utifrån ett konkret exempel i grundskolans år 6. Elevernas uppgift var att designa en version av ett eget höghus som skulle byggas i deras närmiljö. Under tiden eleverna konstruerade ritningar och modeller arbetade de i grupper. Där gavs de möjligheter att använda sina tekniska färdigheter, till exempel genom att använda redskap, välja

material och tänka i tre dimensioner. Grupperna presenterade sina modeller muntligt för klassen efter avslutat arbete och utvärderade arbetet gemensamt med lärarna. Elever och lärare analyserade arbetet, både före och efter arbetet, utifrån bland annat systemkomponent-perspektiv, funktionsperspektiv, ett perspektiv som fokuserar på teknik, samhälle och människa samt ett hållbarhetsperspektiv. Detta var en viktig del av arbetet. Enligt Blomdahl (2007) får lärare möjligheter att utveckla förståelse för elevers kunskaper och förmågor i teknik genom elevernas visualiseringar (ritningar och modeller), reflektioner och presentationer. Hon lyfter fram betydelsen att konstruktion och presentation av artefakter är en process som bör innehålla såväl praktiska som teoretiska kunskaper. Enligt Blomdahl (2007) är kommunicerandet av tankar och idéer, förmågan att arbeta i projekt och utvecklandet av teknisk medvetenhet, väsentliga delar av teknisk litteracitet.

Designprocessen och problemlösningsprocessen är, enligt Williams (2000), processer där vi kan utveckla tekniska lösningar. I dessa processer kan mänskliga behov synliggöras och användas när vi planerar och undervisar i skolämnet teknik. Enligt Williams (2000) finns en utbredd tanke om att vi kan lära elever att arbeta i dessa processer på ett systematiskt sätt. Han framhåller att varken designers eller elever arbetar i en förutbestämd process i sitt arbete. Eleverna upptäcker processen efter hand som de arbetar mot att göra färdigt uppgiften. Det är inte säkert att de arbetar med alla tänkbara aktiviteter varje gång och de arbetar med största sannolikhet inte med dem i samma ordning varje gång. Williams (2000) framhåller att processerna eller aktiviteterna beror på sammanhanget, elevernas förutsättningar och problemets natur. De viktigaste aktiviteterna inkluderar: utvärdering, kommunikation, modellering, idéskapande, undersökande, tillverkning samt dokumentation. I likhet med Middleton (2005) lyfter Williams (2000) fram betydelsen av att kalla dessa aktiviteter för aspekter i stället för steg av processen. Eftersom steg ger en känsla av att man ska arbeta i en bestämd ordning, vilket inte är lämpligt i en teknisk designprocess (William, 2000; Middleton, 2005). Williams (2000) påpekar att om vi standardiserar aspekterna inom alla projekt, så kan möjligheten att upptäcka elevers kognitiva utveckling genom en designprocess begränsas. Detta för att eleverna blir intvingade i ett sätt att arbeta och därmed att tänka. Målet med aktiviteterna är att elever blir självständiga problemlösare samt utvecklar kreativitet och förmågan att reflektera. Enligt McCormick (2004) bör kvalitativ kunskap bli en del av undervisning i teknikämnet eftersom den återspeglar en syn på kunskap som relaterar till kontexten och kunskap om tekniska anordningar.

KAPITEL 4 SOCIOKULTURELLT PERSPEKTIV PÅ ELEVERS LÄRANDE I TEKNIK

I detta kapitel redogörs ett sociokulturellt perspektiv på elevers lärande i teknikämnet. Eleverna i föreliggande studie arbetar i mindre grupperingar för att underlätta interaktion och kommunikation. I och med detta skapas förutsättningar för att samarbeta, samtala, lyssna och reflektera över andra elevers kunskaper, förmågor och erfarenheter.

Kommunikation och interaktion inom det sociokulturella perspektivet

Enligt ett sociokulturellt perspektiv sker lärande genom deltagande i sociala praktiker och genom deltagarnas samspel och interaktion. I dessa processer är språk och kommunikation grundläggande för *mediering* som konstrueras genom samarbete i ett sammanhang och inte i första hand genom individuella processer (Dysthe, 2003). Dessutom uppstår oftast lärande som en biprodukt av en social gemenskap där människor deltar i olika typer av processer för att skapa sammanhang och mening (Amhag och Jakobsson, 2009). Dessa processer kan ske i samtal och diskussion mellan individer i en grupp eller i en grupp av människor. Således är lärande en social och kollektiv process där individen som skriver eller talar är beroende av dem som läser eller lyssnar i ett kollektivt meningsskapande (Amhag och Jakobsson, 2009). Meningsskapande aktiviteter handlar om att individen jämför och kontrollerar sin förståelse med de tankar och idéer som lyfts i gruppen. Det innebär att varje enskild deltagare är i en dialogisk, pågående lärandeprocess (Mortimer och Scott, 2003). Med andra ord betyder det att lärande och utveckling inte är enkelt transformerade från person till person, exempelvis från läraren till eleven. Mortimer och Scott (2003) hävdar emellertid att det också pågår en meningsskapande process på ett individuellt plan. I klassrummet innebär det att vanligt förekommande vetenskapliga begrepp kan

symbolisera olika saker för elever och lärare, såsom energi, kraft och reaktion (Mortimer och Scott, 2003). Vidare framhåller de att meningsskapande är en dialogisk process, som innebär att gruppen/individerna gemensamt sammanför och samarbetar kring samt utforskar nya idéer. Enligt Mortimer och Scott (2003) kan en elev sitta tyst och lyssna på en pågående diskussion och försöka förstå vad som diskuteras. I det fallet är den tysta eleven lika engagerad i ett inre dialogiskt meningsskapande för att nå fram till samma förståelse som de som aktivt diskuterar eftersom eleven individuellt försöker skapa mening i det som diskuteras. På så sätt kan den meningsskapande processen uppfattas fungera både på ett individuellt och socialt plan (Mortimer och Scott, 2003). Man skulle kunna påstå att den tysta eleven trots tystnaden är i en dialogisk kontakt med sin omgivning.

Ett centralt begrepp inom sociokulturell teori är mediering, vilket innebär att vårt tänkande och vår föreställningsvärld är framvuxen ur vår kultur och dess intellektuella och fysiska redskap (Säljö, 2000). Begreppet mediering kan, enligt Säljö (2000), definieras som att människor hanterar omvärlden med hjälp av olika fysiska och intellektuella redskap eller artefakter, som utgör integrerade delar av våra sociala praktiker inte minst när det gäller det tekniska artefakterna som underlättar vår vardag. Men människans viktigaste medierande redskap är de resurser som finns i vårt språk (Säljö, 2000; Dysthe, 2003). Mediering används om alla typer av stöd eller hjälp i läroprocessen antingen det är personer eller artefakter (redskap). Enligt Dysthe (2003) betyder redskap i det sociokulturella perspektivet de intellektuella och praktiska resurser som vi använder för att förstå vår omvärld och för att agera i den. Redskapen innehåller erfarenheter och insikter från tidigare generationer och när vi använder dem utnyttjar vi dessa erfarenheter (Säljö, 2000). I dessa sammanhang är kommunikation mellan människor avgörande. En grundtanke inom det sociokulturella perspektivet är att det är genom kommunikation och interaktion som sociokulturella resurser förs vidare men det är också genom kommunikation de skapas (Säljö, 2000). Kommunikativa processer är en förutsättning för lärande och utveckling. Det är genom att samtala, lyssna, härma och samverka med andra som människor får ta del av kunskaper och erfarenheter (Dysthe, 2003). Till exempel använder vi oss dagligen av olika tekniska artefakter som exempelvis mobiltelefonen. Det innebär att vår omvärld definieras av tekniken och de sociala nätverk vi har tillgång till via mobiltelefonen. Dessutom begränsas inte människans sociala praktik av rumslig närvaro. Det vill säga vi kan ha vänner i andra delar av världen än där vi befinner oss fysiskt. Mobiltelefonen kan ses som en integrerad del av vårt dagliga liv, vilket innebär att vi till viss del lever genom den. Genom mobiltelefonens utvecklade kapacitet kan vi kommunicera och interagera med vår omvärld. Säljö (2005) lyfter fram att *externa minnessystem* är artefakter, det vill säga medierande redskap, där information och spår av mänskliga erfarenheter bevaras. Det kan exempelvis vara olika applikationer (appar) i vår mobiltelefon som håller reda på saker åt oss såsom födelsedagar, telefonnummer och inköpslistor.

Den möjliga utvecklingszonen (ZPD) fokuserar främst på situationer där människor interagerar eller samarbetar i en specifik aktivitet. Jakobsson (2012) framhåller att

mycket tyder på att deltagare i en sådan aktivitet utvecklar nya kunskaper och kompetenser genom att förklara, omformulera, argumentera samt tänka om. Vidare pekar han på att genom att lyssna på andra människor medieras nya tankar, vilket kan bidra till att vi ser omvärlden med nya ögon och *approprierar* nya tankegångar. Enligt Mortimer och Scott (2003) innebär det att förmågan som ska utvecklas inbegriper både vad eleven kan uppnå på egen hand och vad eleven kan uppnå med olika former av stöd från lärare eller från en annan elev som har mer kunskaper inom det specifika ämne som behandlas. Den möjliga utvecklingszonen visar sålunda skillnaden mellan vad en elev kan uppnå inom ett specifikt område i arbete med eller utan assistans (Mortimer och Scott, 2003).

Kommunikation och interaktion i klassrummet

Inom sociokulturell teori ses den materiella världen, tanken och medvetandet som en helhet, vilket innebär att olika artefakter och kulturella produkter påverkar och möjliggör tänkandet (Jakobsson, 2012). Dysthe (2003) beskriver det som att lärande är mer än det som sker i elevens huvud och det har att göra med omgivningen i vid mening. Det sociokulturella perspektivet visar, enligt Dysthe (2003), att viljan att lära beror på upplevelsen av meningsfullhet, vilken är beroende av om kunskap och lärande betraktas som viktiga i de grupper eleven ingår i. Dessutom betraktas interaktion och samarbete som centrala och avgörande för lärande och att delta i en social praktik där lärande äger rum är således väsentligt (Dysthe, 2003). Det blir med andra ord avgörande att skapa klassrumsmiljöer där lärande värdesätts av alla, inte bara av läraren (Dysthe, 2003). Putnam och Borko (2000) påpekar att aktiviteterna i skolan är autentiska om det svarar mot skolans mål att elever ska förberedas för ett livslångt lärande. Autentiska aktiviteter ska främja det slags tänkande och problemlösande som har relevans utanför skolan. Putnam och Borko (2000) menar att då blir kriterier för autenticitet det tänkande och de färdigheter som aktiviteterna för inläring ger.

Det är lätt att tro att verbalt tal är grundläggande för kommunikation, men det skulle vara omöjligt att hitta ett klassrum som bara använder verbalt tal eftersom alla bilder, grafer, diagram, modeller, gester och aktiviteter som används av läraren uppnår sin potential genom de verbala språk som omger dem (Mortimer och Scott, 2003). Mehrotra, Khunyakari, Chunawala, och Natarajan (2007) genomförde en studie på elever i åldern 11–14 år. De använde sig av frågeformulär som var uppbyggda av bilder. Eleverna skulle ta ställning till om de uppfattade bilderna som: ”teknik som objekt” eller ”teknik som aktivitet”. Frågeformulären följdes upp med intervjuer av några elever. I analysen konstaterar författarna att bilder på artefakter tillsammans med människor upplevs av elever som mer relaterade till teknik än bilder på enbart artefakter. Artefakter och aktiviteter nämndes oftare av elever som tekniska då artefakterna relaterade till kommunikation och transport (Mehrotra et al., 2007). Williams (2000) menar att

några av de viktigaste aktiviteterna inom en designprocess inkluderar kommunikation, tillverkning och dokumentation. Designprocessen innebär, enligt Tham (2008), interaktion mellan människa och artefakt. Dessutom är designprocessen beroende av sammanhanget och av elevernas förutsättningar (Williams, 2000). Detta ligger i linje med Dysthe (2003) och hennes tankar om att språk och kommunikation är viktiga vid lärande. Thorpe (2008) framhåller att elever kan dokumentera en designprocess i exempelvis modeller, skisser eller ritningar eftersom de kan uppfattas som sätt att reflektera och kommunicera idéer. Reflektionen kan dessutom ses som en form av utvärdering av designprocessen (Williams, 2000).

En viktig uppgift för skolan är, enligt Dysthe (2003), att utrusta eleverna med kompetens att använda begrepp, teorier och idéer så att de kan fungera i olika samhällen. Dessutom bör skolan förbereda elever på vilken praxis som finns i olika grupper som elever deltar i, vilket är en del av lärandet. Sålunda är lärprocessen social (Dysthe, 2003). Klassrummet är en av många diskurser som eleven deltar i. Det är i klassrummet som eleven upptäcker kognitiva redskap, teorier, begrepp och idéer som de försöker göra till sina egna (*appropriering*) genom att eftersträva meningsfullhet i det upplevda (Putnam och Borko, 2000). Enligt Säljö (2000) innebär begreppet *appropriering* att människan i varje situation har möjlighet att ta till sig kunskaper från sina medmänniskor i samspel med dessa samt göra dessa kunskaper till sina egna. Kunskapen är distribuerad bland medlemmarna i en grupp, vilket kan innebära att de känner till och har kunskaper om olika saker som bidrar till en helhetsförståelse. Eftersom kunskaperna är uppdelade innebär det att lärandet är socialt (Dysthe, 2003). Enligt Resnick (1991) måste lärandet i skolan ta hänsyn till att kunskap, föreställningar och uppfattningar inte är förankrade i den enskilda eleven utan i elevens hela omvärld. Jakobsson (2012) framhåller att lärande kan beskrivas som en utvidgning av vår förmåga att använda de kulturella produkterna på ett alltmer avancerat och utvecklat sätt. Dessutom kan lärande uppfattas som en utveckling av vår förmåga att använda och tänka med hjälp av språk, begrepp och teorier som därmed blir redskap för att analysera, lösa problem och förstå vår omvärld (Jakobsson, 2012). Mercer (2000) menar att i klassrumssamtal, som ofta används för att få uppgifter gjorda, ser vi ofta elever som försöker upptäcka vad de vet och dessutom försöker utveckla sina kunskaper tillsammans med andra. Mercer (2000) delar in samtal i diskussion samt kumulativt och utforskande samtal. Vid diskussioner försöker eleven bibehålla sitt sätt att tänka eller agera genom påståenden och motpåståenden. Kumulativa samtal karakteriseras av repetitioner och bekräftelser av uttalanden medan utforskande samtal handlar om att eleven förklarar och uttalar stöd av det sagda. Mercer (2000) menar också att eleverna, på grund av kontexten de befinner sig, kommer att uttrycka det som de finner relevant och passande i den situationen, vilket innebär att de inte kan uttrycka allt de vet. När en lärare samtalar med elever, under en lektion, kan det uppfattas som en konversation som är en fortsättning på den förra lektionens samtal, med andra ord en aldrig avslutad diskussion (Mercer, 2000). Enligt Mercer (2000) bygger elever och lärare sina samtal kring tidigare delade erfarenheter och diskussioner, vilket innebär att allt inte behöver

uttryckas utan kan uppfattas av alla inblandade ändå. Både elever och lärare gör antaganden om varandras kunskaper och förståelse av begrepp. Rogoff (1995) framhåller att barn deltar i aktiviteter i olika sammanhang, vilket involverar andra barn och vuxna i rutinmässigt och underförstådda samt mer explicita samarbeten. När elever deltar i dessa sammanhang förbereds de på att kunna delta vid andra liknande situationer (Rogoff, 1995). Mercer (2000) hävdar att vissa saker kan behöva uttryckas explicit i stället för att hållas implicita, vilket i vissa situationer kan medföra att det uppstår hinder i diskussionen. Jakobsson (2012) framhåller i detta sammanhang att centralt i elevernas meningsskapande är deras användning av språk samt deras användning av begreppsliga resurser från olika vetenskapliga discipliner. Enligt honom är elever kapabla att urskilja, avgränsa och bygga på vetenskapernas speciella sätt att resonera och använda olika begrepp och teorier.

KAPITEL 5 DEN EMPIRISKA STUDIEN

Detta kapitel redogör för studiens kontext, det insamlade datamaterialet och vilken metod och analysmetod som avhandlingen baseras på. Dessutom beskrivs validitet, tillförlitlighet, giltighet och etiska överväganden för avhandlingen.

Studiens kontext

Studiens design har sin grund i att jag som tekniklärare under en tid varit intresserad av elevers förståelse och kommunikation av teknikämnets ord och begrepp. Min förhoppning är att jag genom att utforska och beskriva hur elever uttrycker och utvecklar förmågor och kunskaper i teknik, kan synliggöra hur elever successivt utvecklar teknisk litteracitet under ett projektarbete i teknik. Eftersom studien har ett ämnesdidaktiskt fokus var min utgångspunkt att försöka att komma så nära elevernas tankar och processer som möjligt. Det var därför väsentligt att vara närvarande i autentiska klassrumssituationer och i dessa samla in datamaterial i form av elevernas samtal och interaktioner. Jag deltog vid planerandet av de aktiviteter som berörde teknikämnet i skolan där jag skulle samla in datamaterial för analys. Studien genomfördes under fyra veckor i april 2015 på en kommunal grundskola i södra Sverige. Skolklassen som deltog i undersökningen var en årskurs 8 och bestod av 36 elever. Klassen delades ofta in i två elevgrupper beroende på vilket skolämne de undervisades i. Elevernas skoldag synliggjordes i deras schema, vilket medförde att schemat innehöll längre arbetspass där ämnesövergripande projektarbete planerades in. (Emellertid fanns alltid matematik, engelska, språkval och idrott utlagda på elevernas scheman.) Det var inom ett sådant projektarbete föreliggande studie genomfördes. Projektarbetet kallades för "Flytta hemifrån" och det byggdes upp kring ämnena matematik, svenska, teknik, hem- och konsumentkunskap samt idrott. De ämnen som inte behandlades i detta arbete ingick i andra projektarbeten vid andra tillfällen.

Datainsamling

Min utgångspunkt som forskare är ett sociokulturellt perspektiv, vilket innebär att interaktioner är viktiga för såväl individens som gruppens lärande och kunskapsutveckling. Därför föll valet av metod för datainsamling på att dokumentera elevernas presentationer och diskussioner med hjälp av videokamera. Det insamlade datamaterialet består därför framförallt av inspelade presentationer och diskussioner samt elevernas valda Internetbilder. Dessutom finns fotografier av deras egentillverkade modeller. Data från inspelningarna har varit av särskild betydelse eftersom samtalen mellan eleverna ofta fokuserade på deras valda bilder och egentillverkade modeller samt detaljer i dessa. I klassrummet placerades eleverna i grupper om 3–4 individer på ett sätt så att de enkelt kunde identifieras och så att deras samtal kunde urskiljas från de andra grupperna i klassrummet. Eftersom eleverna arbetade med olika ämnen samtidigt och i vissa fall inte var i samma klassrum som övriga klasskamrater varierade sammansättningen i grupperna. Gruppernas diskussioner spelades in med videokamera vid sammanlagt 8 tillfällen. Inspelningarna av grupperna varade mellan 25–45 minuter per tillfälle, vilket innebar ett sammanlagt inspelat material på ca 32 timmar. Inspelningslängden varierade eftersom det inte fanns ett uttalat slut för diskussionerna utan eleverna fick avsluta när de upplevde att de var färdiga med uppgiften. De situationer som valts ut för analys är diskussioner och presentationer som relaterar till de begrepp eleverna hade i uppgift att diskutera och som samtidigt var intressanta för forskningsfrågorna. Datamaterialet har analyserats utifrån elevernas förmåga att uttrycka och kommunicera tankar verbalt, med en bild eller modell som stöd för minnet vid presentationerna.

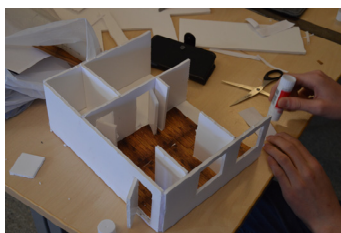
Metod och analys

Eleverna fick under arbetets gång undervisning som inspirerade, motiverade och stöttade eleverna i deras språk- och kunskapsutveckling inom de ämnen som ingick i projektarbetet. Undervisningen innehöll information av läraren, exempelvis genom föreläsning inom ett specifikt område eller genom filmer om modern teknik. (Exempelvis en film där Maria Strömme presenterade nanoteknik och hur nanoteknik kan användas nu och i framtiden.) Det innebar att elever och lärare kommunicerade vetenskap och teknik på olika sätt i klassrummet, bland annat genom samtal, diskussioner, presentationer, filmer och föreläsningar. Projektarbetet kombinerade procedurmässiga och begreppsmässiga kunskaper. Den begreppsmässiga delen av projektet innehöll elevernas arbete med innehållsrelaterade uppgifter, exempelvis egenskaper hos material samt ämnesspecifika ord och begrepp relaterade till arbetsområdet ”Flytta hemifrån”.

I första delen av studien fokuserade eleverna framför allt på begreppen tekniska system och komponenter. Vid veckans första lektion presenterade läraren de begrepp

och ord som eleverna skulle arbeta med under veckans arbetspass, exempelvis tekniska system och komponenter. Eleverna letade upp förklaringar på begreppen och samtidigt letade de bilder på Internet. Bilderna skulle representera begreppet och väljas utifrån bildens lämplighet, enligt eleven, att beskriva begreppet. Eleverna hade fritt val av de möjligheter Internet ger att välja en bild som kunde användas för att presentera och förklara begreppet för en mindre grupp klasskamrater. En väsentlig del av projektarbetet var att presentera och diskutera ämnesspecifika ord och begrepp tillsammans med den självvalda bilden. Målsättningen med detta arbete var att förbättra elevernas förutsättningar att utveckla begreppsmässig kunskap tillsammans med andra elever.

Den andra delen av arbetet utgjordes av en designaktivitet, vilket innebar en procedurmässig del av projektarbetet. Designprocessen bestod av elevernas arbete med att skissa, konstruera en ritning samt bygga en modell av en lägenhet både digitalt och fysiskt. Dessutom innebar arbetet i designprocessen att eleverna skulle diskutera och reflektera över olika tekniska lösningar tillsammans med klasskamrater. När de reflekterade över olika tekniska lösningar i sina lägenheter förde de också in perspektiv på hållbarhet och användning av ny teknik. Vid dessa samtal använde eleverna sina egentillverkade modeller och ritningar för att underlätta interaktionerna. I dessa samtal kan ritningar och modeller ses som medierande redskap, artefakter, som innehåller information. Informationen lyfter eleverna fram på olika sätt i interaktion med andra elever. Elevernas uppgift var att skapa en ritning av en lägenhet i skala 1:50 med några få begränsningar, såsom storlek på lägenheten. I övrigt styrde elevernas kreativitet och fantasirikedom ritningens utformning. Modellen konstruerades med ritningen som utgångspunkt i skala 1:1. Med andra ord, en modell i naturlig storlek i förhållande till ritningen. Arbetet med att konstruera en modell kan vara en metod som möjligen bidrar till att elever utvecklar procedurmässig kunskap och förståelse. Samtidigt använder de sig av begreppsmässiga kunskaper i teknik såsom kunskaper om hållbarhet.



Figur 1. En elev i studien arbetar med att konstruera en modell.

Grupperna diskuterade samtidigt, vilket ofta innebar att ljudnivån blev hög och att ljudkvalitén på inspelningarna påverkades negativt. Det medförde i sin tur att jag var tvungen att lyssna genom inspelningarna flera gånger för att på så sätt minska risken för missuppfattningar och misstolkningar. En fördel med att lyssna många gånger var

att utskriften av transkripten blev mer precisa. Det är ett tidskrävande arbete att transkribera inspelningar och dessutom krävs en stor noggrannhet för att elevernas uttalanden ska bli exakta. Jag observerade en viss skillnad i första inspelningen jämfört med den sista då eleverna utvecklat sin förståelse hur presentationerna och inspelningen skulle genomföras på bästa sätt. Det innebar att diskussionerna mellan eleverna blev tydligare och att jag därmed effektivare kunde transkribera diskussionerna. Det visade sig exempelvis då eleverna fördelade ordet mellan varandra mer effektivt i den sista inspelningen än i den första. En ytterligare fördel med att dokumentera diskussionerna var att fler elever kom till tals jämfört med om jag valt helklassamtalen där färre elever och oftast samma elever ges talutrymme i klassrummet. Enligt Goldman, Pea, Barron, och Derry (2014) underlättar videoinspelning analysen av de insamlade uppgifterna, eftersom gester och kroppsspråk, tillsammans med identifikation av eleverna kan vara viktiga. Däremot pekar Goldman et al. (2014) på en nackdel med videoinspelat material genom att det insamlade datamaterialet blir omfattande och att det därför är tidskrävande att transkribera alla inspelningar. Dessutom kan inspelningsutrustningen hämma elevernas aktivitet vid diskussionerna (jmf Bryman, 2008). Vid videoinspelningarna kunde eleverna styra över hur innehållet presenterades samt på vilket sätt och hur de ville vara aktiva. Arbetet med analyser av elevernas diskussioner underlättades genom att jag såg dem interagera och presentera bilder, modeller och ritningar för varandra och kameran. Fokus i transkriptionerna har framförallt legat på de innehållsliga aspekterna, det vill säga vad som sägs snarare än hur det sägs (jmf Holstein och Gubrium, 1995). Båda delstudierna bygger på insamlat datamaterial från videoinspelningar samt på bilder och modeller som eleverna använde vid diskussioner och presentationer.

Avhandlingens två delstudier har analyserats utifrån olika frågeställningar. I båda delstudierna har muntlig kommunikation tillsammans med visuella representationer, såsom bilder och modeller, varit i fokus. Den muntliga kommunikationen vid presentationer och diskussioner har transkriberats från filmobservationer till textbaserat material. Bryman (2008) menar att det är en fördel om personerna som transkriberar har samma erfarenhet och utbildning som dem som genomfört undersökningen. Det insamlade materialet har transkriberats av mig och till de engelska artiklarna har utvalda transkriptioner översatts av en professionell översättare.

Inledningsvis har analyserna handlat om att bearbeta det insamlade datamaterialet genom att undersöka allt inspelat material och därefter upptäcka specifika situationer där eleverna diskuterar tekniska ord och begrepp, som var relevanta för studien. Därefter valdes ett antal transkriptioner ut för vidare analys. Dessa transkriptioner valdes ut för att de på ett representativt sätt motsvarade hela det insamlade datamaterialet. De utvalda transkriptionerna lästes och diskuterades med mina handledare och mina kollegor i forskarskolan. Analysen av de utvalda transkriptionerna bygger på ett sociokulturellt perspektiv där dialoger och samspel är centrala delar för kunskapsutveckling och lärande (Vygotsky 1986; Amhag och Jakobsson, 2009).

I den första delstudien undersöker jag hur eleverna uttrycker begreppsmässig kunskap och kommunicerar teknik med stöd av digitala bilder. Den andra delstudien fokuserar på elevers förmåga att uttrycka och utveckla kunskaper om ny teknik och hållbar utveckling med stöd av egentillverkade modeller i en designaktivitet. De två delstudierna är på detta sätt också relaterade till avhandlingens övergripande forskningsfrågor. Det vill säga fokus ligger på hur elever utvecklar procedurmässig kunskap men även på hur de uttrycker begreppsmässig kunskap. Jag avser att utveckla beskrivningen av resultaten ytterligare längre fram i texten.

Validitet och reliabilitet

Resultaten i studien är av kvalitativ art, vilket medför att generaliserbarheten är begränsad. Det har inte heller varit syftet. Det har istället varit relaterat till att förstå hur elever uttrycker och utvecklar kunskaper och förmågor inom teknikämnet. Däremot ökar generaliserbarheten eftersom avhandlingens resultat kan jämföras med resultat i liknande studier inom området, både nationellt och internationellt. Det innebär att avhandlingen till viss del utvecklat tankar och idéer från tidigare forskning, vilket leder till ökad generaliserbarhet (Denscombe, 2014). Cohen et al. (2013) framhåller att flera fallstudier inom samma område behövs för att resultaten ska kunna betraktas som generaliserbara utanför den undersökta gruppen av elever.

Min bakgrund som tekniklärare samt min syn på kunskap och lärande kan ha påverkat planeringen av aktiviteterna i klassrummet som gjordes tillsammans med undervisande lärare. Mina förkunskaper i teknikämnet innebar att jag kunde vara mer uppmärksam på situationer som kunde uppstå under studiens gång. Enligt Cohen et al. (2013) kan ämneskunskaper i det undersökta ämnet bidra till att forskaren får en utvecklad förståelse för verkligheten i situationen. Denscombe (2014) menar att en fallstudie ger forskaren olika möjligheter att välja ut material för analys, vilket exempelvis innebär att välja ut en skola av alla de skolor som finns. Studien genomfördes på en skola där jag var obekant med de undervisande lärarna och eleverna som ingick i studien. Det innebar att jag inte hade några förkunskaper om elevernas kunskaper i teknikämnet eller om teknikundervisningen lärarna genomfört i klassen.

Det inspelade och insamlade datamaterialet används av mig som forskare och har inte använts av lärarna, exempelvis vid bedömning. Således föreligger det inget beroendeförhållande mellan forskare och deltagarna i den genomförda studien. Jag ansvarar för urvalet av de situationer som representerar det insamlade datamaterialet. Det innebär att jag med min bakgrund och erfarenhet av teknikämnet i grundskolan lägger märke till situationer, som kan vara centrala för att besvara forskningsfrågorna. En person med annan bakgrund skulle med största sannolikhet valt andra delar att fokusera på. Genom att presentera de transkriptioner jag har valt att använda vid analysarbetet ger jag förhoppningsvis andra forskare möjlighet att bedöma tolkningar och kategoriseringar.

Etiska överväganden

Etiska överväganden måste ske i alla stadier av en forskningsstudie. Det innebär att det är viktigt att ställa etiska frågor under hela forskningsprocessen, till exempel vid tematiseringen, planeringen, videoinspelningarna, analysen och rapporteringen (Kvale och Brinkman, 1997). Dessa frågeställningar kan exempelvis utgå från: Vad ska dokumenteras med hjälp av videokamera? Varför? Vem kommer att ha tillgång till datan? Hur kan undersökningen hjälpa eller påverka de medverkande eleverna? Vid genomförandet av föreliggande studie har hänsyn tagits till Vetenskapsrådets etiska forskningsregler (2017). Det innebär att de deltagande eleverna informerades om studien och dess syfte samt om deras roll i denna. I samband med detta fick eleverna möjlighet att ställa frågor direkt till mig som forskare. I enlighet med Vetenskapsrådets (2017) forskningsregler poängterade jag att deras medverkan var frivillig och att de när som helst kunde avbryta sitt deltagande utan förklaring. Jag informerade också på vilket sätt det inspelade materialet skulle användas och förvaras. Eleverna informerades om att det bara var jag som hade tillgång till det insamlade materialet och att de och deras skola kommer att anonymiseras samt att allt material förvaras på säker plats, så att det är praktiskt omöjligt för utomstående att komma åt uppgifterna (Vetenskapsrådet, 2017; Cohen et al., 2013).

Alla elever erbjöds att delta och skriva under ett informationsbrev (bilaga 1), där de gav sitt samtycke till att medverka. Informationen i brevet handlade om inslag som kan tänkas påverka deras villighet att delta i studien. Det var viktigt att eleverna upplevde att de var delaktiga i studien och att de förstod att deras medverkan var värdefull och central eftersom det enbart var eleverna som kunde tillgodose mig med datamaterial som behövdes i delstudierna. Forskare ska, enligt Vetenskapsrådet, inhämta undersökningsdeltagares samtycke. I vissa fall bör samtycke inhämtas från förälder/vårdnadshavare, exempelvis om deltagarna är under 15 år (Vetenskapsrådet, 2017), vilket eleverna i den här studien var. Därför fick eleverna med sig ett brev till sina vårdnadshavare om samtycke (bilaga 2). I brevet fanns information om studien samt kontaktuppgifter till mig och mina handledare. Vårdnadshavare behövde skriva under brevet som ett medgivande att deras barn fick delta i studien. För de elever som av någon anledning inte ville delta i studien, var det viktigt att hen inte skulle finnas med i något inspelat material. Gruppen hen medverkade i genomförde alla uppgifter på samma sätt som övriga grupper, med undantag av att de inte spelades in.

KAPITEL 6 SAMMANFATTNING AV DELSTUDIERNAS RESULTAT

I detta kapitel sammanfattas resultaten från delstudierna. Delstudie ett fokuserar på elevers förmåga att utveckla begreppsmässig kunskap och delstudie två fokuserar på hur elever utvecklar procedurmässig kunskap och teknisk litteracitet.

Resultat delstudie ett - begreppsmässig kunskap

Students' ideas about technological systems interacting with human needs

Huvudsyftet i artikeln "Students' ideas about technological systems interacting with human needs" har varit att undersöka hur elever uttrycker förståelse för tekniska system samt relationerna mellan tekniska system och komponenter (Lind et al., 2019). Med andra ord innebär det hur elever uttrycker en begreppsmässig kunskap i teknikämnet. Enligt McCormick (2004) relaterar begreppsmässig kunskap till innehållet, vilket innebär förståelse för hur saker är sammankopplade och relaterar till varandra. Det kan exempelvis vara att uppfatta artefakter som komponenter i tekniska system. McCormick (2006) framhåller att begreppsmässig kunskap även innefattar förmågan att tänka ut lösningar och använda kunskaper från andra områden. Gamire och Pearson (2006) menar att teknisk kunskap är en kombination av faktakunskaper och begreppsmässiga kunskaper och kan uppfattas som en del av elevernas tekniska litteracitet. Blomdahl och Rogala (2008) argumenterar för att utveckla teknisk medvetenhet, arbeta i problemlösande aktiviteter och kommunicera tankar med stöd av exempelvis en bild är viktiga för att utveckla en teknisk litteracitet. Dessutom inkluderar Blomdahl (2007) i teknisk medvetenhet förståelsen av tekniska begrepp inom ett visst område (till exempel tekniska system).

Det insamlade datamaterialet i delstudie ett synliggjorde elevers tankar om tekniska system och komponenter samt hur dessa är relaterade till varandra. Efter analysen av det insamlade materialet och därefter av de utvalda transkriptionerna, där eleverna presenterade och diskuterade tekniska begrepp, framträdde vissa tydliga mönster. Jag kategoriserade elevernas yttranden och fann att de motsvarade tre olika abstraktionsnivåer, vilket kan jämföras med olika grader av komplexitet när det gäller att förstå olika tekniska systems principer. I det insamlade materialet observerade jag ett relativt stort antal situationer där elever visade kunskaper om begreppen tekniska system och komponenter samt relationerna mellan dessa. Sammanfattningsvis pekar resultaten på att flertalet av eleverna i studien visade förståelse för att tekniska system består av komponenter, att komponenter är del av en helhet och hur tekniska system är uppbyggda. Detta motsvarar förslaget av första abstraktionsnivån (tabell 1).

Tabell 1. Abstraktionsnivå 1

Elevers förståelse av tekniska system och komponenter och relationerna mellan dessa, från Lind et al. (2019) (översatt till svenska).

HUVUDKATEGORI	UNDERKATEGORIER
Tekniska system består av komponenter	Öppna och slutna system (black-boxed) Systemets storlek och komplexitet (från enkelt till mer avancerat) Tekniska system som en komponent i annat tekniskt system
Komponenter som en del av en helhet	Komponenter samverkar för att uppnå en önskad funktion Saknad eller dåligt fungerande komponent förändrar systemet och dess funktion Komponenter som tekniska system
Tekniska systems uppbyggnad	Komponenter uppräddade i linjär struktur Input och output i systemet Komponenter i nättliknande struktur Delsystem och hierarkier

Det fanns en del situationer där elever på olika sätt visade att de inte förstod begreppens innebörd, exempelvis att ett tekniskt system kan vara en komponent i ett annat tekniskt system. Generellt visade eleverna förståelse för kontroll av system, återkoppling, systemgräns, systemets omgivning och sociotekniska system utan att nämna det specifika begreppet vid namn. Dessa begrepp beskriver tekniska system på ett mer avancerat och abstrakt sätt men framförallt syftar de på att sätta in tekniska system i en kontext. Eleverna diskuterade tekniska system utifrån ett innehållsperspektiv utan att nämna exempelvis systemgränsen eller systemets flöde. Ett exempel på detta uppstod vid en gruppdiskussion där eleverna diskuterade om ett batteri är ett tekniskt system eller en komponent utan att nå fram till en gemensam ståndpunkt. Svårigheten ligger här i att ett batteri kan vara både och i olika system. Elevers förståelse av att ett tekniskt system kan vara en komponent i ett annat tekniskt system motsvarar den första abstraktionsnivån (tabell 1). Några elever i studien visade prov på förståelse för systemgränsen, exempelvis när en elev presenterade bilmotorn som en komponent i det

tekniska systemet bilen. Genom att förstå att ett tekniskt system kan vara komponent i ett annat tekniskt system kan det underlätta för elever att förstå ett tekniskt systems principer, till exempel vad systemgräns, systemets omgivning och flöde i systemet betyder. Enligt Svensson (2011a) kan det underlätta elevers förståelse om de utvecklar en vana att betrakta tekniska system och komponenter som relativa begrepp där omgivningen och mänsklig interaktion med systemen måste beskrivas för att man ska kunna bestämma vad det är. Begreppen underlättar för elever att upptäcka och sätta ord på viktiga principer i tekniska system och är således viktiga för undervisning i teknikämnet. Vid en gruppdiskussion diskuterade eleverna cykeln som tekniskt system. I diskussionen använde eleverna inte begreppen systemgräns eller systemets flöde. Däremot kan elevernas uttalanden tolkas som att de har förståelse för begreppen och detta skulle i så fall motsvara förslaget på en andra abstraktionsnivå (tabell 2).

Tabell 2. Abstraktionsnivå 2

Elevers förståelse av tekniska system och komponenter och relationerna mellan dessa

HUVUDKATEGORI
Kontroll av system, feedback, flöde och information
Systemgräns, systemets omgivningar
Sociotekniskt perspektiv

Om eleverna får förutsättningar att lära sig och att använda korrekta termer och begrepp kan de utveckla ett ämnesspecifikt språk i teknik, vilket i sin tur hjälper dem att uttrycka och utveckla förståelse. Elevernas samtal speglar hur förmågan att använda mer precisa ord och begrepp, i den här kontexten, som ett sätt för eleverna att uttrycka och utveckla sin kunskap och sina tankar. Förslaget på den tredje abstraktionsnivån (tabell 3) innebär att elever utvecklar förståelse för tekniska systems samverkan med andra tekniska system i större systemstrukturer, globala tekniska system samt möjligheter och risker med tekniska system. En sådan förståelse är därmed i linje med hur Skolverket (2017a) formulerar innehållet om globala tekniska system.

Tabell 3. Abstraktionsnivå 3

Elevers förståelse av tekniska system och komponenter och relationerna mellan dessa

HUVUDKATEGORI
Samverkan i större system
Globala tekniska system, ex. Internet
Möjligheter och risker med tekniska system

De flesta elever uttryckte på ett tillfredställande sätt att tekniska system består av olika delar, komponenter, och att dessa delar samverkar för att uppnå en önskad funktion hos systemet. I detta sammanhang menar Bjurulf (2011) att det är viktigt att undervisning i teknik inte enbart fokuserar på artefakter och komponenter utan kopplar dem till en större kontext där de uppfyller ett behov, vilket leder till att eleverna

utvecklar sin systemförståelse. Exempelvis genom att eleverna ges tillfällen att diskutera vilka tekniska system och komponenter som är sammankopplade med en dator. Några elever i studien hade svårigheter att koppla samman olika komponenter och förklara hur dessa samverkar i system för att uppnå en eftersträvd funktion (jfr Svensson, 2011a). Till exempel diskuterade eleverna att komponenter är delar i en elektrisk apparat, som i sin tur får andra elektriska apparater att fungera, i samband med att de beskrev batterier som tekniska system. Det kan visa på att elever förstår att tekniska system samverkar i större tekniska system men det behövs fler studier för att bekräfta detta. I analysen av transkriptionerna observerade jag att ingen av eleverna i studien relaterade tekniska system med globala systemstrukturer eller analyserade möjligheter och risker med tekniska system vid diskussionerna. Den tredje abstraktionsnivån lyfts fram som ett utvecklingsområde för undervisning om tekniska system.

Analysen visade ytterligare ett viktigt resultat. Nämligen att de gemensamma diskussionerna och interaktionerna är viktiga för elevers kunskapsutveckling och deras förmåga att utveckla och uttrycka sig om ämnesspecifika begrepp. I några diskussioner nådde eleverna inte fram till en samsyn vad avser definition av begreppen, exempelvis om ett batteri är en komponent eller ett tekniskt system. Däremot synliggjorde diskussionerna elevernas olika perspektiv, vilket möjligen kunde bidra till att utveckla deras medvetenhet och kritiska förhållningssätt till teknik. I studien finns exempel på elever som har svårigheter att uttrycka kunskaper och förståelse för termer och begrepp vid gruppdiskussionerna, till exempel deltog en elev vid samtliga interaktioner utan verbalt deltagande. Däremot visade eleven kunskaper om tekniska system vid den efterföljande skriftliga reflektionen.

Med största sannolikhet utvecklas elevers tekniska medvetenhet och deras begreppsmässiga kunskap genom en medveten undervisning i teknik. Undervisningen kan för det första ge elever exempel på olika typer av tekniska system, från enkla till mer komplexa, exempelvis börja med systemet cykeln och arbeta mot förståelse av det mer komplexa systemet bilen. För det andra kan undervisningen innehålla presentation av begrepp med hjälp av visuella representationer, exempelvis bilder, vilka kan uppmuntra till reflektion och argumentation för att förklara varför den valda bilden på ett tekniskt system är ett tekniskt system. För det tredje kan elevers tankar om tekniska system bli synliggjorda när en egenvald bild presenteras, motiveras och diskuteras tillsammans med klasskamrater. Dessa tre argument syns tydligt i inledningens samtal mellan Billie, Nina och Robyn (sidan 10). De interagerar med varandra och använder bilden som stöd för att nå fram till samsyn i frågan att tekniska system består av komponenter (beståndsdelar) som samverkar för att nå en efterfrågad funktion.

Sammanfattningsvis pekar analysen av resultaten i delstudien på att elever uttrycker och utvecklar förståelse för tekniska system och komponenter samt systems och komponenters inbördes relation vid gruppdiskussioner. Det kan tolkas som att flertalet eleverna utvecklar sin förmåga att analysera och identifiera tekniska lösningar (Skolverket, 2017a), till exempel elevförslaget att cykeln är ett tekniskt system, innehåller mindre delar (komponenter) som samverkar för att uppnå en önskad

funktion. Genom interaktionerna övar flertalet av eleverna också upp förmågan att använda teknikområdets ord och begrepp, vilket gör att de kan uttrycka sig mer exakt när de kommunicerar sina kunskaper. Enligt Skolverket är användandet av teknikområdets begrepp och uttrycksformer en del av teknikämnets syfte (Skolverket, 2017a). När eleverna kommunicerar tankar om ett tekniskt begrepp använder de bilder som stöd för diskussionen men också som stöd för minnet, vilket Blomdahl (2007) menar är ett sätt att utveckla elevernas tekniska litteracitet i grundskolans teknikundervisning. Det medför att den egenvalda bilden blir en central del av diskussionerna eftersom eleverna valt olika bilder och således måste motivera varför de valt just den bilden. Det blir också uppenbart för eleverna att det finns många exempel på tekniska system och komponenter. Analysen av delstudiens resultat klargör att en genomtänkt undervisningsstrategi kan stödja elevers utvecklande av förståelse för tekniska system samt relationerna mellan tekniska system och komponenter. Genom att läraren planerar för interaktioner i klassrummet och i dessa låter eleverna utgå från bilder (som de själva valt) gör att läraren får möjligheter att upptäcka elevers förkunskaper och eventuella missuppfattningar. Dessutom tyder analysen på att när elever, i interaktion med andra elever, förklarar, jämför och motiverar sitt val av bild utvecklar de förståelse för teknik. Detta kan leda till en ökad medvetenhet kring teknikens påverkan på människan och människans möjligheter att påverka tekniken.

Resultat delstudie två - procedurmässig kunskap

Students' ability to express and develop knowledge on future technology through a design activity.

I avhandlingens andra delstudie har huvudsyftet varit att undersöka på vilka sätt elever uttrycker och utvecklar kunskaper om ny teknik genom arbete i en designprocess (Lind et al., 2019 in progress). Middleton (2005) framhåller att praktisk och teoretisk kunskap är sammanvävda i en designprocess. Enligt McCormick (2004) är tekniskt kunnande beroende av sammanhanget och kan delas in i begreppsmässig och procedurmässig kunskap. Williams (2000) lägger till att det är viktigt att elever uppfattar teknik som en helhet och en genomtänkt aktivitet. Med andra ord, inte uppdelad i praktisk och teoretisk kunskap. McCormick (2004) relaterar procedurmässig kunskap till en aktivitet där elever arbetar i en process, exempelvis en designaktivitet där eleverna planerar, designar, tillverkar, reflekterar och presenterar förslag på lösningar på identifierade behov. Han menar att begreppsmässig kunskap kan inbegripa kunskaper om termer och begrepp exempelvis om ny teknik. Under tiden eleverna i delstudien arbetar med att designa en modell är det sannolikt att de utvecklar både procedurmässig och begreppsmässig kunskap.



Figur 2. En elev i studien arbetar med att konstruera en modell efter sin ritning.

Schooner et al. (2017) framhåller att det är centralt att undervisning i teknik ger elever möjligheter att utveckla förmågan att tänka kritiskt när de arbetar i designprocesser och med tekniska system. Analysen av resultaten från delstudie två visar att flertalet av eleverna använder kunskaper i teknik och olika handlingskompetenser när de i en designprocess ska lösa identifierade behov. Det innebär att eleverna innehar förmågan att ta sig an ett problem och lösa det på ett praktiskt sätt, med hjälp av teknik på ett tankemässigt plan (McCormick, 2006). Användandet av olika kompetenser kan ses som procedurmässig kunskap, eftersom dessa kan relateras till en aktivitet (McCormick,

2004) och samtidigt ingår dessa vid lösningen av identifierade behov, exempelvis i frågor som rör framtidens vattenförsörjning. I designaktiviteten använde eleverna olika förmågor genom att undersöka ett initialt behov, finna en lösning samt utvärdera konsekvenser av den valda lösningen, vilket enligt Ingerman och Collier-Reed (2011) är så kallade handlingskompetenser. Ingerman och Collier-Reed (2011) framhåller att handlingskompetenser är förmågan att upptäcka behov, formulera problem, medverka i en teknisk process och analysera konsekvenser. Dessa handlingskompetenser är en del av teknisk litteracitet (Ingerman och Collier-Reed, 2011). Ett exempel på detta är när eleverna diskuterade möjligheten att använda algbatterier som väggar i sina konstruktioner för att spara energi. Gruppens medlemmar diskuterade fördelar och nackdelar med algbatterier och därmed tränade de gemensamt förmågan att värdera olika materials egenskaper. Med andra ord: analyserade de konsekvenser av att använda ett specifikt material samtidigt som materialvalet relaterades till ett hållbarhetsperspektiv. Dessutom visade flertalet av eleverna prov på att ha utvecklat förståelse för användning av ny teknik samt för hållbarhetsfrågor, eftersom de, vid olika tillfällen i gruppdiskussionerna, uttryckte och utvecklade kunskaper om hållbarhet och ny teknik.

En viktig aspekt är att eleverna arbetade i projektform och regelbundet diskuterade och presenterade sina arbeten samt förhandlade och delade med sig av sina kunskaper i gruppen. Detta möjliggjorde reflektion kring olika lösningar och om ny teknik. Därmed erbjöds eleverna möjligheter att fördjupa resonemang samt tydliggöra argument för att motivera en lösning på ett identifierat behov, till exempel användandet av materialet grafen vid framtida dricksvattenförsörjning. I delstudien använde eleverna sina egentillverkade modeller för att synliggöra tankar, kommunicera kunskap samt bidra med förslag på lösningar av identifierade behov. Det kan innebära att modellerna används som medierande redskap, där eleverna applicerat sina kunskaper under arbetets gång. Dessa kunskaper kan senare tillämpas, till exempel när de argumenterar för användningen av ny teknik i sin konstruktion (jfr Säljö, 2000; Schoultz, Säljö och Wyndham, 2001). Sammantaget indikerar det att elever genom en designaktivitet kan utveckla procedurmässig kunskap och samtidigt uttrycka begreppsmässig kunskap.



Figur 3. En elev i studien konstruerar en modell i en designaktivitet.

Analysen av resultaten visar hur användandet av olika handlingskompetenser genereras av att elever arbetar i designprocesser och samtidigt ges tillfällen att integrera ett hållbarhetsperspektiv. Flertalet av eleverna betonar hållbarhetsperspektivet och fokuserar särskilt på vattenförsörjningsproblem och energifrågor. De demonstrerar förståelse för relevanta begrepp och använder dem på ett adekvat sätt i diskussionerna. Hållbarhetsperspektivet är i uppgiften endast implicit uttryckt, vilket innebär att när eleverna uttrycker det kan det indikera att hållbarhetsperspektivet omvandlas till en handlingskompetens. Detta kan tolkas som att eleverna i diskussionerna använder kunskaper för att analysera konsekvenser av materialval i större sammanhang. Dessutom diskuterar och undersöker eleverna tekniska lösningar och använder sina kunskaper för att analysera lösningen utifrån ett hållbarhetsperspektiv. Exempelvis i diskussionen om passivhus där eleverna samtalar om olika lösningar för att spara energi och slutligen når samsyn kring begreppet självförsörjning. I vissa situationer har eleverna inte formulerat argument för sina lösningar innan de presenterar dem. Det synliggörs exempelvis när en elev föreslår vattenkraft som svar på behovet av elektricitet men hen har inte tillräckliga kunskaper för att kunna förklara hur vattenkraft producerar elektricitet. Det indikerar att eleven inte har befäst kunskaperna inom det aktuella området. Däremot implementerar eleven ett hållbarhetsperspektiv i och med att hen använder förnybara energikällor och uttrycker att dessa är miljövänliga. I grupperna tar elever med mer kunskaper ansvar för att föra diskussionerna framåt, genom att ställa frågor av undersökande karaktär, exempelvis ifrågasättandet av grafen som konstruktionsmaterial.

Delstudien resultat pekar på att merparten av eleverna successivt utvecklar delar av en teknisk litteracitet genom att använda både praktiska och teoretiska kunskaper i en designprocess. Elevernas interaktioner är viktiga eftersom eleverna i dessa hanterar designprocessens olika aspekter, nämligen att identifiera ett problem, undersöka, utveckla och utvärdera en lösning på problemet (Middleton, 2005). I studiens designprocess uttryckte eleverna förståelse för tillämpning av ny teknik, till exempel användning av solceller integrerade i fönster. I diskussionerna ges elever möjligheter att ersätta gamla föreställningar mot nya insikter (jfr Christensen, Hjorth, Iversen och Smith, 2018). Ett sådant exempel från elevernas interaktioner är när de diskuterade hur de kunde lösa frågan om dricksvattenförsörjning med hjälp av grafen.

Jonas: ...så hade jag haft grafen som vattensil, för då kan du göra saltvatten till vanligt vatten och det är väldigt bra om det liksom varit i framtiden för att just nu har man idén och håller på att utveckla det...

Grafens egenskaper diskuterades och gruppen fann olika lösningar på dricksvattenproblemet. I diskussionen valde eleverna att spontant implementera hållbarhetsperspektivet i sina modeller och vid några tillfällen använde de ny teknik i större sammanhang, till exempel genom att lyfta in ett miljöperspektiv. Detta kan medföra att eleverna genom att de erhåller nya insikter i ämnet de diskuterar kan

utveckla förslag på nya lösningar. Exempelvis strävade en elev efter att få sin lägenhet miljövänlig och självförsörjande avseende energianvändning.

Alfons: Passivhus

Nina: Det är typ självförsörjande hus i princip...

Alfons: Energisnåla hus alltså

Nina: Ja. [...] det tog tillvara på all energi som annars skulle försvinna...som all sånt spill som kroppsvärme [...] används som el och värme så man behöver inte behöver använda lika mycket el och vatten. Ja...

Det är tydligt att de flesta av eleverna i studien har förmågan att på ett enkelt och i vissa fall utvecklat sätt diskutera, tillämpa kunskap om ny teknik och samtidigt implementera ett hållbarhetsperspektiv vid gruppdiskussionerna. Detta menar jag indikerar att eleverna använder olika handlingskompetenser och att de därmed successivt utvecklar delar av en teknisk litteracitet i interaktion med andra elever.

Jag ser, i likhet med Ingerman och Collier-Reed (2011), att handlingskompetenser är en del av teknisk litteracitet, eftersom elevers medvetenhet om omvärlden ökar genom att de i en specifik situation synliggör sina tankar om teknik (exempelvis ett ifrågasättande av ett uttalande leder gruppen till en reflekterande dialog som bidrar till lösningen av det identifierade behovet). I delstudien visar flertalet av eleverna att de utvecklar förmågan att använda olika handlingskompetenser genom att arbeta i en designprocess, vilket Wells (2012) menar är en del av teknisk litteracitet. Dessutom kan jag konstatera att eleverna i studien använde ny teknik för att lösa ett identifierat behov med hjälp av teknik i en designprocess, vilket, enligt Gamire och Pearson (2006), är en central del av teknisk litteracitet. I delstudien ger eleverna exempel på hur framtidens energiförsörjning kan lösas med hjälp av exempelvis algbatterier, samtidigt som de använder sina egentillverkade modeller som stöd för uttryckandet av tankar, användandet av handlingskompetenser och kunskaper i teknik. Sammanfattningsvis indikerar delstudiens resultat att handlingskompetenser kan relateras till olika förmågor som kan användas i en designprocess (tabell 4).

Sammantaget indikerar resultaten från delstudien att eleverna i studien utvecklar och uttrycker kunskaper och förmågor i en designaktivitet. För det första bidrar designaktiviteten, där elever ges möjlighet att använda olika handlingskompetenser, till att elever successivt utvecklar en teknisk litteracitet. För det andra blir förmodligen elevers tankar om ny teknik och hållbarhetsfrågor mer explicita vid de gemensamma interaktionerna än vad de kan bli vid enskilt arbete. Med andra ord bör läraren medvetet planera för interaktioner som främjar elevers möjligheter att utveckla kommunikativa förmågor, såsom förmågan att identifiera konsekvenser av olika teknikval. För det tredje, kan elever genom att använda egentillverkade artefakter, exempelvis en modell, som stöd vid interaktionerna ges möjligheter att uttrycka och

utveckla förmågan att reflektera, resonera och argumentera. Jag menar att när elever använder kunskaper och förmågor i nya situationer, utan att läraren uttryckligen efterfrågat dessa, visar de på en djupare förståelse. Det kan jämföras med att presentera kunskaperna i en förutbestämd situation där eleverna oftast vet vilka kunskaper och förmågor de ska visa, såsom ett prov eller en labbrapport. På så sätt kan en medveten undervisningsstrategi som inkluderar designaktiviteter, gemensamma interaktioner samt egentillverkade artefakter bidra till att eleverna utvecklar en teknisk litteracitet.

Tabell 4. Designprocessen och handlingskompetenser

Tabellen utgör ett förslag på designprocessens aspekter (Middleton, 2005) i relation till olika handlingskompetenser (Ingerman och Collier-Reed, 2011).

Designprocessen	Handlingskompetenser
Identifiera problem	Upptäcka behov Formulera problem
Undersöka hur problemet kan lösas Utveckla en lösning Tillverka lösningen	Medverka i en teknisk process
Utvärdera lösningen	Analysera konsekvenser

KAPITEL 7 DISKUSSION OCH SLUTSATS

I detta kapitel diskuteras avhandlingens övergripande frågeställning. Resultaten från delstudierna ligger till grund för diskussionen och slutsatserna.

Sammanfattande diskussion om hur elever utvecklar en teknisk litteracitet

Teknisk litteracitet

Enligt Blomdahl (2007) ska grundskolans undervisning i teknikämnet leda till att elever utvecklar teknisk litteracitet. Begreppet teknisk litteracitet förklaras och definieras i litteraturen på olika sätt men jag har valt att definiera teknisk litteracitet med utgångspunkt från några forskare. Det innebär att jag inte avser att ge en heltäckande definition av begreppet utan snarare försöker koppla forskningslitteratur till läroplanen (Lgr11) och teknikämnets syfte. I Lgr 11 sammanfattas teknikämnets syfte i följande förmågor: eleverna ska kunna identifiera och analysera tekniska lösningar, identifiera behov och problem samt förstå hur dessa kan lösas med hjälp av teknik. Dessutom ska eleverna kunna analysera drivkrafter bakom teknikutvecklingen, använda teknikområdets begrepp samt värdera konsekvenser av olika teknikval (Skolverket, 2017a). Sjöberg (2013) föreslår att undervisningen kan utgå från tekniska förmågor för att eleverna dessutom ska ges möjligheter att utveckla sin tekniska kompetens.

I analysen av elevernas arbeten i föreliggande studie har det blivit tydligt att de successivt utvecklar en teknisk litteracitet i samarbete med andra, vilket svarar mot avhandlingens huvudsakliga syfte om elever utvecklar teknisk litteracitet inom ett projektarbete. Samarbete mellan eleverna består i hög grad av olika typer av interaktioner i grupp, med bilder eller modeller som stöd vid diskussionerna. Analysen synliggör dessutom att dessa bilder och modeller stimulerar elevernas förmåga att tänka kreativt, reflexivt och kritiskt. Det visar sig, i flertalet av de gruppdiskussioner jag analyserat, att elevernas användning av bilder eller modeller utgör ett avgörande steg i

kommunikationen mellan eleverna och blir en viktig källa för deras lärande i teknikundervisningen i denna studie (Blomdahl, 2007; Sjöberg, 2013). Exempelvis lyfter en grupp elever in en tankegång från datorspelet Minecraft (om en aldrig sinande källa av vatten i ett hus), där elevernas gemensamma strävan att hitta användning för ny teknik (grafen) tycks stimulera deras fantasi och kreativitet i och med att eleverna tillåts hämta inspiration utanför den vanliga skolkontexten. I exemplet kommunicerar eleverna idéer om vattenförsörjning på ett lekfullt sätt från datorspelet med modellen som stöd vid interaktionen samtidigt som gruppen fokuserar på att identifiera en lösning på vattenförsörjning i sin egen modell. Eleverna pekar på sin lägenhetsmodell och gestikulerar samtidigt som de diskuterar hur grafen kan hjälpa dem att lösa behovet de identifierat. Detta indikerar att elevernas interaktion och samspel också möjliggör en utveckling av deras språkliga förmåga under ett projektarbete i teknik. Ny teknik kan uppfattas som för svår för elever i grundskolan men resultaten i studien pekar på att elever i årskurs 8 både uttrycker och utvecklar kunskaper om ny teknik i ett projektarbete i teknik. Eleverna resonerar och diskuterar om kunskaper om ny teknik, exempelvis passivhus, grafen och algbatterier.

I flera av grupperna bygger eleverna vidare på varandras tankar och kunskaper genom att lyssna och fortsätta andras resonemang. Ett exempel på detta är när några elever försöker konkretisera för varandra vad en komponent är, i relation till tekniska system. Ifrågasättandet av definitionen av en komponent gör att eleverna i gruppen måste förklara på olika sätt så att alla elever i gruppen förstår. Även här använder eleverna kunskaper i teknik på olika sätt för att hitta en förklaring som svarar på frågan vad en komponent egentligen är. Problemet för dem utgörs i detta fall av att en och samma beståndsdel kan vara komponent i ett tekniskt system samtidigt som den i sig är ett tekniskt system. I gruppen använder och kommunicerar flera elever kunskaper i teknik, vilket enligt Blomdahl och Rogala (2008) är en del av att utveckla en teknisk litteracitet. Dessutom visar flertalet av eleverna, i båda delstudierna, prov på att de behärskar användandet av termer och begrepp i diskussioner med klasskamrater på ett relevant sätt. Flertalet av eleverna visar dessutom att de kan utveckla förmågan att kombinera faktakunskaper med ny begreppsmässig förståelse, vilket utgör en del av en teknisk litteracitet (Gamire och Pearson, 2006). Vid interaktionerna hjälps eleverna oftast åt att fördjupa resonemangen kring de ämnesspecifika begreppen som exempelvis tekniska system och komponenter. Hallström (2018) framhåller att kunskaper som berör tekniska system kan anses vara en del av en teknisk litteracitet. Detta svarar mot avhandlingens andra forskningsfråga, på vilka sätt elever utvecklar teknisk litteracitet inom ett projektarbete i teknik. Samtidigt finns situationer där eleverna enbart presenterar faktakunskaper för varandra utan att ifrågasätta information eller fördjupa diskussionerna. Ett exempel på detta är när eleverna i en grupp presenterar förnybara energikällor. Eleverna har förvisso ett miljöfokus vid presentationen men samtalet verkar inte leda till fördjupade kunskaper om förnybara energikällor utan bekräftar enbart det som de redan visste.

Emellertid väljer flertalet av eleverna i studien att föra in ett hållbarhetsperspektiv i interaktionerna, vilket kan bidra till att de gemensamt i gruppen utvecklar förmågan att kritiskt förhålla sig till teknik och teknikutveckling. De diskuterar framför allt användningen av förnybara energikällor samtidigt som de dessutom ger ny teknik utrymme i interaktionerna (exempelvis algbatteriets användningsområde). Genom att lyfta fram hållbarhetsperspektivet och tankar om ny teknik verkar det som att eleverna utvecklar sin förmåga till kritiskt tänkande, vilket kan ses som ytterligare en aspekt av teknisk litteracitet (Keirl, 2006; Gamire och Pearson, 2006). Hållbarhetsperspektivet ingår inte uttryckligen i uppgiften, vilket innebär att de på eget initiativ lyfter fram miljöfrågor för att motivera olika val i sina egentillverkade modeller. I förlängningen kan detta bidra till att eleverna utvecklar förmågan att analysera och värdera konsekvenser av olika tekniska lösningar (Skolverket, 2017a). Exempelvis diskuterar några elevgrupper frågan om självförsörjning vad gäller energi i framtiden.

Analysen visar också att läraren har en viktig roll att spela om eleverna ska ges tillfällen att utveckla en teknisk litteracitet. Läraren ger stöd i lärandeprocessen genom att tillföra begreppsliga och språkliga resurser och därmed hjälpa eleverna, med de resurser språket har, att förklara och förstå sin omvärld så att deras förmåga att agera i den utvecklas. Det kan innebära att planera och organisera arbetet så att eleverna ges möjligheter att gemensamt uttrycka och utveckla termer och begrepp. Studiens resultat ger stöd åt att ett praktiskt arbete tillsammans med teoretisk input på detta sätt främjar elevernas successiva utveckling av teknisk litteracitet genom att eleverna övar upp förmågan att uttrycka sig vetenskapligt korrekt. Läraren kan, genom teoretisk input, också uppmärksamma eleverna på ny teknik (exempelvis nanoteknik) och låta deras tankar och funderingar styra innehållet i deras interaktioner, till exempel kring risker och möjligheter med nanoteknik.

Ett projektarbete som inkluderar en designaktivitet är exempel på en undervisningsaktivitet som kan innehålla både praktiskt och teoretiskt arbete och därmed ge eleverna möjligheter att utveckla både begreppsmässig och procedurmässig kunskap (McCormick, 2004). I det sammanhanget framhåller Hill (1998) att elever som arbetar i en autentisk designprocess utvecklar både sin procedurmässiga och begreppsmässiga kunskap (till exempel att konstruera ritningar och modeller av en lägenhet). McCormick (2004) framhåller att detta kan bidra till att eleverna utvecklar en teknisk kunskap, vilket innebär att eleverna tillförskaffar sig kunskaper som ger dem möjligheter att påverka och förändra samhällsutvecklingen. Det gäller särskilt där teknik är involverad, vilket i sin tur kan definieras som att eleverna utvecklar en teknisk litteracitet (Hallström, 2014). Dessutom kan arbete i designprocesser ge eleverna tillfällen att föra in egna tankar om samspelet mellan teknik, människa och miljö i gruppdiskussionerna och gemensamt resonera kring hållbarhetsfrågor. Sjöberg (2013) menar att eleverna får möjligheter att utveckla sin tekniska kompetens genom att de förstår och arbetar utifrån etiska perspektiv.

Resultaten från denna studie indikerar också att flertalet av eleverna genom interaktion uttrycker och utvecklar förmågor som motsvarar det som Ingerman och

Collier-Reed (2011) benämner som ”handlingskompetenser”. Därför kan läraren planera för olika interaktioner i klassrummet. Det bidrar till att ge eleverna förutsättningar att utveckla teknisk medvetenhet, vad gäller kunskaper om begrepp i teknik och samspelet mellan teknik, människa och miljö (Dysthe, 2003). Det kan innebära att eleverna arbetar med att identifiera behov och därefter arbetar fram förslag på lösningar som motsvarar behovet (till exempel frågan om framtidens energiförsörjning). Följaktligen analyserar eleverna konsekvenser av den tekniska lösningen samtidigt som de diskuterar sådant som fördelar och nackdelar med algbatteri, vilket utgör del av designprocessen och av begreppet handlingskompetenser (Middleton, 2005; Ingerman och Collier-Reed, 2011).

Elevernas språkanvändning är en central del av projektarbetet och studien, som möjliggör att eleverna konstruerar kunskap gemensamt i ett specifikt sammanhang (Dysthe, 2003). Enligt Mortimer och Scott (2003) innebär det att den meningsskapande processen kan ske både på ett socialt och på ett individuellt plan. Eleverna i studien visar prov på att de i gruppdiskussionerna uttrycker förståelse för termer och begrepp inom teknikämnet, vilket kan medföra att de utvecklar ett nytt ämnesspråk i teknik. Både Gibbons (2010) och Yawson (2012) framhåller språkets betydelse för att utveckla en teknisk litteracitet. Eleverna i studien utvecklar delar av en teknisk litteracitet genom att de kommunicerar och interagerar kunskaper i teknik i olika situationer (Dysthe, 2003), vilket svarar på avhandlingens andra forskningsfråga. I studien ges eleverna återkommande möjligheter att verbalt uttrycka kunskap och förståelse för teknik i olika sammanhang såsom i gruppdiskussioner och praktiskt arbete. Framtidens tekniska litteracitet måste på detta sätt vara personlig och socialt flexibel eftersom det är viktigt att människor är medvetna om olika perspektiv när de ska fatta teknikrelaterade beslut i ett föränderligt samhälle (Compton, 2013). Studien indikerar att många unga människor är engagerade i framtidens samhälle på olika sätt och att de är på god väg att utveckla en framtida teknisk litteracitet, som innebär att de innehar förmågorna att utveckla och använda kompetenser och kunskaper i teknik i olika sammanhang.

Tekniska system och komponenter

Analysen i den första delstudien visar att eleverna i studien kombinerar faktakunskaper med begreppsmässig förståelse inom ett område (till exempel att komponenter samverkar för att uppnå en eftersträvd funktion). Begreppsmässig förståelse kommer till uttryck, till exempel när eleverna diskuterar om ett batteri är ett tekniskt system, en komponent eller om batteriet kan vara båda delarna. Diskussionen i gruppen är intressant eftersom eleverna diskuterar en artefakt (batteriet) utifrån två olika begrepp.

Henry: Ett batteri måste ju vara en komponent...

Freddy: Ja det är det...

Elmore: Nä...

Jonas: Men jag spelar inte...

Freddy: Klart det är...

Elmore: Jag tycker att det är ett tekniskt system, batteriet...

Freddy: Jag har faktiskt ingen aning...

Läraren: Hur går det?

Freddy: Jag fattar inte vad en komponent är.

Henry: Det är nåt som driver nåt...jag vet inte...det är nåt som man ...inte ett tekniskt system...

Freddy: Det är nåt som man använder i ett tekniskt system...

Jonas: Det är en byggdel...det är en byggdel i ett tekniskt system...

Elmore: Komponenter är olika sorters delar i elektriska apparater som får apparaten att fungera...

Freddy: Ja men det beskriver ju fortfarande inte vad det är liksom...

Jonas: Jo.

Freddy: Men det beskriver ju... det blir ju inte i detalj...man fattar ju ändå inte vad det är. Man fattar att de driver ett elektriskt, det kan man bara fatta om man läser, man fattar inte vad en komponent i sig själv är ändå...

I ovanstående exempel når eleverna inte fram till en samsyn däremot leder diskussionen dem mot en fördjupad förståelse av begreppet tekniska system då några av eleverna blir tvungna att förklara hur de definierar en komponent. I analysen framkommer också att flertalet elever i studien visar grundläggande förståelse för begreppen tekniska system och komponenter och använder dessutom denna förståelse på ett relevant sätt i diskussionerna. Elevernas uttalanden motsvarade olika grader av komplexitet när det gäller att förstå olika tekniska systems principer. Det innebar att jag kunde kategorisera elevernas yttranden i tre olika abstraktionsnivåer (Lind et al., 2019). Abstraktionsnivå ett innebär att eleverna i studien visar förståelse för att tekniska system består av

komponenter, att komponenter är en del av en helhet och hur tekniska system är uppbyggda (exempelvis några av eleverna tänker sig komponenter i en rad för att nå efterfrågad funktion såsom vindkraft – elledning - dator). Dessutom beskriver eleverna tekniska system utifrån om systemet är öppet (komponenterna i systemet är synliga) eller slutet (black-boxed). Black-boxed (Latour, 1999) innebär att input och output i systemet är synliga men processen i systemet är osynlig (Compton och France, 2007). I detta sammanhang framhåller Blomdahl (2007) att teknisk medvetenhet innehåller förståelse av tekniska begrepp (exempelvis tekniska system) samtidigt som det är en del av teknisk litteracitet.

Merparten av eleverna i studien uttrycker förståelse för tekniska system som enligt analysen i den första artikeln motsvarar abstraktionsnivå två. Abstraktionsnivå två innebär att elever uttrycker förståelse på en högre abstraktionsnivå än abstraktionsnivå ett, vilket betyder att eleverna visar förståelse för kontroll av system (exempelvis flöde i systemet), för systemgränsen (systemets avgränsning mot dess omgivning) och för att tekniska system kan ses som sociotekniska system. Sociotekniska system karaktäriseras genom att människan är en del av systemet genom att skapa, sköta, använda och underhålla systemet och fokuserar således på interaktionen mellan människa och teknik (Bijker et al., 1993; Ingelstam, 2012). Begreppen på abstraktionsnivå två beskriver tekniska system på ett mer avancerat och abstrakt sätt men framför allt syftar de till att sätta in tekniska system i en kontext. I några grupper diskuterar eleverna system på abstraktionsnivå två dock utan att nämna de specifika begreppen vid namn. Till exempel en elevs beskrivning av cykeln som ett tekniskt system där analysen visar att han har förståelse för kontroll av systemet och människans deltagande för att få systemet att fungera (sociotekniskt perspektiv). Svensson (2011b) framhåller att tekniska system är både tekniska och sociala konstruktioner. Det innebär att människan är involverad i de tekniska systemen antingen som användare eller som länkar mellan olika komponenter. Följande citat illustrerar hur Magnus ser människan som en viktig del för att systemet ska fungera som det är tänkt.

Magnus: [...] när man drar på pedalen så drar du igång ett kugghjul som drar igång en kedja och kedjan drar igång då eh... kugghjulet som sitter på hjulet som gör att det börjar snurra och så får man fart.

Ingen av eleverna i studien når till abstraktionsnivå tre. Det kan bero på att eleverna inte har presenterats för det faktum att tekniska system samverkar med andra tekniska system i större sammanhang (till exempel Internet) och på vilka sätt de samverkar i olika nätverk. Det här är sammankopplat med förståelsen att globala tekniska system har en nätliknande struktur där komponenter samverkar på annat sätt i en linjär struktur. Det är också väsentligt att förstå att stora tekniska system är en del av samhällsutvecklingen exempelvis transportsystemen (Hallström, 2011b). Ett exempel på detta är mobiltelefonnätet, som är ett avancerat stort sociotekniskt system, där komponenterna i systemet är sammankopplade på många olika sätt. Stora tekniska

system innebär emellertid både risker och möjligheter. Risker i form av säkerhet i systemen (exempelvis människors integritet) och möjligheter i form av många tillfällen till kommunikation och informationshämtning (exempelvis via sociala medier). Jag menar att en undervisning som med tydligare fokus på begrepp, exempelvis flöde av information i systemet, kan ge eleverna tillfällen att utveckla förståelsen för att en del tekniska system är uppbyggda i en nätliknande struktur. Följer man flödet av information i ett system så kan det synliggöras för eleverna hur stora tekniska system är uppbyggda samt hur de är sammankopplade med andra tekniska system. Den tredje abstraktionsnivå ska ses som ett utvecklingsområde för undervisning om tekniska system (Lind et al., 2019).

Jag framhåller att elevernas uttalande visar att de har förståelse för begreppen tekniska system och komponenter men att de behöver stöd (exempelvis av läraren) för att vidareutveckla sin begreppsmässiga förståelse. Detta svarar delvis mot avhandlingens första forskningsfråga, hur elever uttrycker och utvecklar kunskaper inom tekniska system. Genom stöd från läraren kan elevernas utvecklande av ett nytt ämnesspråk möjliggöras, vilket i sin tur kan leda till fördjupade kunskaper i teknikämnet och därmed stödja utvecklandet av en teknisk litteracitet (Gibbons, 2010; Yawson, 2012). Ett exempel på detta är när eleverna diskuterar om ett batteri är ett tekniskt system eller en komponent där flera liknande förslag kan synliggöra komponenter som tekniska system (exempelvis elevförslaget bilmotorn som komponent i det tekniska systemet bilen). En utmaning för läraren är att möjliggöra för eleverna att utveckla förståelse för olika systemnivåer av tekniska system, såsom elektricitetens distributionssystem i jämförelse med elsystemet i en lägenhet (Hallström, 2011b).

Sammanfattningsvis hävdar jag att genom att ge eleverna möjligheter att utveckla ett vetenskapligt språk ges de förutsättningar att fördjupa sina kunskaper i teknikämnet. Här är lärarens roll viktig eftersom läraren planerar och strukturerar interaktionerna i klassrummet. Interaktionerna bör bygga på elevernas samarbete, diskussioner och reflektioner. Dessutom bör tala, lyssna, läsa och skriva också ingå i strukturen för interaktioner i klassrummet. Däremot uppfattar jag att det är centralt att interaktionerna hålls utifrån öppna frågeställningar (exempelvis presenterandet av egentillverkade artefakter eller modeller) för att elevernas förmåga att tänka kreativt ökar och möjligen utvecklas förmågan tillsammans med andra. Värt att framhålla är också att elevernas medvetenhet kring tekniska termer och begrepp ökar genom ett projektarbete med interaktioner som central del av arbetet.

Tekniska designprocesser

Carlberg (2013) framhåller att konstruktionsarbetet av färdiga produkter i Lgr 11 kan relateras till designprocesser, vilket sätter tänkandet och skissandet framför den praktiska konstruktionen av en teknisk lösning. En designprocess olika aspekter i teknikämnet skulle därmed kunna jämföras med teknikutvecklingsarbetets olika faser

(Middleton, 2005; Skolverket, 2017a). Detta medför att när elever arbetar i en designaktivitet ges de förutsättningar att utveckla några av teknikämnets förmågor såsom att identifiera behov som kan tillgodoses med hjälp av teknik och värdera konsekvenser av olika teknikval (Skolverket, 2017a). Jag uppfattar att delar av teknikämnets så kallade *förmågor*, som de beskrivs i läroplanen, motsvarar designprocessens aspekter (Skolverket, 2017a; Middleton, 2005). Med utgångspunkt i Lgr 11 kan jag konstatera att genom att arbeta i en designprocess får elever möjligheter att utveckla delar av teknikämnets huvudsakliga syfte, exempelvis att ”identifiera problem och behov som kan lösas med teknik och utarbeta förslag till lösningar” (Skolverket, 2017a).

Analysen av den andra delstudiens resultat indikerar att elever under en designaktivitet i teknik utvecklar olika kunskapsformer. I analysen observerade jag att flertalet av eleverna, genom arbete i en designaktivitet, utvecklar sin förmåga att använda teknisk kunskap, både procedurmässig och begreppsmässig. Flertalet av eleverna i studien kommunicerar och utvecklar en begreppsmässig förståelse av ny teknik och tekniska system. I det här sammanhanget kan en praktisk designaktivitet ge elever möjligheter att diskutera tekniska lösningar (exempelvis fönster med inbyggda solceller eller tekniska system) och därmed tillfällen att integrera olika typer av kunskaper och förmågor, vilket kan leda till att de utvecklar förmågor att använda kunskaper och att undersöka specifika frågeställningar. Jag menar att merparten av eleverna dessutom utvecklar en förmåga att använda olika handlingskompetenser i situationer som uppstår i en klassrumskontext. Ett exempel på detta är när eleverna i en grupp resonerar kring användningen av grafen som fönster i sina lägenhetsmodeller. Deras slutsats blir att grafen kan användas för att rena vatten eftersom det släpper genom vatten, vilket innebär att smutsen i vattnet stannar kvar på utsidan av fönstret. Grafen kan användas för att skapa filter som filtrerar bort kemikalier, lösta ämnen, salter och olika föroreningar såsom bekämpningsmedel. Det kan möjliggöra vattenfilter som kan användas för att omvandla vatten, från vilken källa som helst, så att vi kan dricka det (Bird, 2018).

Kanye: Du kan ha grafen som fönster...

Robyn: Jaha men då regnar det in...

Kanye: Ja just det för det är...ja just det...

Robyn: Man blandar med något annat...

Kim: Men det gör det ju om du har väggar som grafen...

Robyn: Jo jag har tak som det ska...

Kim: Så det regnar in...

Robyn: Ja men då kan jag få vatten för då regnar det in i grafen sen har vi ...vi säger att här är tak...ja vanligt och sen är grafenet och så kan det gå in alltså genom grafen så har jag filterat ut det dåliga vattnet...

Olof: Ah!

Robyn: Så kan man dricka vattnet.

I interaktionen undersöker eleverna gemensamt materialet grafens egenskaper och försöker använda grafen på ett kreativt sätt i sina modeller, samtidigt som eleverna får tillfälle att utveckla förståelse för ett begrepp. De egentillverkade modellerna kan här ses som ett stöd för elevernas möjligheter att verbalt kommunicera tankar om grafen i gruppen, vilket ger dem möjligheter till lärande och utveckling (Dysthe, 2003; Säljö, 2000). Dessutom utvecklar de procedurmässig kunskap och förmågan att använda olika handlingskompetenser genom arbete i en designprocess (exempelvis identifierandet av olika behov såsom dricksvattenförsörjning). Om jag summerar dessa resultat så svarar det mot avhandlingens första frågeställning, huruvida elever uttrycker och utvecklar kunskaper inom tekniska system (från delstudie 1) och designprocesser.

Några elever i studien uppvisar svårigheter när det gäller att ta sig an uppgiften (exempelvis vid muntliga presentationer) och deltar inte aktivt vid interaktionerna eller vid konstruerandet av modeller. Däremot presenterar de kunskaper och förmågor som indikerar att de trots det har deltagit på ett för dem aktivt sätt (exempelvis genom skriftlig reflektion). Det innebär att deras inre tankeprocess förmodligen har påverkats av det sociala sammanhanget det befunnit sig i (Mortimer och Scott, 2003). Dessutom uppstår en risk att designprocesser enbart hamnar i ett praktiskt görande eller tillverkande av artefakter, vilket teknikundervisningen i hög utsträckning tidigare byggt på (Klasander, 2010). Ett exempel på detta är när elever vid interaktionerna enbart presenterar modellen utan att kommunicera tankar om olika tekniska lösningar (exempelvis om hållbarhet eller ny teknik). Det är av betydelse att läraren planerar och förbereder undervisningen så att alla elever ges förutsättningar och möjligheter att uttrycka och utveckla kunskaper i teknik. Det kan innebära att eleverna vid olika tillfällen får visa sin förståelse i teknikämnet, exempelvis genom skriftlig enskild redovisning. I den här studien fanns också elever, som av olika anledningar, inte kom till tals i grupperna och därmed var mindre aktiva. Det är en central fråga för skolan generellt hur man arbetar med dessa elever. De får inte glömmas bort. Emellertid kunde de visa sin förståelse genom skriftliga reflektioner, som avslutade varje vecka, vilket de också gjorde. I analysen noterade jag även att några elever hämmades i sitt arbete eftersom de jämförde sina ritningar och modeller med övriga klasskamrater. Det förekom både vid praktiskt arbete och vid de planerade interaktionerna i grupp (exempelvis elever blev ifrågasatta för att deras modell inte var färdigbyggd). Det kan ha medfört att elever, som inte fann trygghet i gruppen, därmed inte gavs möjligheter att utveckla förståelse av teknik gemensamt med de övriga i gruppen. Däremot kan inre

tankeprocesser förekomma även hos de mindre socialt aktiva eleverna. Således kommunikativa processer förekommer både i sociala sammanhang men också på ett individuellt plan (Mortimer och Scott, 2003).

Eleverna reflekterar och dokumenterar sina idéer i designprocessen genom att konstruera ritningar och modeller. Dessutom uttrycker och utvecklar eleverna sin förståelse för teknik genom att använda verbal kommunikation i grupp med stöd av bilder eller modeller (Dysthe, 2003). Således kan elevers interaktioner fokuseras genom medveten reflektion inriktad mot exempelvis tekniska system, hållbarhetsfrågor och användandet av nya material. Det kan i sin tur bidra till att elever samtidigt som de lär sig om framtida material kan utveckla förståelse för effekten av tillverkningen och användningen av dessa, exempelvis vid konstruktion av passivhus. På så sätt kan reflektionen bidra till att elever utvecklar ett etiskt förhållningssätt till design (Keirl, 2018) och därmed ges förutsättningar att bli mer aktiva i etiska samtal kring nya tekniska lösningar. Under projektarbetet är det också möjligt att upptäcka att relativt många av eleverna utvecklar sin förmåga till kritiskt och etiskt förhållningssätt, vilket, enligt Keirl (2006), måste vara en central del av teknisk litteracitet. Ett exempel på detta är när en grupp i studien diskuterar självförsörjning vad avser energianvändning där gruppen inriktar sig på miljöfrågor och hållbarhet. Det är av betydelse att designprocesserna i klassrummet ligger nära elevernas vardag och deras verklighet eftersom det bidrar till kreativa tankeprocesser. Det innebär ett teknikämne som blir relevant och synliggjort för eleverna. Med andra ord en teknikundervisning som gör den osynliga moderna tekniken påtaglig och konkret (Klasander, 2010).

Sammanfattningsvis menar jag att arbete i designprocesser med fokus på tekniska system och ny teknik har stora möjligheter att utveckla teknikämnet och därmed ge elever goda förutsättningar att uppnå en större förståelse för teknik i samhället. I designprocessen arbetar eleverna i en tillämpad situation, som inkluderar och integrerar teoretisk kunskap i en praktisk uppgift (exempelvis i en lägenhetsmodell). Analysen indikerar att elever, i studien, i början av arbetet enbart definierar och identifierar termer och begrepp, med andra ord de berättar om begreppen utan förklaring för övriga medlemmar i gruppen. Till exempel framhåller eleverna att ett hus behöver elektricitet, för att det ska fungera som tänkt, utan att närmare förklara varför.

Billie: Mitt hus behöver el och vatten och en toalett...

Därefter tycks det som att flera elever gemensamt fördjupar resonemangen kring tekniska begrepp (exempelvis nanoteknik) och då på ett utförligare sätt förklarar begreppen och i vissa fall relaterar och jämför olika begrepp med varandra (exempelvis tekniska system och komponenter).

Chris: Jag hade haft nanoteknik i fönster så de kunde reglera värmen av sig själv...

När eleven har nått denna förmåga att förklara, relatera och jämföra, och därefter förflyttat sig vidare mot förmågan att reflektera, utvärdera och generalisera kunskaper och förmågor innebär det att eleven kan använda kunskaperna i nya kontexter. I analysen av elevernas uttalanden i den här studien konstaterar jag att eleverna uttrycker olika kunskapskvaliteter där de förflyttar sig från enkla förklaringar till mer sammansatta resonemang. Exempelvis när gruppen i det ovanstående excerpt resonerar kring användandet av grafen som vattenreningsfilter. Några av eleverna visar dessutom prov på att nå kunskapskvaliteter där kunskaperna och förmågorna i teknik blir generella och därmed användbara i nya situationer, såsom Robyn i ovanstående gruppdiskussion. Detta skulle möjligen indikera att eleverna har utvecklat en teknisk litteracitet. Därtill noterar jag att det inte handlar om en statisk förflyttning mellan olika kunskapskvaliteter utan en flexibel förflyttning, vilket medför att eleverna förflyttar sig mellan olika kunskapskvaliteterna beroende på kontexten. I det här sammanhanget konstaterar jag att designprocesser möjligen kan skrivas ut tydligare i läroplanen då ett utvecklingsarbete i teknik, som tidigare beskrivits, innehåller designprocessens aspekter (Skolverket, 2017a; Middleton, 2005). Förutom detta ska, enligt Skolverket (2017a), teknikundervisning ge eleverna tillfällen att förflytta sig från enkla påståenden mot fördjupade resonemang, som dessutom är underbyggda med kunskaper i teknik. I min studie visar analysen, av elevernas interaktioner, att arbete i designprocesser kan främja en sådan utveckling. Dessutom skulle designprocesser möjligen kunna bidra till tydliga ämnesövergripande kopplingar mellan olika skolämnens kursplaner, till exempel mellan teknik, slöjd och bild. Ett exempel på detta är uppgiften, att konstruera en framtida lägenhet, som jag har undersökt. Där arbetar eleverna både med begreppsmässig kunskap och med procedurmässig förståelse samtidigt. Som exemplet i denna studie visar kan arbetet involvera planering, design och konstruktion av modeller samt olika former av interaktioner. Genom ämnesövergripande arbete skulle eleverna kunna förstå tekniken i större sammanhang och dessutom skulle deras möjligheter att utveckla fördjupade resonemang kunna stärkas ytterligare.

Teknikämnet i förändring

Teknikämnet har förändrats genom de senaste läroplanerna. Från att ha varit ett ämne som var inriktat mot industriyrkesutbildningar mot ett ämne som är för alla elever i grundskolan (Skolinspektionen, 2014). I de tidigare läroplanerna är ämnet framförallt fokuserat på kunskaper hur maskiner ska handhas och mindre på hur de kopplas samman med andra maskiner i system. Dessutom låg ämnets fokus mer på mekanik, tekniska ritningar och materialkunskap än på kunskaper om tekniska system (Hallström et al., 2014). Dagens teknikämne har numera istället en tydlig koppling till samhället och därmed ett tydligt samhällsperspektiv (Carlberg, 2013). Skolverket uttrycker det som att kunskapsområdet ”Teknik, människa, samhälle och miljö”

relaterar till teknikens roll i samhället och anknyter dessutom till teknikens konsekvenser för människa, samhälle och natur (Skolverket, 2017b). Denna skrivning gör det också tydligt att kunskapsområdet teknik både anknyter till det naturvetenskapliga och det samhällsvetenskapliga ämnesområdet. Här går det också att uppfatta att kunskaper om tekniska lösningar (exempelvis kunskaper om tekniska system) och ett systemperspektiv kan bidra till att förståelsen för samhällets uppbyggnad fördjupas.

Min utbildning vid forskarskolan CSiS (Communicate Science in School) har syftat till att ”identifiera hur naturvetenskaplig kommunikation i olika sammanhang och miljöer kan vara ett hinder eller ett stöd för elevers intresse och förståelse”. Föreliggande avhandling undersöker hur elever (år 8) kommunicerar kunskaper och förmågor inom tekniska system och designprocesser samt hur de utvecklar teknisk litteracitet under ett projektarbete i teknik. Teknisk litteracitet innebär att eleverna kan agera på ett medvetet sätt vad gäller beslut kring tekniska lösningar, vilket i sin tur medför att eleverna måste ha kunskaper i teknik som de har förutsättningar att använda i nya sammanhang. På så sätt kan avhandlingen ses som ett bidrag till en utökad förståelse för elevers uppfattningar och intresse av teknik.

Enligt läroplanen ska teknikämnet i grundskolan ge elever förutsättningar att utveckla förståelse för ny teknik. Genom att integrera framtidens teknik, såsom passivhus, grafen och nanoteknik, i undervisningen kan teknikämnet dessutom vara ämnet som förblir modernt och relevant. Målsättningen kan därmed vara att sträva mot att integrera landvinningar inom andra vetenskapsområden i studier om tekniska system och designarbeten. Ett viktigt resultat i studien är att arbete i projekt synliggör att elever i årskurs 8 kan integrera framtidens avancerade teknik i sina egentillverkade modeller. Exempelvis använder flera elever i studien materialet grafen på ett innovativt sätt genom att utnyttja dess egenskaper. Flertalet elever i studien uppvisar förmågan att analysera konsekvenser av teknikval utifrån ett hållbarhetsperspektiv. Det indikerar att teknikundervisningen kan bidra till att elever utvecklar ett kritiskt förhållningssätt. I det sammanhanget kan det nämnas att det är viktigt att teknikundervisningen också formas utifrån ett kritiskt förhållningssätt till teknik eftersom teknikämnet inte är neutralt utan kan ses som ideologiskt. Det vill säga att de beslut som ligger bakom grundskolans läroplan är fattade av riksdagen utifrån ett visst sammanhang och med ett visst syfte (exempelvis att samhället vill ha fler teknikutbildade individer). Dessutom innebär det att medan vi arbetar med att förändra världen så innebär det att vi själva också förändras, vilket i förlängningen medför att individerna anpassar sig efter tekniken och tekniken anpassas efter individerna.

Teknikämnets samhällsperspektiv tillsammans med ämnets hållbarhetsperspektiv är betydelsefulla förhållningssätt i ett modernt teknikämne. Eleverna i studien uttrycker förståelse för att identifiera problem eller behov (till exempel dricksvattenförsörjning), att undersöka olika lösningar och att utveckla en teknisk lösning till det identifierade problemet (till exempel grafen som vattenrening). I delstudie två visar analysen att eleverna dessutom att de utvecklar sin begreppsliga förmåga, till exempel genom att

diskutera energifrågor utifrån algbatterier som energikälla. Dessa förmågor kan kopplas till två av teknikämnet syften: ”identifiera problem och behov som kan lösas med teknik och utarbeta förslag till lösningar” och ”värdera konsekvenser av olika teknikval för individ, samhälle och miljö” (Skolverket, 2017a). Förutom detta analyserar merparten av eleverna konsekvenser av en vald teknisk lösning, vilket i vissa situationer innebär att eleverna väljer att implementera ett hållbarhetsperspektiv i diskussionerna.

Avslutningsvis menar jag att avhandlingen kan ses som ett bidrag till diskussionen om utvecklingen av teknikundervisningen, i synnerhet vad gäller att föra in strukturerade interaktioner och diskussioner om tekniska system, framtida material och hållbar utveckling i klassrummen. Dessutom indikerar resultaten att ett mer medvetet förhållningssätt till arbete i tekniska designprocesser kan bidra till att utveckla teknikundervisningen och därmed ge elever ökade möjligheter att förbättra förmågan att resonera i teknik och sålunda utveckla en teknisk litteracitet. Dessutom kan en undervisning som bidrar till att stärka förmågan att uppfatta teknik genom tekniska system och designprocesser med hållbarhetsfrågor i fokus bidra till att elever uppfattar värdet av både sin egen roll och kollektivets betydelse för lösning av internationella frågeställningar, inte minst gäller detta frågor om klimatet och den globala uppvärmningen.

English summary

Students understanding of technological systems and design processes
- *It is technical, quite difficult and advanced*

Introduction

Today's complex technological society depends on technologically literate citizens, who can make well-informed decisions and thereby become more active citizens. Technological literacy demands competences and knowledge in technology so that one may act in a responsible way in situations where technology is involved (Pearson and Young, 2002). Technological literacy can be described as understanding of technological processes and systems and the ability to make informed decisions connected to technology (cf. Ingerman and Collier-Reed, 2011; Blomdahl, 2007; Hallström et. al, 2014; Potter, 2013).

Technology plays a significant role in our way of living, thinking and acting and we need to understand the technology that surrounds us and shapes the surrounding world. Klasander (2010) argues that humans use technology and technological systems on a daily basis without reflecting on how the days would look if these were not working. Our abilities to reflect, analyse and discuss technological solutions with a

sustainability perspective can be seen as another component of technological literacy (Hallström, 2011a). One of the challenges of today's society is to develop designs that contribute to sustainable development and solutions to global needs. Working with design processes and developing an understanding of them could possibly promote a sustainability perspective if humans' wellbeing and environment are taken into account (Thorpe, 2008).

This study investigates how interactions and dialogues among students aged 13-14 could affect their learning of technological concepts, ability to develop a verbal subject language as well as develop technological literacy. In the study, the students have used images that they have chosen themselves and self-designed 3D models. By exploring and describing how students express and develop abilities and knowledge in technology, I will be able to discuss their gradual development of technological literacy during a design activity. The study is based on a socio-cultural perspective, which entails that interactions are important for both the individual and the group's learning and knowledge development. I strive for a practical focus, which can facilitate the work of creating an understanding of how students gradually develop a technological literacy.

The overall research questions are:

- How do students express and develop knowledge and abilities within technological systems and design processes?
- In what ways do students develop technological literacy during a project work?

This thesis is primarily based on two articles, which jointly contribute to answering the overall research questions. Both articles focus on verbal communication together with visual representations, such as images or models.

Background: Technological literacy

Technological literacy requires that individuals develop the ability to see technology in society from different perspectives (Mahboubi, 2012; Ingerman and Collier-Reed, 2011). Gamire and Pearson (2006) emphasize that the purpose of developing a technological literacy is to enable people to participate consciously in society. The International Technology Education Association [ITEA] (2007), defines the concept of technological literacy as the ability to use, manage, understand and reflect on technology. In order to develop technological literacy, Ingerman and Collier-Reed (2013) propose meaningful and, if possible, authentic activities in the classroom with a clear purpose.

How can technological literacy be made visible in compulsory school? Blomdahl (2007) emphasizes three central parts: to develop knowledge of technology (e.g. knowledge about technological systems), the ability to work in projects (e.g. working in design activities) as well as the ability to communicate thoughts using different techniques, such as drawings, models, images, discussions and writing (Blomdahl and Rogala, 2008).

Ingelstam (2012) and Bjurulf (2011) describe technological systems as interacting components and the relations between them, where the components form new units with new functions. Hallström et al. (2018) note that technological systems consist of several interacting components and the components together form a complex technological solution. Svensson, Zetterqvist and Ingerman (2012) emphasize that technological systems can be described as a process with input and output, as an object with components that interact to achieve a desired function. In this context, the concept of *black box* is important since it enables investigations of complicated technological systems and the development of a deeper system understanding (Compton and France, 2007). A black box can be considered as a component in a technological system, with its own inputs and outputs and an invisible process. Thus, the input and output of the system are visible whereas the processes within the system may be invisible.

Technological systems can also be described as different networks that affect each other in different ways, such as roads, traffic rules, car drivers, cars and gas stations, which makes it possible to move from one place to another (Svensson et al. 2012). Furthermore, the concept of sociotechnological systems signify that humans are part of technological systems, for example as an engineer, technician, economist or user of the system (Bijker, Hughes and Pinch, 1993).

Several researchers point out that design is one of the most important activities in technology education in school, and understanding of design is thus central to developing technological literacy (Cajas, 2002; Frederik et al., 2011; Potter, 2013). Design activities and development work in technology can be seen as closely linked (Williams et al., 2012). Thorpe (2008) emphasizes the importance of design to enable sustainable development by developing processes that take human well-being into consideration, as well as environmental, cultural and economic conditions.

The design process often includes visual three-dimensional experiments (e.g. models) as well as the testing of different thoughts that eventually lead to a finished product (Thorpe, 2008). Accordingly, Williams et al. (2012) state that the design process, which leads to a design, actually is a variety of processes that are creative in different ways. Middleton (2005) asserts that the design process includes these aspects: identifying a problem, undertaking research, developing solutions, producing solutions and evaluating solutions. Furthermore, Potter (2013) explains the design process as a method that can be used to give students opportunities to achieve the abilities and competencies that are required in the curriculum.

Method

During four weeks the students (age 13-14) participated in a technology project work, that involved the construction of an apartment as a future accommodation. The project included planning, designing, and reflecting while constructing a model, as well as

presenting it to fellow students in a group interaction. During the classroom work, the students received instructions from the teacher, that supported them in their language and development of knowledge within the technology subject. The classroom work also included discussions, presentations, watching movies and listening to lectures. In that way students and teachers communicated technology in different ways during the project. The project work combined conceptual knowledge and procedural understanding (McCormick, 2004). Within the project the students explored subject-related words and concepts and communicated this knowledge in small-group interactions with support of their images or models. In the small-group interactions, the students could use images that they themselves have chosen and self-designed models to support interactions and dialogues. These interactions were video recorded, transcribed and analysed.

The first article of the thesis, focuses on students' abilities to communicate and develop knowledge about technological system and components. At the beginning of each week the students received words and concepts that were the focus of the week. At the end of the week they should present the concept alongside images in a group interaction. During the week they looked for explanations to the concepts and at the same time searched for images that described the concept. An important part involved discussions and presentations of technological concepts together with the chosen image. The purpose of this approach was to improve students' ability to develop conceptual knowledge together with fellow students. Examples of concepts the students work with were technological systems, components and nanotechnology.

The second article focuses the design activity, itself, which entailed a procedural part of the project. It required discussions and reflections on technological solutions in their self-made 3D model together with fellow students. In their reflections on technological solutions they applied knowledge on future technology as well as a sustainability perspective, and used their models to facilitate the interactions. In this way, the models could be looked upon as mediating tools, artefacts that contain information (Björklund, 2005; Säljö, 2000). The students could use the information in different ways in interaction with other students.

Results

In the first article we found a relatively large number of situations where students express knowledge about technological systems and components and the relations between them. For example, when a student describes a bike as a technological system where the components cooperate, which makes the bike work.

Magnus: [...] when you turn the pedal, you start a cog, which starts the chain, which starts the cog, which is sitting on the wheel, which makes it spin and that's really how you gain speed...

[...] a component is part of a technological system. Like, for example, my bike where the wheel is a component.

On the other hand, some situations indicate students difficulties explaining and understanding or realising concepts, theories, and relationships regarding technological systems. An example of this was when a group of students discussed whether a battery is a component or a technological system. In this discussion different perspectives aroused regarding whether batteries can be counted as components or as complete technological systems. The conclusion that something can be both a component in a system and a system in itself never appeared in the discussion. In general, the students demonstrate conceptual knowledge and understanding in group interactions. The results could be structured in three different levels of abstraction. The levels of abstraction showed how students express and communicate thoughts about the concepts of technological systems and components in different ways. The main categories, of the first level of abstraction, understood by a large fraction of the students, are that technological systems consist of components, that a component is a part of a whole, and, finally, the structures of the technological systems. The second level consists of concepts and principles that students discussed only implicitly (e.g. the sociotechnological perspective) and the third level comprises concepts and principles that none of the students mentioned at any time during the study. For example, none of the students mentioned or related to the terms 'system boundaries' or 'system flow' at any time during the discussions. (Lind et al., 2019).

The results in the second article indicate that a design activity could promote students expressing and developing knowledge on future technology and sustainability issues, as they add aspects of these in the group interactions. It has become clear during the analysis that a majority of the students can discuss technological systems and future technology in the interactions, in quite an elaborate way, as well as apply their knowledge. The results imply that the students use factual knowledge in a simple manner at the beginning of the interactions. It seems likely that the students use the knowledge learned from the teacher. For example, students present technological solutions for each other without actually reflecting on the solutions. However, we note that during group interactions most students develop generalized knowledge of technology, for example, when the students discuss how graphene can function as a water purification filter (Lind et al., 2019 in progress).

Robyn: Yeah but then I can get water when it rains on graphene and then we have ... Let's say that here is the roof ... yeah normal like and then the graphene and it can go through the graphene and so I have filtered away the bad water.

[...] So you can drink the water...

The main results, in the present thesis, indicate that a majority of the students, to some extent, express and develop technological knowledge as well as an emerging technological literacy in interaction with fellow students, models and classroom inputs.

Discussion and conclusions

The overall purpose of this study has been to explore to what extent students can manage to develop technological literacy by working in a technology project.

In conclusion, I observe that working in design activities give the students opportunities to achieve a wider understanding of technology in relation to society, individuals and environment, which probably promote their development of technological literacy. Designing a model could be a method that possibly contributes to students' development of procedural knowledge and understanding in technology. At the same time, the students use conceptual knowledge in technology, for example knowledge of sustainability issues. A second conclusion is that joint discussions have been of value for their technological literacy development and ability to express themselves about technological systems, future technology and sustainability.

Students develop competences as they negotiate and share knowledge within a group. Technological literacy is more than just conceptual knowledge: it is also a question of applying the knowledge to new situations. The students in the study discuss advantages and disadvantages as well as demonstrate the ability to evaluate properties of a particular material and relating it to a sustainability perspective. This indicates that students could develop technological literacy during a carefully thought-out design activity, with theoretical input and discussions alongside practical work. In addition, the design activity could help advance students' development of technological literacy as they identify a need, undertake research, develop, evaluate and produce solutions during their work with a model. In conclusion, we argue that students can develop a deeper level of understanding by expressing and using generalized knowledge in a design process rather than by just learning the factual knowledge and communicating it. This in turn could elaborate students' technological literacy and thereby provide them with useful knowledge to be part of and act in a technology-intensive world, which is one of the main intentions in the Swedish technology syllabus (Skolverket, 2017a).

A brief summary of the results consists of knowledge on students' ideas on technological systems as well as their ability to express and develop knowledge on future technology and sustainability in group interactions. Together this offers a perspective on how students in this context develop technological literacy. I assert that as students integrate knowledge verbally in their models, it could be associated with undertaking research on a specific topic, such as the properties of nanotechnology. In addition, they articulate arguments, for example, assert advantages and disadvantages for a specific solution. For example, a student reflects his view of how passive houses work, by listing various technological solutions (solar cells and thick walls). Thus, it is possible to

assume that the interactions promote students' thoughts about sustainability and future technology.

A conscious teaching strategy was found to promote students' development of technological literacy. Students' thoughts and ideas on technological systems, future technology and sustainability became explicit in the joint discussions. Their interactions with support of images or 3D models enabled reflection and argumentation. Finally, the interaction in a design activity led to the gradual development of a technological literacy. Increased awareness of students' development of technological literacy could have a positive impact on technology education, which this study aims contributing to.

REFERENSER

- Ackoff, R. (2018). A lifetime of systems thinking. The systems thinker. Hämtat 2018-11-12 från <https://thesystemsthinker.com/a-lifetime-of-systems-thinking/>
- Amhag, L., & Jakobsson, A. (2009). Collaborative learning as a collective competence when students use the potential of meaning in asynchronous dialogues. *Computers & education*, 52(3), 656–667. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.11.012>
- Baker, D., Lewis, E., Purzer, S., Watts, N. B., Perkins, G., Uysal, S., Wong, S., Beard, R., & Lang, M. (2009). The Communication in Science Inquiry Project (CISIP): A Project to Enhance Scientific Literacy through the Creation of Science Classroom Discourse Communities. *International journal of environmental and science education*, 4(3), 259–274. Hämtat 2018-11-12 från <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1118&context=teachlearnfacpub>
- Barak, M., & Zadok, Y. (2007). *The role of reflection in a technological activity*. Presenterad på PATT-18 Pupils Attitudes Towards Technology International Conference on Design and Technology education research, Glasgow. Hämtat 2018-11-02 från <https://pupilsattitudestowardstechnology.files.wordpress.com/2007/06/fullprog-23-53b.pdf>
- Barak, M., & Zadok, Y. (2009). Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving. *International journal of technology and design education*. 19(3), 289–307. <https://doi.org/10.1007/s10798-007-9043-3>
- Barlex, D. (2006). Pedagogy to promote reflection and understanding in school technology-courses. I Dakers, J. (Ed.). *Defining technological literacy. Towards an epistemological framework*. (s. 179–196). New York: Palgrave Macmillan.
- Barlex, D. (2011). Dear Minister, this is why design and technology is a very important subject in the school curriculum. *Design and Technology Education: An International Journal*, 16(3), 1–10. Hämtat 2018-11-12 från <https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/1660>
- Barton, D., & Hamilton, M. (2012). *Local Literacies: Reading and Writing in One Community*. London: Routledge.

- Best, M. (2018). Problem-based learning in technology education. I de Vries, M. J. (Ed.). *Handbook of technology education*. (s. 489–503). Dordrecht: Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-44687-5>
- Bijker, W. E., Hughes, T., & Pinch, T. (Eds.). (1993). *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*. London: The MIT Press.
- Bird, J. (2018). Graphene filters change the economics of clean water. Tight mesh removes chemicals, solutes, salts and compounds such as pesticides. *Financial Times*. January 8, 2018. Hämtat 2019-03-05 från <https://www.ft.com/content/d768030e-d8ec-11e7-9504-59efdb70e12f>
- Birgerstam, P. (2000). *Skapande handling - om idéernas födelse*. Lund; Studentlitteratur.
- Bjurulf, V. (2011). *Teknikdidaktik – Vad, hur och varför?*. Riga: Norstedts.
- Björkholm, E. (2015). *Konstruktioner som fungerar. En studie av teknikkunnande i de tidiga skolåren*. Stockholms Universitet: Malmö.
- Björklund, L. (2005). Addressing modern technology: a system approach. I Lindström, L. (Ed.). *Technology education in new perspectives. Research, assessment and curriculum development. Festschrift for Witold Rogala*. (s. 161–174). Stockholm; HLS-förlag.
- Blomdahl, E. (2007). *Technological Literacy – What is that?*. Presenterad på PATT-18 Pupils Attitudes Towards Technology International Conference on Design and Technology education research, Glasgow. Hämtat 2018-11-02 från <https://pupilsattitudestowardstechnology.files.wordpress.com/2007/06/fullprog-21a.pdf>
- Blomdahl, E. (2011). Vad är teknik? I Gyberg, P. & Hallström, J. (Eds.). *Världens gång – teknikens utveckling: Om samspelet mellan teknik, människa och samhälle*. (s. 29–39). Lund: Studentlitteratur.
- Blomdahl, E., & Rogala, W. (2008). Technology in compulsory school – Why? What? How?. *Design and Technology Education: An International Journal*, 13(1). Hämtad 2019-01-12 från https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/Journal_13.1_0208_RES2
- Bryman, A. (2008). *Samhällsvetenskapliga metoder*. Liber: Stockholm.
- Cajas, F. (2002). The Role of Research in Improving Learning Technological Concepts and Skills: The Context of Technological Literacy. *International journal of technology and design education*, 12(3), 175–188. <https://doi.org/10.1023/A:1020212801249>
- Carlberg, I. (2013). Huruom teknik kom att skiljas från naturvetenskap i ”skola för bildning”. I Hallström, J., & Klasander, C. (Eds.). *Ginners teknikdidaktiska handbok. Några teser om teknik, skola och samhälle*. (s. 115–127). Linköping: CETIS.
- Christensen, K. S., Hjorth, M., Iversen, O. S., & Smith, R. C. (2018). Understanding design literacy in middle-school education: assessing students’ stances towards inquiry. *International journal of technology and design education*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9459-y>

- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2013). *Research methods in education*. New York: Routledge.
- Collier-Reed, B. (2006). *Pupils' experiences of technology. Exploring dimensions of technological literacy*. Washington DC: The National Academic Press.
- Compton, V., & France, B. (2007). *Redefining Technological Literacy in New Zealand: From concepts to curriculum constructs*. Presenterad på PATT-18 Pupils Attitudes Towards Technology International Conference on Design and Technology education research, Glasgow. Hämtat 2018-11-02 från <https://pupilsattitudestowardstechnology.files.wordpress.com/2007/06/fullprog-23-53b.pdf>
- Compton, V., Compton, A., & Patterson, M. (2012). *Reading technological artefacts: does technology education help?*. Presenterad på PATT-26 Pupils Attitudes Towards Technology International Conference on Design and Technology education research, Stockholm. Hämtat 2018-11-06 från <http://liu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A533285&dsid=7051>
- Compton, V. (2013). Developing technological literacy: a long and winding road. I Hallström, J. & Klasander, C. (Eds.). *Ginners teknikdidaktiska handbok. Några teser om teknik, skola och samhälle*. (s. 137–154). Linköping: CETIS.
- Dakers, J. R. (2006). *Defining technological literacy. Towards an epistemological framework*. New York; Palgrave Macmillan.
- Denscombe, M. (2014). *The Good Research Guide: For Small-scale Research Projects*. Maidenhead, Berkshire: McGraw-Hill Education.
- De Vries, M. J. (2005). *Teaching about technology - An introduction to the philosophy of technology for non-philosophers*. Dordrecht: Science & technology Education Library, Springer.
- De Vries, M. J. (2013). Understanding technology: structure and function. I Hallström, J., & Klasander, C. (Eds.). *Ginners teknikdidaktiska handbok. Några teser om teknik, skola och samhälle*. (s. 156–166). Linköping: CETIS.
- Dugger, W. E. (2001). Phase III technology for all Americans project: creating assessment, professional development, and program standards for technological literacy. *Technology teacher*, 60(4), 27–31. Hämtad 2019-01-13 från <https://www.iteea.org/File.aspx?id=49450>
- Durant, J. (1994). What is scientific literacy?. *European Review*, 2(1), 83–89. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1062798700000922>
- Dusek, V. (2006). *Philosophy of Technology: An Introduction*. Malden: Blackwell Publishing.
- Dysthe, O. (2003). Sociokulturella teoriperspektiv på kunskap och lärande. I Dysthe, O. (Ed.). *Dialog, samspel och lärande*. (s. 31–74). Oslo: Studentlitteratur.
- Ellegård, K., & Gyberg, P. (2011). Teknik och vardag. I Gyberg, P. & Hallström, J. (Eds.). *Världens gång – teknikens utveckling: Om samspelet mellan teknik, människa och samhälle*. (s. 235–241). Lund: Studentlitteratur.

- Elvstrand, H., Hallström, J., & Hellberg, K. (2018). Vad är teknik? Pedagogers uppfattningar om och erfarenheter av teknik och teknikundervisning i förskolan. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, 14(1), 37–53. DOI: 10.5617/nordina.2670
- Frederik, I., Sonneveld, W., & de Vries, M. J. (2011). Teaching and learning the nature of technical artifacts. *International journal of technology and design education*, 21(3), 277–290. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-010-9119-3>
- Gagel, C. W. (2006). Towards an authentic technological literacy. *Journal of industrial teacher education*, 43(4). Hämtad 2018-11-12 från: <https://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JITE/v43n4/gagel.html>
- Gamire, E., & Pearson, G. (Eds.). (2006). *Tech Tally: approaches to assessing technological literacy*. Committee on assessing technological literacy; National Academy of Engineering; National Research Council. Washington DC: National Academy Press.
- Gibbons, P. (2010). *Lyft språket. Lyft tänkandet. Språk och lärande*. Hallgren & Fallgren: Stockholm.
- Ginner, T. (2007). Törs vi tala om teknisk bildning? Tekniken i skolan. Nyhetsbrev för teknikämnet i förskola och skola. 13(4), 1–3. Linköping: CETIS. Hämtat 2019-01-13 från https://liu.se/cetis/nyhetsbrev/pdf_nyhetsbrev/2007_nr4.pdf
- Ginner, T., & Hallström, J. (2011). Teknik i skolan. I Gyberg, P. & Hallström, J. (Eds.). *Världens gång – teknikens utveckling: Om samspelet mellan teknik, människa och samhälle*. (s. 25–27). Lund: Studentlitteratur.
- Goldman, R., Pea, R., Barron, B., & Derry, S. J. (Eds.). (2014). *Video research in the learning sciences*. New York: Routledge.
- Gyberg, P., & Hallström, J. (2011a). *Världens gång – teknikens utveckling*. Lund: Studentlitteratur.
- Gyberg, P., & Hallström, J. (2011b). Teknik och mediering. I Gyberg, P., & Hallström, J. (Eds.). *Världens gång – teknikens utveckling: Om samspelet mellan teknik, människa och samhälle*. (s. 311–316). Lund: Studentlitteratur.
- Hagberg, J-E. (2011). Att lära i teknikens rum och landskap. En metadidaktisk betraktelse. I Gyberg, P., & Hallström, J. (Eds.). *Världens gång – teknikens utveckling: Om samspelet mellan teknik, människa och samhälle*. (s. 41–60). Lund: Studentlitteratur.
- Hallström, J. (2011a). Teknik som allmänbildning: Lärdomar av ingenjörers syn på teknisk kunskap under 1920-talet. I Gyberg, P., & Hallström, J. (Eds.). *Världens gång – teknikens utveckling: Om samspelet mellan teknik, människa och samhälle*. (s. 61–75). Lund: Studentlitteratur.
- Hallström, J. (2011b). Systemteori och teknik. En introduktion till stora tekniska system. I Gyberg, P., & Hallström, J. (Eds.). *Världens gång – teknikens utveckling: Om samspelet mellan teknik, människa och samhälle*. (s. 99–117). Lund: Studentlitteratur.
- Hallström, J. (2018). Ett forskningsfält i tillväxt. Teman i svensk teknikdidaktisk forskning. I Stolpe, K., Höst, G., & Hallström, J. (Eds.). *Teknikdidaktisk forskning för lärare. Bidrag från en forskningsmiljö*. (s. 77–93). NATDID: Linköping.

- 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(2), 121–139. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-013-9252-x>
- Hallström, J., & Klasander, C. (2013). Technology education for systems thinking and sustainability: What Swedish pre-service technology teacher students know about technological systems. I Williams, P. J., & Gedera, D. (Eds.). *PATT 27 technology education for the future: A play on sustainability: Christchurch New Zealand 2–6 December 2013*. Hamilton: New Zealand University of Waikato.
- 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(3), 387–405. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-016-9356-1>
- Hallström, J., Klasander, C., & Schooner, P. (2018). Definiera systemgränsen, bortom systemhorisonten. Teknikdidaktiska utmaningar för utmaningar för undervisning om tekniska system. I Stolpe, K., Höst, G., & Hallström, J. (Eds.) *Teknikdidaktisk forskning för lärare. Bidrag från en forskningsmiljö*. (s. 63–74). NATDID: Linköping.
- Hayden, M. A. (1989). What is technological literacy?. *Bulletin of Science Technology and Society*, 9, 228–233. Hämtad 2019-02-11 från <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/027046768900900304>
- Hill, A. M. (1998). Problem Solving in Real-Life Contexts: An Alternative for Design in Technology Education. *International journal of technology and design education*, 8(3), 203–220. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008854926028>
- Hill, A. M., & Elshof, L. (2007). *Sustainable practices as an aspect of technological literacy: research findings from secondary school teachers' and their classrooms*. Presenterad på PATT-18 Pupils Attitudes Towards Technology, International Conference on Design and Technology education research, Glasgow. Hämtad 2018-11-02 från <https://pupilsattitudestowardstechnology.files.wordpress.com/2007/06/fullprog-23-53b.pdf>
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2009). The Meaning of Scientific Literacy. *International journal of environmental & science education*. 4 (3), 275–288. Hämtad 2019-02-21 från <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ884397.pdf>
- Holstein, J. A., & Gubrium, J. F. (1995). *The active interview*. Thousand Oaks, Calif.: Sage
- Hughes, T. P. (1993). The evolution of large technological systems. I Bijker, W. E., Hughes, T., & Pinch, T. (Eds.). *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*. (s. 51–82). London: The MIT Press.
- Ingelstam, L. (2012). *System – Att tänka över samhälle och teknik*. Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Ingerman, Å. (2009). Kunskaper, engagemang och handling. I Ingerman, Å., Wagner, K., & Axelsson, A-S. (Eds.). *På spaning efter teknisk bildning*. (s. 26–42). Stockholm; Liber.

- Ingerman, Å., & Collier-Reed, B. (2011). Technological literacy reconsidered: a model for enactment. *International journal of technology and design education*, 21(2), 137–148. DOI: 10.1007/s10798-009-9108-6
- Ingerman, Å., & Collier-Reed, B. (2013). *Technological literacy and reflection in the classroom*. Conference paper presented at the 15th biennial EARLI conference for research on learning and instruction, Munich, Germany. Hämtat 2018-11-06 från <https://core.ac.uk/download/pdf/29054385.pdf>
- Jakobsson, A. (2012). Sociokulturella perspektiv på lärande och utveckling. Lärande som begreppsmässig precisering och koordinering. *Pedagogisk forskning i Sverige*, 17(3–4), 152–170. ISSN 1401–6788. Hämtat 2019-01-13 från http://muep.mau.se/bitstream/handle/2043/15890/sociokulturella_perspektiv.pdf?se
- Jones, P. (1997). *Cultural constructs of technology: a different paradigm for technological literacy*. Conference paper IDATER 1997. Loughborough: Loughborough University. Hämtat 2018-11-05 från <https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/bitstream/2134/1455/1/jones97.pdf>
- Kahn, R., & Kellner, D. (2005). Reconstructing technoliteracy: a multiple literacies approach. *E-learning*, 2(3), 238–251. Hämtad 2019-02-11 från <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.2304/elea.2005.2.3.4>
- Keirl, S. (2006). Ethical technological literacy as democratic curriculum keystone. I Dakers, J. (Ed.). *Defining technological literacy. Towards an epistemological framework*. (s. 81–102). New York: Palgrave Macmillan.
- Keirl, S. (2009). Seeing Technology Through Five Phases: A theoretical framing to articulate holism, ethics and critique in, and for, technological literacy. *Design and Technology Education: An International Journal*, 14(3). Hämtad 2018-11-27 från <https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/1274/1239>
- Keirl, S. (2012). *Technology Education as 'controversy celebrated' in the cause of democratic education*. Konferensbidrag PATT 26 Conference; Technology Education in the 21st Century; Stockholm; Sweden; 26-30 June; 2012. Linköpings University electronic press: Linköping. Hämtad 2018-11-27 från <http://www.ep.liu.se/ecp/073/028/ecp12073028.pdf>
- Keirl, S. (2018), Social and Ethical Issues in Technology Education: Section Introduction. I de Vries, M. J. (Ed.). *Handbook of Technology Education*. (s. 803–806). Dordrecht: Springer.
- Klasander, C. (2010). *Talet om tekniska system – förväntningar, traditioner och skolverkligheter*. Norrköping: FontD Linköpings Universitet.
- Klasander, C. (2017). *Människan och tekniken 1. Lärportalen Skolverket*. Hämtad 2018-10-30 från https://larportalen.skolverket.se/LarportalenAPI/api-v2/document/path/larportalen/material/inriktningar/7-teknik/Grundskola/701-Teknik-forandring-och-dess-konsekvenser-arskurs_1-

3/del_04/Material/Flik/Del_04_MomentA/Artiklar/NT2_1-3_04_01_A_forandring.docx

- Klasander, C. (2018). *200 timmar i Teknik!. Cetus nyhetsbrev*. (Nr 1 2018). Hämtat från <https://liu.se/cetus/nyhetsbrev/2018-1-200-timmar-teknik.shtml>
- Koski, M. I., & de Vries, M. (2013). An exploratory study on how primary pupils approach systems. *International journal of technology and design education*, 23(4), 835–848. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-013-9234-z>
- Kroes, P. (2002). Design methodology and the nature of technical artefacts. *Design studies*, 23(3), 287–302. Hämtat 2019-01-13 från http://www.nomads.usp.br/documentos/textos/design_mobiliarios_objetos/arq_textos/KROES_Design_methodology.pdf
- Kroes, P., Franssen, M., van de Poel, I., & Ottens, M. (2006). Treating socio-technical systems as engineering systems: some conceptual problems. *Systems research and behavioral science Syst. Res.*, 23(6), 803–814. DOI: 10.1002/sres.703
- Kvale, S., & Brinkman, S. (1997). *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Lund; Studentlitteratur.
- Latour, B. (1999). *Pandora's hope: essays on the reality of science studies*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Lind, J., Pelger, S., & Jakobsson, A. (2019). Students' ideas about technological systems interacting with human needs. *International journal of technology and design education*. 29(2), 263–282. DOI: 10.1007/s10798-018-9449-0
- Lind, J., Pelger, S., & Jakobsson, A. (2019). Students' ability to express and develop knowledge on future technology and sustainability through a design activity. (in progress)
- Lunds Universitet. (2018). Nanoteknik. Hämtad 2018-12-23 från <https://www.lu.se/forskning/starka-forskningsmiljoer/nanoforskning>
- Mahboubi, H. (2012). *Visioner och emfaser i naturvetenskaplig undervisning. En kvalitativ studie om hur en lärare uttrycker ambitioner kring naturvetenskaplig undervisning och hur dessa tar sig uttryck i praktiken*. Stockholm: Stockholm Universitet, Institutionen för matematikämnet och naturvetenskapsämnenas didaktik. Hämtat 2019-01-13 från <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:536637/FULLTEXT01.pdf>
- Martin, A. (2017). Skissprocessen – en del av lärandet. I Häggström, M., & Örtregren, H. (Eds.). *Visuell kunskap för multimodalt lärande*. (s. 183–193). Lund: Studentlitteratur.
- Mattson, G. (2009). Teknikämnet tar plats i grundskolan. I Ingerman, Å., Wagner, K., & Axelsson, A-S. (Eds.). *På spaning efter teknisk bildning*. (s. 188–206). Stockholm: Liber.
- Mawson, W. B. (2013). Emergent technological literacy: what do children bring to school? *International journal of technology and design education*, 23(2), 443–453. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-011-9188-y>

- McCormick, R. (2004). Issues of learning and knowledge in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 14(1), 21–44. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:ITDE.0000007359.81781.7c>
- McCormick, R. (2006). Technology and knowledge: contribution from learning theories. I Dakers, J. (Ed.). *Defining technological literacy. Towards an epistemological framework*. (s. 31–48). New York: Palgrave Macmillan.
- Mehrotra, S., Khunyakari, R., Chunawala, S., & Natarajan, C. (2007). *Using pictures and interviews to elicit Indian students' understanding of technology*. Presenterad på PATT-18 Pupils Attitudes Towards Technology International Conference on Design and Technology education research, Glasgow. Hämtat 2018-11-05 från <https://pupilsattitudestowardstechnology.files.wordpress.com/2007/06/fullprog-21a.pdf>
- Mercer, N. (2000). *The guided construction of knowledge. Talk amongst teachers and learners*. Clevedon: Multilingual Matters Ltd.
- Michael, M. (2006). How to understand mundane technology: new ways of thinking about human-technology relations. I Dakers, J. (Ed.). *Defining technological literacy. Towards an epistemological framework*. (s. 49–63). New York: Palgrave Macmillan.
- Middleton, H. (2005). Creative thinking, values and design and technology education. *International journal of technology and design education*, 15(1), 61–71. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-004-6199-y>
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-008-9075-3>
- Mitcham, C. (1994). *Thinking through technology. The path between engineering and philosophy*. Chicago and London: The university of Chicago press.
- Mitcham, C. (2001). Philosophizing About Technology: Why Should We Bother? Hämtat 2019-01-13 från <http://ethix.org/2001/06/01/philosophizing-about-technology-why-should-we-bother>
- Mortimer, E. F., & Scott, H. P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Philadelphia; Open university press.
- Nash, J. B. (2018) Leading Information Technology via Design Thinking. I Voogt J., Knezek G., Christensen R., & Lai K. W. (Eds). (s. 543–548). *Second Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*. Springer International Handbooks of Education. Springer: Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-71054-9_109
- Nationalencyklopedin. (2019). Teknik. Hämtad 2019-02-22 från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/teknik>
- Nia, G. M., & de Vries, M. J. (2016). 'Standards' on the bench: Do standards for technological literacy render an adequate image of technology?. *Journal of Technology and Science Education*, 6(1), 5–18. DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/jotse.207>
- Norström, P. (2014). *Technological Knowledge and Technology Education*. Stockholm: Universitetsservice US-AB.

- Organisation for economic co-operation and development [OECD]. (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy. A Framework for PISA 2006*. Hämtad 2019-02-21 från https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa_19963777?page=3
- Pearson, G., & Young, A. T. (Eds.). (2002). *Technically Speaking: Why all Americans need to know more about technology*. Washington DC: National academy press.
- Petrina, S. (2007). *Advanced teaching methods for the technology classroom*. Hershey, PA: Information Science Publishing.
- Potter, P. (2013). Technologists talk: Making the links between design, problem solving and experiences with resistant materials. *International journal of technology and design education*, 23(1), 69–85. DOI: 10.1007/s10798-011-9159-3
- Potter, P., & France, B. (2018). Influences of materials on design and problem solving learning about materials. I de Vries, M. J. (Ed.). *Handbook of technology education*. (s. 463–472). Springer International Publishing AG. Springer, Cham. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-44687-5>
- Putnam, R. T., & Borko, H. (2000). What do new views of knowledge and thinking have to say about researcher and teacher learning?. *Educational researcher*, 29(1), 4-15. DOI: <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.3102/0013189X029001004>
- Resnick, L. B. (1991). Shared cognition: Thinking as social practice. I L. B. Resnick, J. M. Levine, & S. D. Teasley (Eds.). *Perspectives on socially shared cognition*. (s. 1–20). Washington DC, US: American Psychological association. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/10096-018>
- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. I Abell, S. K., & Lederman, N. G. (Eds.). *Handbook on research on science education. A project of the national association for research in science teaching*. (s. 729–780). New York: Routledge.
- Rogoff, B. (1995). Observing sociocultural activity on three planes: Participatory appropriation, guided participation, and apprenticeship. In J. V. Wertsch, P. del Rio & A. Alvarez (Eds.), *Sociocultural Studies of Mind*. (s. 139–164). New York: Cambridge University Press.
- Rossouw, A., Hacker, M., & de Vries, M. J. (2011). Concepts and contexts in engineering and technology education: an international and interdisciplinary Delphi study. *International journal of technology and design education*, 21(4), 409–424. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-010-9129-1>
- Rowell, P. M. (2002). Peer interactions in shared technological activity: a study of participation. *International Journal of Technology and Design Education*, 12(1), 1–22. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1013081115540>
- Rutland, M. (2007). *The place of creativity in technological literacy: the role of teaching resources in fostering pupils' creativity*. Presenterad på PATT-18 Pupils Attitudes Towards Technology International Conference on Design and Technology education research, Glasgow. Hämtad 2018-11-02 från

- <https://pupilsattitudestowardstechnology.files.wordpress.com/2007/06/fullprog-23-53b.pdf>
- Schooner, P., Nordlöf, C., Klasander, C., & Hallström, J. (2017). Design, system, value: The role of problem-solving and critical thinking capabilities in technology education, as perceived by teachers. *Design and technology education: an international journal*, 22(3), 60–75. Hämtat 2019-01-13 från <https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/2239>
- Schoultz, J., Säljö, R., & Wyndham, J. (2001). Heavenly talk: discourse, artifacts, and children's understanding of elementary astronomy. *Human Development*, 44, 103–118. DOI: 10.1159/000057050
- Sjöberg, S. (2013). Grundläggande tekniska förmågor. I Hallström, J. & Klasander, C. (Eds.). *Ginners teknikdidaktiska handbok. Några teser om teknik, skola och samhälle*. (s. 49–59). Linköping: CETIS.
- Skolinspektionen. (2014). Teknik – gör det osynliga synligt. Om kvaliteten i grundskolans teknikundervisning. Stockholm: Skolinspektionens rapport 2014:04. Hämtad 2018-11-26 från <https://www.skolinspektionen.se/globalassets/publikationssok/granskningsrapporter/kvalitetsgranskningar/2014/teknik/kvalgr-teknik-slutrapport.pdf>
- Skolverket. (2015). Teknikämnets plats i skolan. Hämtad från https://www.skolverket.se/polopoly_fs/1.178233!/2a.NT-inspiration.pdf
- Skolverket. (2017a). Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet 2011 (Reviderad version). Hämtad 2018-10-30 från <https://www.skolverket.se/undervisning/grundskolan/laroplan-och-kursplaner-for-grundskolan/laroplan-lgr11-for-grundskolan-samt-for-forskoleklassen-och-fritidshemmet?url=1530314731%2Fcompulsorycw%2Fjsp%2Fsubject.htm%3FsubjectCode%3DGRGRTEK01%26tos%3Dgr&sv.url=12.5dfce44715d35a5cdfa219f>
- Skolverket. (2017b). Kommentarmaterial till kursplanen i teknik. Hämtad 2018-10-30 från https://www.skolverket.se/sitevision/proxy/publikationer/svid12_5dfce44715d35a5cdfa2899/55935574/wtpub/ws/skolbok/wpubext/trycksak/Blob/pdf3790.pdf?k=3790
- Skolverket. (2018). Teknik och teknisk förändring – mönster och drivkrafter. Naturvetenskaps- och tekniksatsningen. Hämtad 2018-10-30 från <https://www.skolverket.se/download/18.6011fe501629fd150a28f14/1530781168944/Teknik%20och%20teknisk%20f%C3%B6r%C3%A4ndring.pdf>
- Summerton, J. (1998). Stora tekniska system. I Blomkvist, P., & Kaijser, A. (Eds.). *Den konstruerade världen. Tekniska system i historiskt perspektiv*. (s. 19–44). Stockholm/Stehag: Brutus Östlings bokförlag Symposium.
- Sundin, B. (2006). *Den kupade handen. Människan och tekniken*. Carlsson: Falun.
- Svensson, M. (2009). Från föremål till system – mot en undervisningsstrategi i grundskolan. I Ingerman, Å., Wagner, K., & Axelsson, A-S. (Eds.). *På spaning efter teknisk bildning*. (s. 207–220). Stockholm: Liber.

- Svensson, M. (2011a). *Att urskilja tekniska system – didaktiska dimensioner i grundskolan*. DIVA: Linköpings Universitet.
- Svensson, M. (2011b). Tekniska system i grundskolan – kritiska aspekter som didaktisk möjlighet. *NorDiNa*, 7(2), 111–125. Hämtad 2018-11-15 från <https://www.naturfag.no/binfil/download2.php?tid=1834148>
- Svensson, M., & Johansen, G. (2017) Teachers' didactical moves in the technology classroom. *International journal of technology and design education*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-017-9432-1>
- Svensson, M., Zetterqvist, A., & Ingerman, Å. (2012). On Young People's Experience of Systems in Technology. *Design and technology education: an international journal*, 17(1), 66–77. Hämtad 2018-11-06 från <https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/1688>
- Säljö, R. (2000). *Lärande i praktiken. Ett sociokulturellt perspektiv*. Stockholm: Bokförlaget Prisma.
- Säljö, R. (2005). *Lärande och kulturella redskap. Om lärandeprocesser och det kollektiva minnet*. Falun: Norstedts Akademiska Förlag.
- Säljö, R. (2012). Literacy, digital literacy and epistemic practices: The co-evolution of hybrid minds and external memory systems. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 7(1), 5–19. Hämtad 2019-01-13 från <https://www.idunn.no/dk/2012/01/art08>
- Tham, M. (2008). Förord. I Thorpe, A. *Design för hållbar utveckling. Ekologi-ekonomi-kultur*. (s. 6–8). Stockholm: Raster Förlag.
- The Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2019). Special report Global Warming of 1.5 °C. Hämtad 2019-02-20 från <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- The International Technology Education Association [ITEA]. (2007). *Standards for technological literacy: content for the study of technology*. Reston, Virginia: International technology education association.
- Thorpe, A. (2008). *Design för hållbar utveckling. Ekologi-ekonomi-kultur*. Stockholm: Raster Förlag.
- Vetenskapsrådet. (2017). Forskningsetik – etik i forskning - vetenskapsrådet. Hämtad 2019-01-13 från <https://www.vr.se/etik.4.3840dc7d108b8d5ad5280004294.html>
- Vuorenpää, S. (2016). *Litteracitet genom interaktion*. Örebro: Örebro University.
- Vygotsky, L. (1986). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Wangel, J., & Gunnarsson-Östling, U. (2018). Jordan har dödlig feber. *Bang, den feministiska kulturtidskriften*, 2018(1), 14–21. Hämtad 2018-11-20 från <http://www.bang.se/jorden-har-dodlig-feber-2/>
- Wells, A. (2012). The importance of design thinking for technological literacy: a phenomenological perspective. *International journal of technology and design education*, 23(3), 623–636. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-012-9207-7>
- Williams, P. J., (2000). Design: the only methodology of technology? *Journal of technology education*, 11(2), 48–60. Hämtad 2019-01-13 från <https://eric.ed.gov/?id=EJ604487>

- Williams, A., Cowdroy, R., & Wallis, L. (2012). Design. I Williams, P. J. (Ed.). *Technology education for teachers*. (s. 93–114). Rotterdam: Sense publications.
- Williams, P. J. (2016). Research in technology education: looking back to move forward ... again. *International journal of technology and design education*, 26(2), 149–157. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9316-1>
- Yawson, R. M. (2012). An epistemological framework for nanoscience and nanotechnology literacy. *International journal of technology and design education*, 22(3), 297–310. DOI: 10.1007/s10798-010-9145-1
- Örtnäs, A. (2007). *Elevers vardagsuppfattningar om tekniska system*. Linköping: Linköpings Universitet.

BILAGOR

1. Information om forskningsstudier på XXX VT16 till elever
2. Informationsbrev till vårdnadshavare

Information om forskningsstudier på XXX VT16

Jag har fått information av Johan Lind, forskarstuderande vid Lunds Universitet, som kommer att genomföra en undersökning om elevers begreppsbyggande inom ämnet teknik på XXX under vårterminen. Johan har berättat att allt deltagande är frivilligt och att all information avidentifieras innan den används för forskning, vilket innebär att det är omöjligt att avgöra vem som har deltagit i projektet. Alla inspelningar av diskussioner och presentationer används endast i forskningssyfte och i forskningssammanhang.

Syftet med undersökningen är att lärare ska få en bättre uppfattning hur elever lär sig nya begrepp och använder dessa. I förlängningen kan detta leda till att ni bidrar till en förbättrad lärarutbildning.

Tack för din medverkan!

Jag har tagit del av informationen och vill gärna delta i forskningsstudien!

Namn

Till vårdnadshavare för elever
i år 8 på XXX, XXX

Hej!

Jag heter Johan Lind och jag är forskarstuderande vid Lunds Universitet. I min forskning vill jag undersöka hur elever tar till sig och lär sig nya begrepp om ny teknik och hur de använder dessa kunskaper vid presentationer och diskussioner. I detta arbete kommer jag att spela in elevernas samtal med videokamera och därefter bearbeta deras diskussioner. Jag kommer att vara närvarande vid ett antal lektioner under vårterminen 2016. Undervisningen kommer inte att påverkas utan eleverna kommer att arbeta med ett tema som eleverna brukar göra i år 8 på skolan.

Det inspelade materialet kommer att analyseras av mig (med stöd av mina handledare Professor Anders Jakobsson, Malmö Högskola och Docent Susanne Pelger, Lunds Universitet). Eleverna kommer att vara anonyma och ges fingerade namn i det utskrivna materialet. Jag omfattas av samma regler för tystnadsplikt som övrig skolpersonal samt forskningsetiska regler, som innebär att insamlat material hanteras med största respekt för individens integritet och kommer att förvaras i låsta utrymmen. Elever som väljer att inte delta kommer att få samma undervisning men inte spelas in.

Undervisande lärare samt rektor har gett sitt samtycke till att studien genomförs i klassen. Eftersom ert barn är under 15 år behöver jag tillåtelse av er som vårdnadshavare för att kunna genomföra studien. Av den anledningen skickar jag med ett svarsformulär och ett svarskuvert som jag ber er fylla i och återsända till mig så snart som möjligt dock senast 2016-01-31.

Om det är något ni undrar över kan ni nå mig på telefonnummer 0734-006120 eller via mejl johan.lind@uvel.lu.se och Professor Anders Jakobsson anders.jakobsson@mah.se
Docent Susanne Pelger susanne.pelger@science.lu.se

Med vänliga hälsningar

Johan Lind

Lunds Universitet, Campus Helsingborg

Institutionen för utbildningsvetenskap

Box 882

251 08 Helsingborg

Svarsformulär angående forskningsstudie om teknik

- Jag har tagit del av den skriftliga informationen angående forskarstudien under VT16 och samtycker till att mitt barn får delta i undersökningen.
- Jag har tagit del av den skriftliga informationen angående forskarstudien under VT16 och samtycker **inte** till att mitt barn får delta i undersökningen.

Elevens namn: _____

Vårdnadshavarens namnteckning: _____

PAPERS

1. Students' ideas about technological systems interacting with human needs
2. Students' ability to express and develop knowledge on future technology and sustainability through a design activity (in progress)

Paper I



Students' ideas about technological systems interacting with human needs

Johan Lind¹ · Susanne Pelger² · Anders Jakobsson³

Accepted: 27 March 2018
© The Author(s) 2018

Abstract Technology is a compulsory subject at Swedish elementary schools and, according to the syllabus, helps students develop their ability to examine different technological solutions and reason how these solutions affect society, environment, and humans. An important challenge for educational research is to analyse and understand the consequences and impacts of technologies on students' learning, well-being, and participation in society. It is important to understand how technological systems work in order to orient oneself in modern society and to make well-informed decisions about what is good or bad use of technology. The purpose of this study is to further explore students' understanding of technological systems and their features through investigating the students' reasoning and collaboration in small-group interactions. We found a relatively large number of situations where students clearly demonstrate that they understand technological systems and the components and relationships among them. On the other hand, some situations indicate that students have difficulty explaining and understanding or realising concepts, theories, and relationships regarding technological systems. The findings need to be examined critically, although the students in this study were not used to this way of working with concepts or using images in their presentations. The study was conducted in the spring of 2016 at a compulsory school in the south of Sweden.

Keywords Technology · Technology education · Technological concepts · Technological systems · Components · Communication

✉ Johan Lind
johan.lind@uvel.lu.se

¹ Department of Educational Sciences, Lund University, Lund, Sweden

² Faculty of Science, Lund University, Lund, Sweden

³ Faculty of Education and Society, Malmö University, Malmö, Sweden

Introduction

In most Western countries, technology plays an increasingly important role as integrated parts of our way of living, thinking, and acting. For example, Säljö (2012) points to the development of *hybrid minds*, where humans' cognitive and communicative activities are increasingly dependent upon and intertwined with complex and powerful technological tools. In this way, technology may be described as human integrated systems that are connected to each other in web-like worlds, involved in society and in our lives to an extent that we risk taking them for granted. In this article, we argue that an important challenge for educational research is to analyse and understand the consequences and impacts of technologies on students' learning, well-being, and participation in society. However, an equally important and related issue is to explore how students understand this development of integrated technological systems and how it affects their lives. In this context, Klasander (2010) asserts that a high level of student awareness of technology and technological systems is crucial as we all are dependent on them, to some extent, and occasionally become parts of such systems. Further he argues, if students develop an understanding of the function of technological systems, this could, for example, facilitate a development of an ability to discuss and analyse issues about sustainable development and solve environmental problems in society. Klasander also notes that we need to understand how technological systems work in order to orient ourselves in a modern society and to make well-informed decisions about what is good or bad use of technology as committed citizens. Svensson (2011) argues that teaching about *technology in context* means focusing on technological systems as parts or components that are linked together to a meaningful wholeness. Furthermore, she asserts the significance of emphasising the involved artefacts in a systemic context and clarifying how the different parts interact in the system. In this way, technology education could contribute to support students' understanding of technology in its functional and human context without becoming reduced into separate or isolated artefacts. However, several researchers in the field (Hallström and Klasander 2017; Klasander 2010; Koski and de Vries 2013) have pointed out that the most common way of describing technological systems in education today is to use linear or hierarchical models in which the components are stacked without explaining how they are interrelated and work together.

During recent years, studies of students' understanding of technological systems have become an important aspect of technology education in Sweden and elsewhere. For example, Svensson (2011) found that students in compulsory school often have difficulty describing technological systems and the interaction between their components when the system is more or less hidden or invisible. Svensson et al. (2012) show that students seem to be able to describe specific artefacts correctly, but have difficulty putting them into a system context. The study also explored the students' experience and knowledge of how material, energy and information are transformed in technological systems. The results indicate that students tend to focus primarily on describing single components with little or no connection to the whole system and on describing systems only as an addition of components. Energy and information are seldom included. Koski and de Vries (2013) show that students describe machines as either consisting of different parts with various functions or as a number of activities to complete a process. Setting *system boundaries* turned out to be a demanding task for the students, as they needed knowledge about how the different parts in the system interact in order to achieve the desirable function. In Svensson's study (2011), the participating teachers also use images of technological systems in order to make components, functions

and system boundaries explicit. Örnäs (2007) also concludes that when students have the opportunity to use images or real artefacts as supporting and mediating tools, they become more able when it comes to describing the structure of the technological system.

In the present study, we explore how students aged 13–14 interact and collaborate in small-group discussions in order to understand and describe different technological systems and how they are constituted. The students' task was to independently choose an image on the Internet that they feel describes a technological system in a convincing manner, and together discuss how the system works. The purpose of this approach is to explore how students communicate their knowledge about technological concepts, components and systems, and how they work together in order to achieve a desirable function for humans; that is, to investigate how students understand the relationship between a *technological system* and its *components*. An underlying issue is to explore whether and, if so, how the students' descriptions are supported by the chosen images and whether these circumstances facilitate making the students' knowledge explicit.

Theoretical background–technological systems

The International Technology Education Association (ITEA 2000) defines a technological system as “a group of interrelated components designed to fulfil humans' needs and desires”. Hughes (1993) uses a similar definition when describing a technological system as a system of complex, problem-solving components that solve problems or fulfil goals using available means. Further, Ingelstam (2012) and Bjurulf (2011) characterize technological systems as co-operating components and the relationship between them, in which the components together make new wholes and get new functions. Further they stress the human perspective even more through asserting that it is humans that create a technological system, that the system cannot make anything by itself, and that when it is used, humans become a part of it. In this latter view, a technological system is both a social and technological construction in which individuals are involved either as an independent component or as links between the components (Ingelstam 2012). However, when defining a technological system, we have to discern it from its environment, which means there must be a system boundary. One example of this is a washing machine, where the system boundary is the machine itself. However, the system interacts with its surroundings as inputs come from the environment, but inputs do not constitute the system as such. Furthermore, Ingelstam (2012) emphasizes that a large technological system is built out of several sub-systems, each of which could be divided into several sub–sub-systems, which creates a hierarchy of systems. In the above-mentioned example of the washing machine, the sub-system constitutes the electricity system in the machine where, in turn, the electrical circuit board becomes a sub–sub-system. Systems may also be sub-systems that include their own sub-systems. In other words, a component may also be defined as a system per se, with its underlying components. For example, the circuit board is a component in the washing machine, but could also be perceived as its own system with several components (such as transistors and capacitors). Therefore, in these contexts it is possible to extend the definition of a technological system by paying attention to the fact that, within the system, the sub-systems are linked together with internal inputs and outputs.

Technological systems as black boxes

Today, it may be difficult to discover or explore many of the advanced technological systems because they do not provide the sufficient transparency. From an educational perspective, several researchers have emphasised (e.g. Koski and De Vries 2013; Svensson 2011) that if we want students to achieve knowledge about technological systems, this implies focusing on simplifying and making the systems explicit in technology education. However, this might be easier to express than to implement. Another way of describing these problems is to use Latour's (1999) *black box* metaphor by characterising modern technological systems as *black-boxed* (or a system as a *black box*). This expression may be used whenever a piece of machinery is too complex or hidden; then, a little box is drawn around this part, which implies that you do not need to know anything about what is inside the box except the input and output of the machinery to use it. Thus, without knowing the construction of the system and the characteristics of every component, you can still describe the system itself (Ingelstam 2012). Latour expresses this idea as follows:

[T]he way scientific and technical work is made invisible by its own success. When a machine runs efficiently, when a matter of fact is settled, one need focus only on its inputs and outputs and not on its internal complexity. Thus, paradoxically, the more science and technology succeed, the more opaque and obscure they become.

(Latour 1999, p. 304)

De Vries (2005) also illustrates a technological system by focusing on its *input*, *process* and *output* and describing the system's input and output by using *matter*, *energy* and *information*. Returning to the example of the washing machine, the input is electricity (energy), knowledge (information about how to handle the machine), washing powder (matter), clean water (matter) and laundry (matter), and its desired output is clean clothes (matter). The outputs that are not so desirable are wastewater, movement and heat. From this perspective, we can understand the washing process itself as black-boxed for us (de Vries 2005). The flow of information, matter, or energy and water in the system makes the function of the system possible. Thus, when describing the origin and goal of *the flow*, we need to define the system boundary towards its surroundings in order to make it possible to distinguish the system from the rest of the world (Svensson 2009). Svensson also points to that, from an educational perspective, it is important to follow the interaction between components in the system and the functions the components have in relation to the processes. This also includes the system's interaction with the surroundings and influences on nature, humans and other technological systems.

System structures

The structure of a technological system may be described in several different ways. For example, Klasander (2010) identifies four types of structures: *linear models*, *circular orbit models*, *hierarchical* and *network models*. According to the author, this division facilitates the discovery of the different character of the relationship between components in various technological systems. For example, when describing an electric circuit in a linear model, you put the components—battery, cord and bulb—in a row (from-to perspective) to achieve the desired description that becomes a circular orbit model when the circuit is closed. The

network model focuses on how the components are connected; this is often described in a web-like mode (e.g. Hughes 1993). Several researchers (e.g. Ingelstam 2012; Trist and Murray 1993) have increasingly described technological systems as being *sociotechnological systems* (STS). This approach focuses on the interaction between humans and technology in workplaces from the perspective of complex organisational work design. The concept also refers to the interaction between society's complex infrastructures and human behaviour. In this sense, society itself, and most of its substructures, is comprised of complex sociotechnological systems.

Components and artefacts

According to Säljö (2005, 2012), we live in a world that could be described as one of artefacts that are created by humans for human purpose and action. Säljö also acknowledges that a characteristic of humans that separates us from other animals is that we create and use material artefacts, which become important parts of our social memories and thereby contribute to developing our individual skills and knowledge. In this way, experiences and inventions are preserved and integrated in the artefact and transmitted between generations (Gyberg and Hallström 2009). Jakobsson and Davidsson (2012) point to a similar process by asserting that an artefact and its user may be connected in a dialectic and reciprocal relationship where the artefact affects the user's thoughts and actions and the user can develop the artefact further by adding new inventions or applications. Moreover, de Vries (2005) argues that most new artefacts involve functional products of more than one part or component, which provide us with new conceptual systems. He also asserts that a new artefact may be understood as the outcome of an innovative, technological cognitive process in which existing components are put together in a new system. Furthermore, de Vries notes that artefacts enable us to perform an action that is necessary in order to get what we need or desire; for example, the washing machine provides us with clean clothes. However, technical artefacts can naturally have an endless number of other functions, such as transporting, transforming, creating and connecting (de Vries 2005). In this view, artefacts may also be considered as components and vice versa. This means that components are uniquely identifiable parts or subsystems that perform a function in a technological system; for example, a thermostat regulates the temperature of water in the washing machine. That is, a physical component and a well-defined functional part of a technological system. Svensson (2009) argues that students get a better understanding of human relation to technology if we use both artefacts (components) and systems when describing technology, thereby emphasising our own role in a technological system.

Students' ideas on technological systems: previous research

As mentioned, several studies (e.g. Svensson 2011; Koski and de Vries 2013) indicate that students often have difficulty describing technological inventions as an integrated overall system. Svensson (2011) stresses that technology education must support and scaffold students' awareness of systems and technology by uncovering functions and components that make the whole system explicit. In her study, the students' task was to describe technological systems by using everyday artefacts (a cellular phone, a bulb and a banana) and the related systems (cellular phone system, electricity system and banana transportation system). In the analysis of the answers, Svensson could discern three distinct dimensions in students' descriptions of technological systems, namely, *resource*, *intention* and *structure*.

The most common way to describe the relation between a single artefact (component) and the system was to use a linear model, which implies that the students lined up the involved components to ensure that the necessary resources were delivered in a *from-to perspective*. For example, while the students displayed a satisfactory knowledge and understanding of cellular phone functions as such, they had difficulty describing the phone as an integrated part or component in a larger technological system. The students had problems relating the components to each other, describing the interaction between them, and describing the system as a whole. Further, Svensson (2011) concludes that students generally characterised technological systems by focusing on separable parts and nearly none of the students described them in terms of a web of interacting components.

In another study, Svensson et al. (2012) interviewed 15-year-old Swedish students about transport systems, energy systems and communication systems. In addition to these societal ways of handling material, issues about information were also included in the questions. To frame the interview situation, images and overall descriptions of the systems were included and the students were asked to visualise and communicate their ideas and understanding of the system. In the analysis, five different categories of understanding technological systems became clear: (1) using single components, (2) using the system output, (3) influencing the system, (4) interacting with the system, and (5) integrating the system. The authors also conclude that the most common way of looking at a technological system was to focus on single components without relating them to any system perspective, and to describe systems based only on the components included, excluding human and societal interaction with the system. Koski and de Vries (2012) explored primary students' understanding of different perspectives on technological systems. The researchers focused on whether the students could see a system as a structure of main- and subparts, whether they understood the input and output of a system, and whether they were able to put boundaries to a system. The general results indicate that the students showed a basic understanding of the fact that machines consist of parts with different functions and that several steps usually are required in order to complete a process in the system. Further, the students showed that the concept of input seemed to be more obvious than the output and that they understood output as what the systems produced in material terms. For most of the students, it was a challenging task to set system boundaries (see also Koski and de Vries 2013). Örtinä (2007) also examined students' ideas of similar issues, but in the context of upper secondary students (age 14 and 17) and their perceptions of technological systems in their everyday lives. The researcher used semi-structured interviews and students were encouraged to draw pictures as a scaffolding tool during the interviews. Furthermore, the researcher initiated the conversation through using images of artefacts that were linked to the technological system in question. In the analysis, Örtinä distinguished six different areas upon which students focused in their descriptions of technological systems: (1) the system's function, (2) the structure of the system, (3) the size of the system and the system's boundary to the surroundings, (4) the role of the human, (5) the connection in the system, and (6) the system's shape. The results also showed that the students were able, to a relatively large extent, to describe different systems in their everyday life, especially when they had access to images of the systems. The analysis also showed that the students were able to use the images to discover the structure of the system and the sub-systems, and to discuss the connection between humans and technology. However, with respect to this, the results highlighted significant differences between the age groups of students when it comes to describing integrated components and the use of technical words. The older students (17 years) had usually developed a more appropriate and subject-oriented language in technology than the younger ones (14 years).

Another study (Hallström and Klasander 2017) investigated student teachers' conceptions of technological systems. The results of the study reveal that a relatively large number of student teachers also had difficulty describing and explaining different types of technological systems. This applies especially when it comes to explaining the invisible or abstract aspects of a system and describing the output and structure of technological systems. The authors conclude by asserting the need for student teachers and teachers in technology to develop an awareness in system thinking.

The study and research questions

The purpose of this study is to further explore students' (age 13–14) understanding of technological systems and their features through investigating the students' reasoning in small-group interactions. The students' task is to describe and explain an optional technological system by using an image that they had chosen from the Internet. The aim of this approach is to analyse how students communicate their knowledge about technological concepts, components and systems, and how this knowledge works together in order to achieve a desirable function for humans. An underlying issue is to explore whether and, if so, how the students' descriptions are supported by the images, and whether these circumstances make the students' knowledge explicit. The research questions in the study are as follows:

1. In what ways do students demonstrate their understanding of the concept of technological systems and the relationship between systems and components?
2. In what ways do digital images support students' communication when presenting in a group?

Methodical considerations and analytic perspectives

Setting and participants

The study was conducted in a municipal school in the south part of Sweden and followed the technology education in one class of 36 students over a 4-week period. When the students worked more practically or in small groups, the class was divided into two parts, with 18 students in each group. The data collection was performed in a year 8 class, in which the students are 13–14 years old and usually have minimal experience of technology education. The reason for exploring a relatively small group of students' ideas about technology is related to the research questions in this study. This implies that our interest is primarily focused on students' understanding of technological systems and the relation between systems, components and humans when they work independently in small groups. Our starting point is that the students' understanding of the concepts may become obvious and explicit when they collaborate on these issues. In these situations, the students were expected to discuss and reason on the basis of the images they chose to represent technological systems. That implies that we, as researchers, view the individual participants as contributing to existing and operating discourses that become observable in action when reasoning about technology (Wertsch 1998; Jakobsson et al. 2009). The original images, which were chosen by the students, are here replaced with sketches for copyright reasons. You will find links to the original images under references.

During the 4-week school project, technological systems and humans' relationships with technology were important elements and objectives. The students were asked if they would like to participate in the study and, if so, received an information letter for them and their parents to sign. All of the students and their parents chose to give their consent to participate in the study. This has been very important in terms of gathering reliable data, as the students were expected to share their thoughts, ideas and knowledge about the education and the content. The school performs relatively highly, in the sense that most students obtain high results on national tests (Skolverket (Swedish National Agency for Education) 2016a, b). In Sweden, technology is an independent subject in compulsory school with its own syllabus, which includes aims, core content, knowledge requirements and support material. One aim in the curriculum (Skolverket (Swedish National Agency for Education) 2011) is to give students opportunities to develop their ability to identify problems and needs that can be solved by means of technology and to identify and analyse technological solutions based on their function. There is also a focus on students' learning of how components and subsystems work together in larger technological systems. Further, students should increase their understanding of technological solutions in the society and develop knowledge about how the interaction between artefacts, components and systems create desirable functions for humans.

Collecting data

An important aim of this study has been to come close to students' thoughts and ideas about technological systems and their understanding of the relationship between components, systems and humans. As mentioned, we were also interested in collecting data about the students' choice of representations of technological systems in the form of images from the Internet, which may facilitate our interpretation and understanding of the students' ideas. In order to collect classroom data, which may create opportunities to answer our research questions, we have mainly used video recording of student conversations in small groups (three or four students) and focused on their activities during full-class teaching situations. All of the students' images from the Internet have also been collected. According to Goldman et al. (2014), video recording in the learning sciences facilitates and clarifies the analysis of the collected data because gestures and body language are important, together with identification of the students. The video data has been of particular importance as the conversations between the students often focused on the chosen images and the details therein. Thus, this type of data constitutes a dominant part of the total amount of data in the study and we have, with help of the recordings, managed to identify all images of the technological systems that the students discuss. A possible hypothesis is that the images constitute an important cognitive tool that can support students' reasoning, help make their thinking about complex technological systems explicit, and help them to put words to their thoughts. Cohen et al. (2013) assert that the use of visual data and images may expand the linguistic repertoire of the informants and enable them to formulate non-pronounced thoughts. Further, according to the Swedish National Agency for Education (Skolverket (Swedish National Agency for Education) 2011) the specific subject language (Hajer and Meestringa 2014) is a key to developing and displaying knowledge in all subjects. The subject language in technology involves being able to express, interpret and use concepts, facts and key ideas in speech and in writing, but also the feelings and opinions that the subject arouses (Skolverket (Swedish National Agency for Education) 2016b). Consequently, we have also placed particular focus on the students' use of words and expressions when discussing technological systems (e.g. Serder and Jakobsson 2016).

The analytic process

The analytic procedure in the present study consists of three separable but interrelated phases. In the first phase of the analysis, all of the collected data were carefully reviewed, and content-related situations during students' discussions about technological systems and the selected images were selected for further analysis (approximately 31.5 h). During this phase, we also searched for the students' images on the Internet by using Google's image search and successfully found the source of all images. This procedure implied that we could relate the students' individual statements to specific images and thus improve our understanding of their utterances further on (Goldman et al. 2014). In the second phase, we focused specifically on situations in which the students more explicitly explained or defined concepts such as technological systems, components and artefacts. This includes situations where the students talked about human interactions with technological systems and technological innovations. All of these situations were carefully transcribed and constitute the main material for the in-depth analysis of the students' statements and reasoning (approximately 3.5 h). The analysis in this phase also implies that we could focus on our research question in more detail. However, we interpreted all transcriptions as adaptations of digital recordings, which in this respect is the primary material (Burges 2010). The transcripts were initially made in the form of rough transcriptions, which have since evolved gradually during the analysis. They have been designed with the aim of focusing on what students are talking about and how they express themselves in relation to the content. Our analyses assume a sociocultural theory, which implies that students' through technology education are socialised into scientific ways of reasoning and acting (Vygotsky 1986; Säljö 2012). By encountering the specific distinctions and practices in technology, students are guided into recognising and using particular discursive patterns, which often differ from other discourses in society. In line with this, we used Lemke's (1990) *thematic patterns* as an analytic tool in the third phase. Thematic patterns draw on specific semantic relations, which are observable as rhetorical structures, figures of speech, and other forms of accountable talk and action played out in classroom activities. In this view, the process of studying students' knowledge and understanding in technology becomes a process of studying students' ability to use language in relevant ways while engaged in a school activity; that is, to analyse how students are able to formulate themselves when reasoning, arguing and learning in situated activities (Jakobsson et al. 2009). By studying how students "talk technology" while engaged in project work, it is also possible to find and describe instances of language use that seem particularly easy or difficult to appropriate. In the "Results" section, we aim to describe examples from these situations, thereby clarifying what concepts the students perceive as complex and difficult to comprehend and which ones they find it easier to understand. Our aim is also to summarise the students' difficulties and opportunities when it comes to understanding technological systems in an overall model at the end of the "Results" section.

Results


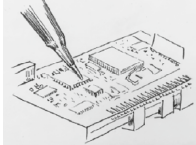
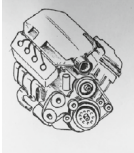
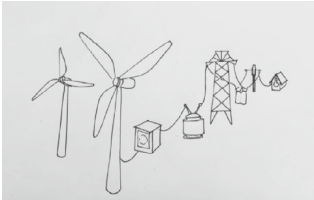
In total, 63 group discussions were video-taped and analysed. In the following, the students' ways of reasoning about technological systems will be illustrated with excerpts from three of the groups. These excerpts were selected because they are representative of the entire material and help us to answer our research questions.

In the first example (excerpt 1a), Billie, Nina and Robyn discuss different technological systems, the ingoing components and the relationship between them based on the images

they have chosen as support for their presentation. The conversation starts when Billie (107) shows a picture of the heating systems and heat transport in a house.

Excerpt 1a

Example of group discussion

107	Billie	Eh, this is a technological system, right? It's like really complicated that I well ... uh ... sort of... uh ... associate with ...	(seems a bit nervous) Shows the image (fig 1)
 <p>Fig 1 Billie's image of a technological system.</p>			
108	Nina	Yeah, it's quite, well it's technical, quite difficult and advanced.	<i>Interrupts</i>
109	Billie	Yeah	
110	Robyn	I chose a technological system and it's like parts that work, co-operate together, you see?	Shows the image (fig 2) to the group and the camera.
111	Billie	Show the camera!	<i>Muffles</i>
112	Robyn	Show the camera ... It's like a load of things ... technical like.	<i>Repeats</i> Makes a funny face at the same time as she shows the image to the camera
 <p>Fig 2 Robyn's image of a technological system.</p>			
113	Billie	Yeah, components, kinds of pieces of, uh ...	
114	Robyn	... like parts of the whole thing, you see.	
115	Billie	You know a car engine cos ... uh ... without an engine it doesn't ... uh ... work like.	Shows her image (fig 3) of a component
 <p>Fig 3 Billie's image of a component.</p>			
116	Nina	Yeah, an important component in ...	
117	Robyn	I've written ... and I have the ...	Shows her image (fig 4) of a component to the group
 <p>Fig 4 Robyn's image of a component.</p>			
118	Nina	What d'you mean ... like?	
119	Robyn	It's a part and if you like take it away, right ... the rest doesn't work and it's part of a bigger entity!	(Looks smug) Points at the windmill and explains (fig 4).
120	Robyn	That sounded smart!	
121	Billie	Eh ... good work guys. That sounded smart.	
122	Nina	So what have you written?	

The conversation starts when Billie asserts that the image she has chosen is really complicated (107), but is interrupted by Nina when she intends to explain further on. Nina supports the idea that Billie's technological system is sophisticated by saying, well it's technical, quite difficult and advanced (108), which indicates that students are not used to interpreting images of advanced technological systems. However, Robyn continues the discussion, trying to formulate a definition of a technological system by asserting, I chose a technological system and it's like parts that work, co-operate together you see? (110). She continues her reasoning by arguing ... like a load of things ... technical like (112). Billie completes and extends the definition by claiming that it is also ... components, kinds of pieces of eh ... (113). With this statement, she introduces the concept of *components* and later gives an example by emphasising that ... a car engine cos ... uh ... without an engine it doesn't ... uh ... work like (115). Even Robyn seems to be on this thought when she says that a component is ... *like parts of the whole thing* ... (114). The conversation then continues when Robyn displays her image and argues that a component It's a part and if you like take it away ... the rest doesn't work and it's part of a bigger entity! (119).

A possible interpretation so far is that Billie and Robyn seem to have reached a joint agreement on that a technological system consists of cooperating components, which constitutes a whole, and that if a component is missing, it implies that the system will not work. Robyn's statement (119) reinforces this conclusion further on as she emphasises that the functioning of the system depends on its constituent parts. Moreover, the example of the car engine may indicate a possible understanding of the *system boundaries* of a technological system. However, such a conclusion cannot be drawn with certainty from this example. When it comes to the students' use and support of the images, it is obvious that, for example, Billie uses the image as a backing of the argumentation about the components (car engine). The same applies to Robyn when she clarifies the dependency of the entire system (the energy supply system) on individual components (the windmill). In addition, it is reasonable to assume that the chosen image may give a clue about how the students understand and perceive technological systems and components, at least when relating their images to their statements. For example, Robyn points to the windmill as a part of the energy system when the group discuss components, which implies that she is aware of what constitutes a component in a technological system. However, some features of technological systems and components never really come up in the negotiation in the group; for example, if the students understand the components in their systems as *a row with a from-to* perspective, or if they would describe them in more *web-like* terms. Likewise, they never clarify that a single component itself can constitute a technological system in terms of subsystems, nor do they mention the input and output of the system.

The second example clarifies the previous situation when the teacher in a full-class discussion asks Robyn what she has noted about technological systems. The excerpt begins when Robyn starts to read from her notes.


Excerpt 1b**Example of whole-class discussion**

128	Robyn	um ... d'you want me to read what I've written, like?	Unsure
129	Teacher	That'll be fine. Go ahead.	
130	Robyn	Like, well, technological systems, like in our iPads, are small systems that work well as a large technological system ...	
131	Jonathan	... electrical circuits; for example, where you put a micro-chip in a computer ... [pauses] it creates an electrical system and then the computer can be part of a technological system	Breaks in when Robyn pauses
132	Teacher	A technological system	Clarifies
133	Jonathan	Yeah, right ... a technological system	

When Robyn is due to explain the concept technological system in the whole-class context, she chooses to express her ideas in a different way than in the earlier group discussion. This indicates uncertainty about whether the group's mutual definition was correct or not and she chooses to read her written explanation. In this situation, she does not involve the word "component" or the chosen image to support her presentation. Instead, she asserts that ... technological systems, like in our iPads, are small systems that work well as a large technological system ... (130). In this utterance, she describes the system as large and small, which was never mentioned during the group discussion. However, it is possible to interpret the statement, as she is aware that an iPad is a technological system consisting of other underlying systems and that they are connected to one another. However, it is difficult to determine whether she also refers to the fact that the iPad is part of a larger technological system (such as the Internet), as well as the sub-systems in the iPad. When Robyn makes a short pause, Jonathan breaks in without the teacher's request and continues Robyn's utterance. He seems to focus on both possibilities by expressing ... electrical circuits; for example, where you put in a micro-chip in a computer ... it creates an electrical system and then the computer can be part of a technological system (131). Thus, Jonathan builds on Robyn's utterance and emphasises that one of the small (130) systems that Robyn talked about consists of electrical circuits (131), which together with a micro-chip ... creates an electrical system (131). However, it is somewhat unclear what he is referring to when he then claims ... the computer can be part of a technological system (131). One potential meaning could be that he is referring to the fact that the electrical systems in the computer contribute to it being complete and functioning and that it can be used as a technological system. A more likely interpretation is that he actually wants to emphasise that the computer itself consists of several technological systems (electrical systems, for example), constitutes a technological system itself (iPads and computers) and that it can also be part of a larger technological system (connected to networks). In that case, it is possible to claim that Jonathan is aware that a component in a larger system actually may constitute a technological system itself. In any case, he may have developed some ability to express the fact that technological systems are interrelated and that they interact with each other.

In the next example, Magnus, Chris and Alfons discuss technological systems based on their self-chosen images (excerpt 2). The situation starts when Magnus displays his image of a bike.

Excerpt 2

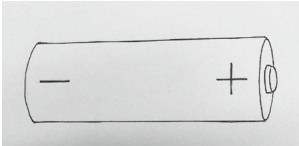
209	Magnus	I got a bike	
210	Chris and Alfons		Snigger
211	Magnus	It is! Let me explain, it's brill[brilliant]! Cos when you turn the pedal, you start a cog, which starts the chain, which starts the cog, which is sitting on the wheel, which makes it spin and that's really how you gain speed.	Shows his image (fig 5) on a bike.
			
<small>Fig. 5 Magnus' image of a technological system.</small>			
215	Magnus	A component is part of a technological system. Like, for example, my bike where the wheel is a component.	
216	Chris	You like bikes, don't you?	Alfons laughs

Magnus initiates the discussion by saying I got a bike (209) and thereby indicates that he has chosen an open technological system where most of the components are visible and possible to identify. This means that the bike as a system is mainly not *black-boxed* (Latour 1999). However, we cannot say from the excerpt that this is a conscious choice on Magnus's part. On the other hand, we can assert that the choice of a bike to represent a technological system makes it easier for him to display how the various components interact. This indicates that he has processed the concept of component enough to understand the meaning and then selected the image of a bike as it fitted his purpose. Nevertheless, he then starts to explain and clarify the relationship between the pedal-chain wheel-chain-pinion-rear wheels by expressing ... when you turn the pedal, you start a cog that starts the chain, which starts the cog, which is sitting on the wheel, which makes it spin and that's really how you gain speed (211). In this statement, it becomes obvious that he not always uses the correct terms, while his reasoning clearly indicates that he expresses an understanding on the relationship and interaction between the components in a system. This conclusion is further reinforced when he also expresses that A component is part of a technological system. Like, for example, my bike where the wheel is a component (215). Moreover, Magnus's statements show that he is aware of how the constituent components co-operate to achieve a specific function in order to create a desirable technological system. However, it is not obvious that he knows that a technological system consists of subsystems, which is one of Klasander's (2010) criteria when describing technological systems. In Magnus's utterance, the components are lined up in a *from-to* perspective, which is probably the most suitable in this case. One could interpret the end of the first statement—that's really how you gain speed (211)—as him referring to the *input and output* of the system without mentioning the concepts themselves. By using the word *you* (211), Magnus emphasises that the system needs energy from the surroundings to work, in this case energy from a human. The students in Svensson's (2011) study considered resources, intentions and structures as characteristics that describe technological systems. In the present study, Magnus's use of the word 'you' could refer to the resources that humans bring to the system to obtain a desirable function.

When it comes to the image, it is likely that the image of the bike supports and reinforces Magnus's reasoning of what constitutes a component and a technological system. This means, for example, that the image helps him to remember the order of the components, which facilitates his argumentation. In these contexts, Säljö (2005) asserts that images may work as artefacts that support our memory, make our thinking explicit and help to mediate thoughts that we have never thought before. One might argue that the images of the technological systems in this study become external memory systems and mediational means for the students.

In our last example (excerpt 3), Henry, Jonas, Freddy and Elmore also discuss their images of technological systems and components.

Excerpt 3

303	Henry	Technological systems first.	
304	Jonas	Tell us about it then.	
305	Henry	When components work together ...	
306	Freddy	Yeah, what is a component, tell us what it is?	<i>Impatient</i>
307	Henry	Like a battery, like.	See fig 6
308	Jonas	I've actually got a good one there.	
309	Freddy	Ah.	<i>Nods in recognition</i>
310	Jonas	A computer is a rather good example of a technological system.	Shows an image of his father's computer (not visible on the video recording)
311	Elmore	No it's not.	
312	Freddy	In a computer there are many components.	
334	Henry	A battery's got to be a component.	Shows an image of a battery (fig 6)
			
<small>Fig 6 Henry's image of a component</small>			
335	Freddy	Yeah, it is.	
336	Elmore	Nah.	<i>Shakes his head</i>
337	Jonas	But I don't play.	
338	Freddy	Course it is.	
339	Elmore	I think it is a technological system ... a battery.	
340	Freddy	Quite really I have no idea.	
344	Freddy	I don't get what a component is.	
345	Henry	It's something that makes ... I don't know ... something else work in a technological system.	
346	Freddy	It's something that you use in a technological system.	
347	Jonas	It's a part you put together in a technological system.	
348	Elmore	Components are different kinds of parts in electrical devices that make other devices work.	
349	Freddy	Yeah, but it still doesn't say what it is, right?	

At the beginning of this excerpt, Henry makes it clear that a technological system can be described as *When components work together ...* (305). However, Freddy does not appear to be satisfied with this answer and urges Henry to develop it further and explain what a component actually is. Henry responds with an example of a battery (307). He does not further develop this reasoning because Jonas simultaneously emphasises that *A computer is a rather good example of a technological system* (310). Jonas continues his reasoning about computers and claims that *In a computer there are many components* (312). Through this statement, he expresses some knowledge of what a component may be. However, Elmore does not take this thread on computers but turns to Henry and says *No it's not* (311); in other words, he questions Henry's claim that a battery is a component. Henry does not immediately respond to this

but, after a short moment of silence, he picks up his image of a battery and some more hesitant claims that A battery's got to be a component (334). This time, Jonas actively supports him (335), while Elmore still questions his claim (336). Henry finally formulates his rebuttal and says: I think it is a technological system ... a battery (339). This counter-argument appears to create some uncertainty among the others, which leads Freddy to say, ... I have no idea (340) and later I don't get what a component is (344). On the other hand, Elmore's argument also provides an in-depth discussion of what a component really is and how to define it. Henry starts the discussion by expressing that a component is ... something that makes ... [it] ... work in a technological system (345). Freddy and Jonas further complete the statement by adding, It's something that you use in a technological system (346) and ... a part you put together in a technological system (347). Elmore focuses on the electrical parts when he asserts that Components are different kinds of parts in electrical devices that make other devices work (348). All of these statements actually constitute various attempts to define the concept of component, but may also be seen as a willingness to create a joint definition of the concept in collaboration. Freddy concludes this short discussion by saying: ...but it still doesn't say what it is... (349). Through this statement he probably wants to emphasise that they still not have a uniform and unambiguous definition of the concept of component.

We argue that this excerpt constitutes an example of students demonstrating a relatively developed knowledge of components and technological systems simultaneously as they express some shortcomings or misunderstandings about the concepts. For example, at the start of the excerpt Henry defines a technological system as a system in which components work together (305) and most of the students are able to provide examples of systems and their components (computers and batteries). However, different views arise regarding whether batteries can be counted as components or as complete technological systems. Henry argues that a battery is a component (307) and Elmore that it is a technological system (339). The example of the battery is complicated as the system is black-boxed for the viewer (Latour 1999). The different ideas divide the group but also lead to a productive conversation about the issue. The conclusion that something can be both a component in a system and a system in itself never appears in the discussion. Moreover, this particular and double relationship between components and systems constitutes relatively abstract knowledge, while also providing an essential prerequisite for developing a deeper understanding of technological systems. We would also like to highlight the final discussion in the excerpt as an example of a process of common definition of the concept. All of the students individually provide a correct contribution to such definition simultaneously, as the individual contribution is not enough to formulate the definition alone. However, the group never reach an unambiguous and commonly agreed definition, which Freddy also points out at the end (349). A possible alignment to enhance the conversation could be to ask the students what kind of input and output the battery has or to explore it from the inside.

Summary of the results

In our analysis of the excerpts and in the overall data material we have found examples of situations in which concepts, theories and relationships regarding technological systems cause obvious problems among the students. This means situations in which most of the students clearly indicate that they do not understand a concept or realise its meaning.

On the other hand, we also have a relatively large number of situations in which students clearly demonstrate that the concepts and relationships between them do not cause such problems. Our examples of excerpts display both types of situation. Our intention is now to try to summarise the knowledge area of technological systems from the perspective of how students in this study perceive and understand it. We also intend to suggest an overall model (Tables 1, 2, 3) that describes the opportunities and problems that may arise when students try to make sense of technological systems. Where possible and appropriate, we intend to compare our analysis with the results of other studies to create as reliable a model as possible. We do not claim that our model is complete or that it covers all the issues and opportunities that the area encompasses. Nor should our suggestions be interpreted as a claim that knowledge about technological systems is linear or that learning in this area is built on hierarchical principles. Based on the results of this study, it is not possible to express valid statements about this.

Thus, the analysis of the excerpts resulted in three main categories describing how students use the concepts related to technological systems and components and how these may be interconnected. The main categories, together with the underlying sub-categories, are an attempt to structure the subject content that the students talked about during the discussions. For example, the students used different conceptual systems when describing technological systems, which are displayed as sub-categories in Table 1. This means that technological systems can be open or closed, that the systems scale and complexity are continuous from the simple to the advanced, and that a technological system could be a component in another technological system.

Most of the students in the study had no problem describing a technological system as consisting of different parts (components) and that these parts work together to create a desirable function. For example, Magnus (excerpt 2) described the wheel on a bike as a component in a technological system, and Jonas (excerpt 3) put the components together in a computer to explain a technological system. In this context, Bjurulf (2011) stresses that technology education should not only include specific components and artefacts without relating them to the broader context in which they fulfil desirable functions. In the third excerpt, the students' contrasting explanations on a battery became explicit when Henry understood the battery as a component and Elmore described it as a technological system. However, none of the students expressed that the battery could

Table 1 Overall categories describing how students use the concept of technological systems and components

Main category	Sub categories
A. Technological systems consisting of components	Open systems and closed systems (black-boxed) The systems scale and complexity (from simple to more advanced) Technological systems as components in other technological systems
B. Components as part of a whole	Components working together to achieve a desirable function Missing component changing the system or its function Components as technological systems
C. Structure of technological systems	Components lined in a row; a 'to-from' perspective Input and output of the system Components structured in a web; a web-like perspective Sub-systems and hierarchies

Table 2 Categories describing students' use of technological terms without mentioning the subject-specific terms

Main category
D. System control, feedback, flow and information
E. System boundary and system surroundings
F. Socio-technological perspectives

be either, depending on the context. We argue that it is central and important to express the principle that a technological system can be a component of another technological system. This would imply an understanding of the relation of components and systems and the idea that new inventions in technology often put smaller parts or systems together to achieve a new technological system that solves a formulated problem.

Further, some of the students tended to view components as a part of the whole without mentioning that the parts' functions interact with each other to create a working whole. For example, Robyn described components in a circuit board as parts of the whole thing or as parts of a bigger entity (excerpt 1a). However, she mentioned that if you take one part away, it will influence the rest of the system. These results are in line with Svensson's (2009) study. When it comes to describing the structure of technological systems, Magnus (excerpt 2) used a schematic image of a bike to explain how the different components interact to make the wheel spin. In this description, he also included human interaction as a prerequisite for the system to function. It may also be noted that, when choosing an image, he chose an open system that makes the components visible and easier to describe. Svensson (2011) found that a large proportion of students show that they have difficulty connecting the different components to each other and explaining how they work together. Similar difficulties were also found in this study. However, in excerpt 3 Elmore stressed that components are different parts in electrical devices that make other devices work when he argued that a battery is a technological system. This way of arguing could indicate that Elmore understood systems in a more web-like perspective, although more examples are needed in order to say this with certainty.

It is rarely possible to describe technological systems based on theoretical terms, such as, *system boundary* and *socio-technological perspectives*. However, there are situations when students used the content of the concept without mentioning the term itself. We have summarised this type of underlying concepts in Table 2.

The concepts in Table 2 describe technological systems in a more advanced and abstract perspective and, above all, aim to put the systems in a broader context. As mentioned, the students did not actively use these terms, but occasionally discussed similar content. For example, the students in excerpt 3 vigorously discuss whether a battery may be considered as a technological system or a component without reaching a joint solution. However, to understand that a battery can be understood simultaneously as a technological system and as a component in another system can help students to understand the principles of

Table 3 Categories describing possible areas of expanding the group discussions

Main category
G. Co-operation in larger systems
H. Global technological systems; e.g. the Internet
I. Areas of use (possibilities and risks)

a systems boundaries, surroundings and flow. In other words, it can help them understand that technological systems and components, as concepts, can be regarded as relative concepts where the environment and human interactions with the systems need to be described in order to decide what is what (Svensson 2011). We also argue that the concepts in Table 2 are important in technology education because their explicit use helps students to put words on crucial principals about technological systems. The table also provides examples of concepts that students in this study perceived as relatively abstract and complicated, thus offering a tool for teachers in technology who want to expand their students' understanding.

Finally, there are content-related principles of technological systems that none of the students mentioned or related to at any time during the discussions (see Table 3). Students in our study seemed to need support and input from teachers, or other learning tools, such as study material. The main categories in Table 3 could be seen as areas of possibility to expand the teaching further. Together, Tables 1, 2 and 3 form our proposal for a model that forms a teaching strategy on technological systems.

Final discussion and implications

The main purpose of this study has been to explore how students understand technological systems and the relationship between different systems and their components. It has become clear in our analyses that there are underlying concepts and principles of technological systems that have different levels of difficulty and complexity for students in compulsory school (aged 13–14). Using a summary of these analyses and results from other studies, we have concluded that students' perceptions and knowledge about technological systems seem to be divided into three levels of difficulty, which we have compiled in three tables. The first level (Table 1) consists of concepts and principles that a relatively large number of students actively use and seem to comprehend when discussing these issues. However, it is important to emphasise that this does not apply to all students and that certain principles and concepts on this level are experienced as more difficult than others. This applies, for example, to the principle that a technological system could be a component in another technological system or to view systems in a web-like perspective. Nevertheless, Table 1 aims to describe the concepts and principles of a technological system that most of the students in our study perceived as concrete and relatively easy to understand. The main categories of Table 1 are that technological systems consist of components, that a component is a part of a whole, and the structures of the technological systems. These results are mainly in line with the conclusions in other studies (e.g. Svensson et al. 2012). The other two levels consist of concepts and principles that are perceived to be considerably more abstract and difficult for the students to encompass (see Tables 2, 3). The middle level (Table 2) consists of concepts and principles that students discussed only implicitly, and the highest level (Table 3) comprises concepts and principles that none of the students mentioned at any time during the study (Table 3). For example, none of the students mentioned or related to the terms 'system boundaries' or 'system flow' at any time during the discussions.

An important implication is that the concepts and principles in Tables 2 and 3 need explicit attention in technology teaching in compulsory school. By giving students the opportunity to learn to use the correct terms, they will acquire a technical language that facilitates their understanding. We argue that the ability to put more precise terms on the

thoughts and ideas the students express may be defined as a kind of knowledge development in this context. Another important conclusion is that the students' joint discussions have been of crucial value for their knowledge development and their ability to express themselves about technological systems. One example of this is the discussion in excerpt 3, where the students express different hypotheses about whether a battery may be considered as a component or a technological system. However, the group does not really solve the problem, but it does create an explicit need to define the different things. The discussions also clarified different perspectives from the members of the group and could contribute to developing students' awareness of critical perspectives on important society decisions in the future, effects of technological solutions in society and daily life choices. A conscious teaching strategy could actively support the development of this awareness. First, it implied that the students received examples of different types of technological systems from the relatively simple to considerably complex. Second, the individual presentations of the chosen image forced reflection and argumentation about how the chosen system could be defined as a technological system. Third, the choice of an image meant that the students' thoughts and ideas about technological systems and components became explicit. As part of such a strategy, we suggest letting students choose images as a representation of a technological system. This way, teachers could gain insights into students' prior knowledge and possible misconceptions. In addition, the process of explaining, comparing and justifying their choice of images could help advance students' understanding of technology.

Acknowledgements This work was financially supported by the research school "Communicate Science in School" (CSiS) and the Swedish Research Council (Dnr 2013-6848).

Open Access This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

References

- Bjurulf, V. (2011). *Teknikdidaktik—Vad, hur och varför? [Technology didactics—What, how and why?]*. Riga: Norstedts.
- Burges, R. G. (Ed.). (2010). *The research process in educational settings: Ten case studies* (Vol. 168). London/New York: Routledge.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2013). *Research methods in education*. New York, NY: Routledge.
- De Vries, J. M. (2005). *Teaching about technology—An introduction to the philosophy of technology for non-philosophers*. Dordrecht: Science and Technology Education Library, Springer.
- Goldman, R., Pea, R., Barron, B., & Derry, S. J. (Eds.). (2014). *Video research in the learning sciences*. New York, NY: Routledge.
- Gyberg, P., & Hallström, J. (2009). *Världens gång—teknikens utveckling [The world's movement—The development of technology]*. Lund: Studentlitteratur.
- Hajer, M., & Meestringa, T. (2014). *Språkinriktad undervisning. En handbok [Language-oriented teaching. A handbook]*. Stockholm: Hallgren and Fallgren.
- 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(3), 387–405. <https://doi.org/10.1007/s10798-016-9356-1>.
- Hughes, T. P. (1993). The evolution of large technological systems. In W. E. Bijker, T. Hughes, & T. Pinch (Eds.), *The social construction of technological systems. New directions in the sociology and history of technology* (pp. 51–82). London: The MIT Press.

- Engelstam, L. (2012). *System—Att tänka över samhälle och teknik [System—Thinking of society and technology]*. Eskilstuna: Energimyndigheten.
- International Technology Education Association. (2000). *Standards for technological literacy: Content for study of technology*, 3rd edn. Reston, US: International Technology Education Association. <https://www.iteea.org/File.aspx?id=67767&v=b26b7852>. Accessed November 3, 2017.
- Jakobsson, A., & Davidsson, E. (2012). Using sociocultural frameworks to understand the significance of interactions at science and technology centers and museums. In E. Davidsson & A. Jakobsson (Eds.), *Understanding interactions at science Centers and Museums*. Rotterdam, NY: Sense Publisher.
- Jakobsson, A., Mäkitalo, Å., & Säljö, R. (2009). Conceptions of knowledge in research on students' understanding of the greenhouse effect: Methodological positions and their consequences for representations of knowing. *Science Education*, 93(6), 978–995.
- Klasander, C. (2010). *Talet om tekniska system—förväntningar, traditioner och skolverkligheter [The talk of technical systems—Expectations, traditions and school realities]*. Norrköping: FontD Linköpings Universitet. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:395176/FULLTEXT01.pdf>. Accessed July 18, 2017.
- Koski, M.-I., & de Vries, M. (2012). Primary pupils' thoughts about systems. An exploratory study. *Science education and communication (SEC)*. Technical University of Delft. <http://www.ep.liu.se/ecp/073/030/ecp12073030.pdf>. Accessed November 3, 2017.
- Koski, M.-I., & de Vries, M. (2013). An exploratory study on how primary pupils approach systems. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(4), 835–848.
- Latour, B. (1999). *Pandora's hope: essays on the reality of science studies*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Lemke, J. (1990). *Talking science. Language, learning, and values*. Norwood, NY: Ablex.
- Örtnäs, A. (2007). *Elevers vardagsuppfattningar om tekniska system [Pupils' everyday conceptions of technical systems]*. Linköping: Linköpings Universitet. <http://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:23542/FULLTEXT01.pdf>. Accessed November 3, 2017.
- Säljö, R. (2005). *Lärande och kulturella redskap. Om lärandeprocesser och det kollektiva minnet [Learning and cultural tools. About learning processes and collective memory]*. Falun: Norstedts Akademiska Förlag.
- Säljö, R. (2012). Literacy, digital literacy and epistemic practices: The co-evolution of hybrid minds and external memory systems. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 7(1), 5–19.
- Serder, M., & Jakobsson, A. (2016). Language games: The meaning potentials of scientific literacy surveys. *Science Education*, 100(2), 321–343.
- Skolverket (Swedish National Agency for Education). (2011). *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet 2011 [Curriculum for the compulsory school, preschool class and the recreation centre, 2011]*. <https://www.skolverket.se/laroplaner-amnen-och-kurser/grundskoleutbildning/grundskola/laroplan>. Accessed November 1, 2017.
- Skolverket (Swedish National Agency for Education). (2016a). *SiRiS—kvalitet och resultat i skolan [SiRiS—quality and results in school]*. <http://siris.skolverket.se/>. Accessed November 2, 2017.
- Skolverket (Swedish National Agency for Education). (2016b). *Språkutvecklande arbetssätt [Language development approach]*. <https://www.skolverket.se/>. Accessed November 3, 2017.
- Svensson, M. (2009). Från föremål till system: Mot en undervisningsstrategi i grundskolan [From artefact to system: Towards a strategy for education in primary school]. In Å. Ingerman, K. Wagner, & A.-S. Axelsson (Eds.), *På spaning efter teknisk bildning [On the look for technical literacy]* (pp. 207–221). Stockholm: Liber.
- Svensson, M. (2011). *Att urskilja tekniska system—didaktiska dimensioner i grundskolan [To discern technical systems—didactic dimensions in primary school]*. DIVA: Linköpings Universitet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:382726/FULLTEXT01.pdf>. Accessed November 3, 2017.
- Svensson, M., Zetterqvist, A., & Ingerman, Å. (2012). On young people's experience of systems in technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 17(1), 66–77.
- Trist, E., & Murray, H. (Eds.). (1993). *The social engagement of social science*. Volume II: The socio-technical perspective. Philadelphia, PA: University of Pennsylvania.
- Vygotsky, L. (1986). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Wertsch, J. V. (1998). *Mind as action*. New York, NY: Oxford University Press.

Paper II



STUDENTS' ABILITY TO EXPRESS AND DEVELOP KNOWLEDGE ON FUTURE TECHNOLOGY AND SUSTAINABILITY THROUGH A DESIGN ACTIVITY

Abstract

The purpose of this study is to explore whether, and if so how, a design activity could promote students to express and develop knowledge on future technology. In a technically dependent society, like the one we are living in today, it is of importance to be able to control technology and make informed decisions connected to technology. Design activities could be a significant contribution to technology education while students are developing knowledge on technology. The study also aims to discern students' verbal interactions, regarding their ability to develop technological literacy with support of a physical model.

The study is based on several small-group interactions, which were recorded, selected, transcribed, analyzed and discussed. This research project was conducted as an observation of technology education in a Swedish compulsory school. The students (aged 13-14) negotiate and share knowledge in technology as they interact with fellow students. The results indicate that most of the students in a relatively large number of situations express knowledge on future technology as well as adopt a sustainability perspective while working in a design activity. Thereby, they could successively develop technological literacy.

The real power of developing technological literacy is its democratizing effects where everyone seizes opportunities to participate in future decision making in society, which possibly could contribute to a sustainable society.

Keywords: technology education; design activity; future technology; sustainability; technological literacy

Introduction

Most curricula in western societies assert that technology education should help students to develop interest in technology and ability to meet technical challenges in a conscious and innovative way. For example, Swedish technology education is characterized as a subject which aims to develop students' technical skills and technological awareness in order to prepare students for being part of and acting in a technology-intensive world (Skolverket, 2017). A significant part of technology education is to communicate ideas through creating drawings and models with support of technological concepts and symbols. According to Skolverket (2014) technical drawings are a considerable part of communicating ideas in technology, for example, to explain your ideas to another person, but also to clarify your thoughts about a design. It is important that students develop a technological literacy so that they can participate in society in the best possible way. This implies that students' ability to communicate technology in different situations must be a central part of the technology teaching. The teacher should thus create opportunities for different interactions in the classroom, such as group interactions along with practical work. This could possibly support students to develop technological literacy, which combine technological awareness, ability to work with problem-solving activities, ability to work in projects as well as ability to communicate ideas supported by, for example, a drawing or a model (Custer et al., 2001; Blomdahl and Rogala, 2008). Technical literacy should also enable students to reflect on their technological lives (McCormick, 2006; Keirl, 2006), develop

a critical awareness of how to live in a technological world, and learn to discern benefits and disadvantages of technology (Dakers, 2006).

Middleton (2009) argues that an important part of technology education is an explicit attention on problem-solving and developing thoughts of sustainability. Further, Winthrop et al. (2016) advocate that educational activities become relevant and engaging when students are involved in doing things while thinking about the doing and responding to challenges in a real world. They argue that we can expect societies to work well with future technologies if young people are equipped with abilities within literacy, numeracy and science as well as flexibility, creativity and collaborative work. Svensson and Johansen (2019) assert that technology activities often are presented as problem-solving activities where students develop ideas and technological solutions collaboratively. Technology education, according to Wells (2013), has the potential to support design thinking which enables students to identify and develop solutions to potential technological achievements. Archer and Roberts (2009) claim that a design activity has to do with the individuals in relation to artefacts and systems and also estimations of the effects of human activities such as sustainability issues. Wells (2013) recognizes design activities as an essential part of technological literacy and that education should be improving design and creative thinking rather than limiting creativity and risk taking. Therefor design activities could be part of education from an early age, especially within the learning of technological literacy (Wells, 2013). Lind et al. (2019) investigated how students expressed themselves about technology in small-group interactions. The results indicate that the students, by using images as support in the interactions, seem to develop technological knowledge (conceptual knowledge).

In view of these studies, we aim to investigate whether students, by combining a practical activity with theoretical subject content, can turn uncomplicated, described factual knowledge into relational, generalized knowledge of technology. After considering conceptual knowledge, it is also important to recognize procedural knowledge as well as the combination of them in an activity in technology. Carefully thought-out design activities can possibly create the conditions for students to develop an understanding of technology, since conceptual understanding is related to procedural knowledge.

In the present study, we intend to investigate how students express and develop knowledge in technology through a design activity. Thus, we try to get a view of students' development of understanding of technology. We will also discuss how students successively develop technological literacy within a technology design project. The design activity task included students to independently make a drawing and a model of a possible future apartment. It involved a reflective dialogue where the students' ideas were tested with other participants' ideas. The dialogue, where the participants presented how they would use future technology in their constructions, was situated in a classroom context. The purpose of this approach is to explore in what ways a design activity could promote students to communicate knowledge on future technologies and thereby successively develop a technological literacy.

Theoretical background – technological literacy and the design process

Technological literacy

ITEA (2007) defines technological literacy as having the ability to manage, use, evaluate and develop problem-solving ability as well as understanding technological systems and artefacts. According to Frederik et al. (2011) it is required that one has hands-on abilities, such as making a drawing, using tools and constructing a model, to be considered technological literate. It is also required that a technological literate individual has the ability to communicate knowledge in a specific situation (Blomdahl and Rogala, 2008; Frederik et al., 2011). Lind et al. (2019) investigated students' ideas about technological concepts. The study focused on students' reasoning and collaboration in small-group interactions. The students chose an image that represented a technological concept. Then they used the image when presenting and discussing the concept. A conclusion in the study was that students' joint discussions were of great value for their knowledge development and their ability to express themselves about technology. The process of explaining and justifying a choice of image seemed to support development of technological knowledge as well as thoughts on technology. The students expressed and developed knowledge about technological concepts within a specific situation, which according to Blomdahl and Rogala, (2008), is regarded as a part of technological literacy.

Ingerman and Collier-Reed (2011) emphasize that actions and competences used in the situation are essential parts of technology as well as technological literacy. Technological literacy occurs within the relation between individuals and technology in a particular situation (Ingerman and Collier-Reed, 2011). In the situations in the present study, the students negotiate the roles through social engagement. More experienced students take responsible action to involve less experienced students in the situation. According to Ingerman and Collier-Reed (2011), this is an essential part of achieving and developing technological literacy. Further, Ingerman and Collier-Reed (2011) consider competences in action as an essential part of technological literacy. They perceive competences in action as recognizing needs, articulating problems, contributing towards the technological process and analysing consequences. The enactment of technological literacy involves competences in action and could be described as how technical knowledge are used through social commitment. For example, students recognize a need for electricity in apartments and discuss how to solve the emerging problem with fellow-students. The context requires students to use their knowledge on how technological systems of electricity supply work to be able to articulate the problem and to solve the problem thus contributing towards a technological process. This requires competences in action, which together create a context where students possibly could solve the problem. The enactment of technological literacy is the relationship between the articulated problem and the recognized need. In other words, in what way do the solution solve the identified problem and satisfy the need. A technological process aims towards finding a solution to an articulated problem. Analysing consequences of the solution forms a central part of feedback that will shape the outcome of the technological process (Ingerman and Collier-Reed, 2011).

The design process as a design activity in school

In technology education, the design process is integrated because students are expected to be able to identify problems, think problems through and explore new approaches if the first one did not work (Vande Zande et al., 2014). Vande Zande et al. (2014) propose six aspects of the design process. These aspects encompass defining a problem, investigating and researching, generating ideas, making the prototype, presenting and finally evaluating and revising. This is in line with Middleton's (2005), aspects of the design process: identifying a problem, undertaking research, developing solutions, producing solutions and evaluating solutions. Mioduser (1998) suggests that students are involved in four aspects while designing technological solutions: identifying problems, exploring ideas of solutions, constructing and finally evaluating. In accordance to the Swedish curriculum, these aspects are similar to a technology development work: identifying needs, investigating, developing solutions, designing and evaluating a product (Skolverket,

2017). In comparison, these definitions are similar, except Vande Zande et al. (2014) who has added an aspect of presenting the prototype.

Students should be given opportunities to develop their abilities to communicate the language of technology with support of various presentation techniques, such as drawings and models (Blomdahl and Rogala, 2008). Martin (2017) stresses that one way to express knowledge and to explain and clarify an idea is by sketching. Hence, the technical drawings and models could be looked upon as a visible evidence of the understanding achieved during a project. According to Buxton (2007) the drawings and models could, in interaction between students, be developed and revised while they achieve new knowledge. De Vries (2005) states that some technical knowledge has to be visualized, for example, in a technical drawing where future technology can be imagined without physical material. Accordingly, de Vries (2005) assumes that drawings contain a large amount of knowledge that may not be articulated in words. Medway (1994) argues that drawings might express perspective on the design that cannot be constructed practically as well as promote interaction in the work process.

Design activities are often characterized as technological problem-solving activities (Rowell, 2002), where students should learn to think innovative and become creative problem-solvers both as individuals and as members of a group (Barlex, 2006). Problem-solving is an ability where people need to come up with solutions to their everyday challenges (Wakefield, 2017), this includes both thinking and doing (Svensson and Johansen, 2019). For example, the making of a drawing of an apartment requires students to have practical skills as well as theoretical skills to know how to construct technical drawings. This reasoning works well together with McCormick's (2004) statement that technological knowledge is procedural, conceptual and context dependent. Designing an apartment is context-dependent, which gives that students current knowledge is included in the design process and is developed during the constructing process. McCormick (2006) consider procedural knowledge as managing to take on a problem and solve it in a practical way. Conceptual knowledge is understanding how things are connected and related to each other and being able to think out solutions and linking knowledge from different areas (McCormick, 2006). Procedural knowledge and conceptual knowledge are included in practical problem-solving (Svensson and Johansen, 2019) and design (McCormick, 2004), such as designing an apartment in a classroom context.

Williams (2000) expresses the importance that technology activities should be considered as thoroughly integrated and not divided into procedural and conceptual knowledge or practice and theory. By working with technological systems in a known context, for example, technological systems related to an apartment, one grants students' opportunities to develop understanding of the technical environment they live in (cf. Lind et al., 2019). Hence, students could develop technological awareness of how society is constructed in systems (Blomdahl and Rogala, 2008) in a practical problem-solving activity (Svensson and Johansen, 2019). During a design activity, sketching helps designers to handle different levels of abstractions (Cross, 1999), think problems through (Buxton, 2007), extend short-term memory for problem-solving (Lane, 2018), support communication and analysis (Hennessy and Murphy, 1999; Schütze et al., 2003) and develop design in teams (Goldschmidt, 2007). Sketching is an important part of the design process (Cross, 1999), as in identifying needs, developing solutions and analyzing consequences based on current knowledge (cf. Cross, 1999; Goldschmidt, 2007; Schütze et al., 2003). Nielsen (2017) states that in order to take part in decision making and problem solving in the nearby future regarding technology, students' development of understanding the design process is important.

Middleton (2005) argues that designing is an intellectual process, which involves reasoning. This reasoning is facilitated by visual representations of knowledge such as images and physical models as well as tinkering with tangible material (Middleton, 2005). Representations could possibly provide students with support in a problem-solving design activity (Middleton, 2005; Larkin and Simon, 1987), such as the making of technical drawings. The drawings and models express both theory and practice, thus bringing students' ideas to a tangible form and visualizing specific properties (Martin, 2017). Technical drawings could visualize as well as communicate ideas and concepts on future technological solutions (Martin, 2017). Söderling (2018) asserts the importance of giving the students opportunities to use different ways of expressing themselves, to get access to abilities that are required to describe, for example, technical drawings. Technical drawings may support students to specify the problem and create a common ground for dialogue and discussion within the problem-solving process (Blomdahl and Rogala, 2008). In some cases, visual representations communicate complex technological solutions better than written words (Nielsen, 2017).

In a study, Yliveronen et al. (2018) explored six-year old students' collaboration during a craft design assignment from the perspective of verbal and embodied interactions. The assignment was to collaboratively design and sketch forest animals' nests. Their focus was on students' verbal interactions depending on the use of language and embodied interactions during a design assignment. The results indicate that six-year-olds can work collaboratively and verbally solve a design task. The students have developed sufficient abilities to be able to express their thoughts, consider and listen to the other participants and find a way to collaborate as a group. Rowell (2002) studied students' interactions as they participated in a shared task of building a robot. Her study focused on problem-solving through technology where each student participated in a group by jointly creating a robot. The results indicate that language skills are central to solve problems collaboratively (Rowell, 2002). Hennessy and Murphy (1999) explain this as a close relationship between verbal language and underlying thoughts. They conclude that discussions develop thinking, as ideas are shared and evaluated, feedback received and interpreted, new issues resolved and joint decisions taken. According to Razzouk and Shute (2012) students' abilities to clarify and elaborate ideas, develop as they put words to their ideas in small-group discussions. Vande Zande et al. (2014) stresses that when students interact with other students that have different perspectives, knowledge and skills, they thereby develop abilities to express knowledge in various ways. If students develop an understanding for the design process, it is likely that they could achieve abilities to expand their technological literacy (International technology education association (ITEA), 2007; Frederik et al., 2011).

The study and research questions

The purpose of this study is to further explore students' abilities to express and develop knowledge on future technology and sustainability through a design activity. An underlying question is to explore whether, and if so, how students successively can develop technological literacy during a project. The students' task was to independently make a drawing and a model of an apartment, which also gave opportunities to explain and describe how they would use future technology. Sustainability issues were not explicitly stated in the task.

The research questions in this study are as follows:

1. In what ways do students express and develop knowledge about future technology and sustainable development through a design activity?
2. In what ways could a design activity promote students' progress development of technological literacy?

Collecting data

An important purpose of this study has been to come close to students' ideas on technology. In order to collect data, we used video recordings of students' interactions, which support a socio-cultural perspective (Mercer, 2000). Video recordings capture material, that is useful when analysing, for example, how students interact with each other and a model (cf. Cohen et al., 2011; Goldman et al., 2014). Ash (2007) stresses that video material allows researchers to capture detailed dialogues and non-verbal communication. The video data have been of importance as the students' interactions often focused on their models of apartments and details therein. It is possible to look at the models as an important cognitive tool that possibly could promote students' ideas on future technology and sustainability.

The analytic process

Our analysis adopts a sociocultural perspective, which implies that students through technology education are socialized into scientific ways of reasoning and acting (Vygotsky, 1986; Säljö, 2012). The analytic procedure in the present study was separated in three separable but interrelated phases. In the first phase of the analysis, all collected material was carefully reviewed and content-related situations were selected for further analysis (approximately 15 h). In the second phase, we focused on specific situations where the students more explicitly expressed their knowledge about future technology and sustainability in relation to their models. All of these specific situations were carefully transcribed and constitute the material for the in-depth analysis of the students' reasoning (approximately 4 h). The analysis in this phase implied that we could explicitly focus on our research questions in more detail. However, we interpreted all transcriptions as adaptations of digital recordings, which therefor are the primary material (Burges, 2010). The transcriptions had focus on the students' interactions and how they express themselves in relation to content. According to Mercer (2000), discussions between students could be valuable for the construction of knowledge. Further, he regards that students' social identities affects how they act, talk and how their fellow-students act in the classroom. In the third phase, we adopted Middleton's (2005) aspects of the design process and one part of Ingerman's and Collier-Reed's (2011) model to investigate technological literacy. The process of studying students' knowledge and understanding in technology becomes a process of studying students' ability to use language in relevant ways while engaged in a design activity; that is, to analyse how students are able to formulate when reasoning, arguing and learning in situated activities (Jakobsson et al., 2009). By studying how students discuss and reflect while engaged in a design activity, it is also possible to find and describe examples how students use competences in action. In the results section, we describe examples from these situations, thereby clarifying in what ways the students' express knowledge on future technology and sustainability.

Methodical considerations and analytic perspectives

Setting and participants

The study was conducted in a municipal school in the southern part of Sweden. A total of 36 students took part in the project, which followed technology education during a period of four weeks. The data collection was performed in a year 8 class, where the students are 13-14 years old. In accordance with the ethical principles of the Swedish research Council the students and their guardians were presented to the aim of the study and informed about their participation. Our primary interest is to investigate how students express and develop knowledge about future technology through a design activity and how they manage to develop technological literacy. Thus, in view to come as close to students' ideas as possible, it was important to record the interactions. However, there are factors that are difficult to control, such as how the groups are composed and how the students respond to the video camera. Parkinson (1999) asserts that the setting in a study may possibly influence and to some extent limit the language-related outcomes in a discussion. Our assumption is that students' understanding of future technology may become obvious and explicit when they present and discuss in small-groups alongside practical work and theoretical input.

The classroom settings in current study

The students were introduced to a design activity assignment, where they individually constructed a drawing and a model. The drawings were made in scale 1:20 and the relationship between the drawing and the model was 1:1. The students worked simultaneously with theoretical inputs and practical design work. The theoretical inputs were especially about future technology, such as graphene, and how one could use it in a nearby future. We assume that the physical model refers to the knowledge the students have acquired and built in the model during the project (cf. Schoultz et al., 2001). The activity of making a model supported abilities in the design process, which according to Johnsey (1998) are such as planning, evaluating, suggesting how to proceed, identifying strengths as well as weaknesses in the design and thus improving the design.

Twice a week, the students were divided into small-groups to present their models. A heterogeneous group of students could possibly extend the range of experience and the group could be able to further develop its experience, which is more difficult to do individually (Buxton, 2007). According to Brown (1997) small-groups could possibly create meeting places for reflection and cooperative learning. In the small-groups, the students presented and discussed the use of future technology in their models. The models were utilized as memory support and a thing to focus on in the interactions because everyone could relate to their own model. Blomdahl and Rogala (2008) consider communication with support of a model as a way to establish a language of technology that possibly could visualize students understanding and clarify their thoughts. Barlex (2006) finds students more likely to develop co-constructed knowledge in socially shared activities, such as group interactions where students carry out peer-reviews while working on a project. The design activity in this study can be described as five aspects: planning (including considerations of constraints), designing, making, reflecting on and presenting a physical model. Input from teachers encourage, alongside practical work, students to express and develop knowledge on the use of future technology. The inputs included a TV show, literature studies, teacher's lectures and group interactions about future technology.

1. *Planning* of their future apartment. The students planning proceeded by identifying needs and collecting ideas, which were translated into a technical drawing (Figure 1).

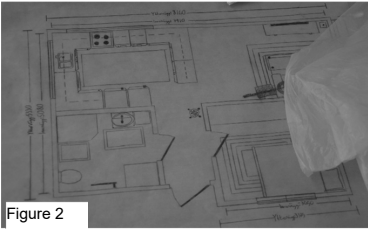


Figure 2

2. *Designing* a technical drawing. This aspect was a process in which the students examined ideas and then produced a solution in a technical drawing (Figure 2).



Figure 1

3. *Making* of models (Figure 3). At this aspect, interaction with the model could be described as interaction through tinkering which provided engagement as to develop the model (Collier-Reed, 2006).

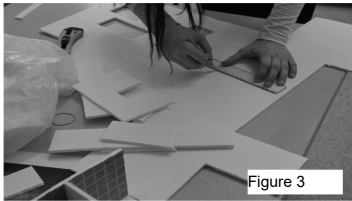


Figure 3

4. *Reflecting* on drawings and models (Figure 4). According to Wells (2013) reflection may be a way to structure knowledge and develop understanding.



Figure 4

5. *Presenting* drawings and models. The students gave and received verbal response as well as expressed knowledge on future technology (Figure 5).



Figure 5

In this context the design activity involved the design process aspects stated by Middleton (2005): identifying a problem (aspects 1-2), undertaking research (aspects 2-4), developing a solution (aspects 2-5), evaluating the solution (aspects 4-5) and finally producing a solution (aspects 2-4). In the present study, we investigate classroom activities were the design process is given implicit attention.

Results

This section presents the results of the empirical study that focused on students' ideas on future technology (new technology). In the following excerpts, the students' ways of expressing knowledge in a design activity is illustrated. These extracts were selected because we found them representative examples of the entire material.

In the following excerpt Robyn, Kanye, Kim and Olof are discussing how they would use future technology in their apartments.

Excerpt A

A1. Robyn: I would've built in graphene and then I would've used ... algae batteries ...(Figure 6)

A2. Kanye: Graphene?

A3. Robyn: ... as walls ... as algae are ruining the oceans ...

A4. Kanye: You can use graphene as windows

A5. Robyn: Yeah but then the rain will get in

A6. Kanye: Aha that's right because it's ...yeah that's right

A7. Robyn: You mix it with something else

A8. Kim: But of course it does if you have walls of graphene

A9. Robyn: Yeah I have a roof that will ...

A10. Kim: It rains in?

A11. Robyn: Yeah but then I can get water when it rains on graphene and then we have ... Let's say that here is the roof ... yeah normal like and then the graphene and it can go through the graphene and so I have filtered away the bad water

A12. Olof: Ah

A13. Robyn: So you can drink the water



Robyn initiates the discussion on future technology by stating I would've built in graphene and then I would've used ... algae batteries ...(A1). Robyn shares her thoughts on how she would use the algae batteries as constructing material of her walls and articulates a problem with algae in the oceans (A3). However, the algae batteries are left with no attention from the other participants. Instead Kanye's utterance You can use graphene as windows (A4), seems to show that he wants to deepen the discussion on graphene and how one can use graphene in technological solutions, which indicates that he recognizes a need for graphene. Robyn analyses a consequence and evaluates the solution of choosing graphene as windows Yeah but then the rain will get in (A5). Kanye confirms Robyn's idea on the properties of graphene (A6). Robyn and Kanye use the model to point out and reinforce their reasoning. The model could thus be looked upon as an external memory system, that students can utilize to clarify, visualize, support or reinforce reasoning in technology. Robyn tries to expand her thinking on graphene as a constructing material by presenting a refined solution. This possibly reflects her developing technological awareness. With the statement But of course it does if you have walls of graphene (A8), Kim contributes by identifying the problem of rainwater passing through, which is a consequence of walls built of graphene. Kim is questioning Robyn's idea of building roofs of graphene. Kim asks for a clarification as she articulates a question on the choice of material It rains in? (A10). Robyn explains how she gets drinking water out of rain water Yeah but then I can get water when it rains on graphene and then we have ... Let's say that here is the roof ... yeah normal like and then the graphene and it can go through the graphene and so I have filtered away the bad water (A11). This is central to Robyn's reasoning about the

use of future technology. She recognizes a need and contributes towards a technological process and thereby she highlights that graphene could be used as a water filter system, which possibly could provide apartments with drinking water. The latter gets obvious in the following part of the interaction where Robyn states that [...] you can drink the water (A13). Robyn adds a functional property of graphene and formulates arguments for choosing graphene in her construction.

The discussion constitutes an example of students' growing ability to discuss future technologies, while the discussion as such may support their understanding of new concepts. Robyn's utterance (A11) is an example of how such understanding is demonstrated. She has reached understanding that one of graphene's applications is to clean water (cf. Bird, 2018). Another example of this is Kanye's suggestion to use graphene as windows and Robyn as well as Kim argue that the rain water will leak through. Further in the discussion Robyn solves the leaking-problem by suggesting that graphene filters away "bad" water and provide drinking water. The group's questioning of Kanye's claim leads to a reflective dialogue on how to solve sustainability issues using future technology in technological solutions.

The sustainability issue is implicitly expressed in the subsequent excerpt as Alfons, Nina, Kim and Magnus present and discuss the concept of passive houses.

Excerpt B

B1. Alfons: Passive houses? (Figure 7)

B2. Nina: They are basically self-sufficient heat saving houses...

B3. Kim: Self-destructing?

B4. Nina: Self-sufficient

B5. Alfons: Energy-efficient so to speak.

B6. Nina: Yep. [...] it uses all the energy that otherwise would have gone lost...like rests of body heat [...] used as electricity and heat so then you don't need to use as much energy and water. Yeah.

B7. Alfons: Houses that save... for example, people can have, you know like, kind of solar cells on the roof. That save energy. Thick walls insulate well.

B8. Magnus: Yeah, it's like houses that get their own energy for example maybe you have solar panels Yeah cycling in the cellar...



Nina uses her model to present the idea behind passive houses They are basically self-sufficient heat saving houses... (B2). Her statement indicates that she recognizes a need for passive houses by arguing that these houses save heat and that they are self-sufficient. Alfons deepens the understanding of the concept self-sufficient Energy-efficient so to speak (B5) and this could be looked upon as the first step towards a technological process in a passive house. Nina continues: [...] it uses all the energy that otherwise would have gone lost...like rests of body heat [...] used as electricity and heat so then you don't need to use as much energy and water (B6). Nina refers to her utterance on self-sufficiency and develops thoughts by arguing that passive houses use the heat from both people and electric devices to avoid wasting energy. She refers to body heat as a consequence of taking care of rest heat. Alfons gives some examples on how to save energy: [...] kind of solar cells on the roof. That save energy. Thick walls insulate well (B7). Magnus summarizes by emphasizing that it's like houses that get their own energy for example maybe you have solar panels ...(B8). This could indicate that Magnus contributes to the solution of creating your own energy and becoming self-sufficient.

The participants formulate some arguments for a specific technological solution, passive houses, with justifications, for example, the use of thick insulate walls and renewable energy resources such as solar panels.

This indicates that the students are thinking how to build a house in an energy efficiently and a sustainable way. Nina and Alfons seem to have reached a joint agreement, that self-sufficient and energy-efficient are similar. Nina's statement (B6) reinforces this conclusion as she agrees with Alfons and further explains that passive houses use energy that otherwise would have gone lost. Moreover, Alfons utterance (B7) may indicate a possible understanding of the properties of a passive house. The aspects of environmental issues are explicitly expressed as they discuss properties and evaluating solutions of passive houses, for example, the supply of energy.

In the next excerpt Chris, Ollie, Elmore and Moody are discussing the use of future technology in their constructions of an apartment.

Excerpt C

- C1. Chris: How would you build your house if you had access to new technology?
- C2. Ollie: I would've chosen them batteries...
- C3. Chris: I would've used nanotechnology so that they can regulate the heating by itself
- C4. Ollie: Yeah I would've too. The batteries as walls. They create energy ... then ...
- C5. Chris: I would like the whole of my house to be built in that carbon...
- C6. Elmore: Graphene
- C7. Chris: Yeah
- C8. Ollie: Even though water runs through it
- C9. Elmore: Then you could build a part of your house so that you get all your water from ... a wall
- C10. Moody: Yeah (nods)
- C11. Elmore: Collect all the water from a stream (chuckles)
- C12. Ollie: Just like Minecraft, a never-ending source of water
- C13. Chris: You can make a hole here with just that graphene ... (Figure 8)



It seems likely that Ollie refers to algae batteries though it is a part of the input from the teacher. He possibly recognizes that he could use them in his apartment (C2). Chris continues Ollie's argument and seems to identify a property of the algae batteries by suggesting that I would've used nanotechnology so that they can regulate the heating by itself (C3). This could indicate that Chris perceives nanotechnology as heat regulator in algae batteries. Ollie's utterance [...] The batteries as walls. They create energy (C4) could demonstrate that he considers that walls that include algae batteries could provide the apartment with energy. He possibly recognizes a need for algae batteries as bricks of energy creating walls and thereby he develops a solution to the energy supply system in an apartment. Here it is possible to conclude that the student has a preconceived notion that energy is created, which is not the case. It is energy forms that are transformed. It appears likely that Ollie perceives the batteries as a component in two different ways. Firstly, the batteries as a construction material and secondly as a component in the technological system of energy supply. Chris possibly recognizes a need with his utterance: I would like the whole of my house to be built in that carbon (C5), which brings Elmore to introduce the concept graphene. Ollie analyses the consequence of choosing graphene as constructing material when he refers to properties of graphene: Even though water runs through it...(C8). Elmore contributes by claiming: [...] you could build a part of your house so that you get all your water from ... a wall (C9). Elmore seems to perceive a technological system where graphene is a component in the water supply system. He possibly tries to contribute to a technological process by stating: Collect all the water from

a stream (C11). Ollie continues on Elmore's idea on the use of future technology and points this out on Elmore's model: Just like Minecraft, a never-ending source of water (C12). Ollie is using his previous experience from playing Minecraft and applying it to a physical model. Future freshwater supply is presumably a problem that needs solutions and the students in this group recognize the need and try to find a solution to the problem in a playful way by using their previous knowledge from Minecraft. They use the models as support for backing up their suggestions. For example, the utterance on making a part of the house in graphene, to get a never-ending source of water, as a water supply system. The sustainability perspective on water supply is implicitly expressed, for example, creating an infinite water source. This may indicate that they discovered a way to get water in a sustainable way. The students spontaneously integrate graphene in their model. The model also seems to facilitate the use of knowledge from a different area, computer game.

In the fourth example Nina, Alfons and Phil discuss future technologies.

Excerpt D

D1. Nina: ...and electricity I get from the windows with built-in solar cells. Plants on that. Yeah live by the sea so I use water power and wind power so it there from I get the most of my electricity... (Figure 9)

D2. Alfons: Vättern that's a lake. How do you use water power there?

D3. Nina: Because its water...

D4. Alfons: Yeah but water power has to lead the water somewhere.

D5. Nina: Yeah but...

D6. Alfons: Tunnels or I don't know.

D7. Nina: It's like a small water power plant. Environmentally friendly options. Solar power. My house is made of wood. The wood comes from Swedish forests. The walls have I made of algae batteries so that energy is stored therein. I had the roof so that it's solar cells. Much more energy from wind power and water power... may not buy electricity.

D8. Alfons: If I had to build with new technology, I would have had this eeh... window so ehm...nanotechnology for windows as they arrived in 2004, so an atomic layer eeh... Lead as windows and then I would have had algae like walls for it as saving energy ... then you could have been a year-consuming eeh ... years of self-consumption is kind of something like that ...

D9. Phil: Yeah

D10. Nina: Self-sufficient

D11. Alfons: Self-sufficient, fully self-sufficient. It would have been very environmentally friendly, so I strive for it.

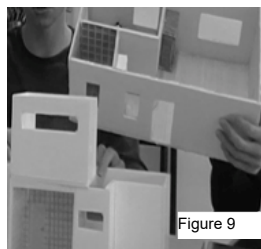


Figure 9

Nina develops a solution as she shows on her model and talks about solar cells integrated in the windows: ... and electricity I get from the windows with built-in solar cells (D1). She continues: [...] I use water power and wind power so it there from I get the most of my electricity (D1), where she clarifies that it is electric energy she refers to. Nina states that the electric energy sources, in her apartment, are solar-cells, water power and wind power, which indicate a sustainable thinking. Nina identifies the need for electricity and three sources of electricity production. These are renewable resources that are generally considered to be part of sustainable development. Alfons problematizes the issue regarding electricity from water power: [...] that's a lake. How do you use water power there? (D2). Thereby, Alfons evaluates Nina's solution and raises a question of

investigative character. Therefore Nina needs to continue her reasoning about electricity from water power. Because its water (D3). This possibly indicates that she needs to think through how a water power system works before she can explain it. Alfons utterance: Yeah but water power has to lead the water somewhere (D4), may indicate, by the questioning and arguing, that he probably has developed some knowledge of technological systems, in this case, the water power system. It is not clear how he contributes towards a technological solution because his proposal of a solution (D6) does not lead the discussion further. However, Nina answers: It's like a small water power plant. Environmentally friendly options, indicates that she has made a thoughtful choice considering the environment. She continues by formulating: My house is made of wood. The wood comes from Swedish forests. Nina continues to articulate arguments for a sustainable development, in this example, locally produced timber. Nina continues by stating: The walls have I made of algae batteries so that energy is stored therein (D7). She seems to recognize the need for storing energy and looks upon algae batteries as a possible solution to this. It is likely that she perceives algae batteries as technological systems, that store energy inside. Nina identifies a need for algae batteries and formulates arguments with a specific justification for choosing algae batteries as walls in the apartment. Alfons tries to explain how he would use future technology, [...] nanotechnology for windows (D8) and by that he brings the concept of nanotechnology into the conversation. Alfons articulates arguments on the environment by stating: I would have had algae like walls [...] as saving energy [...] years of self-consumption. Alfons evaluates the use of algae batteries by arguing that he would be self-sufficient of energy. He links to the sustainability perspective when he states Self-sufficient, fully self-sufficient. It would have been very environmentally friendly, so I strive for it (D11). Together with Nina, it appears like they get the concept self-sufficient in place.

Nina and Alfons articulate an environmental perspective to their devised solutions. They identify needs and evaluate solutions, which is part of a design process (Middleton, 2005; Vande Zande et al., 2014; Mioduser, 1998). Alongside this, they articulate problems and analyse consequences of a solution, which is included in competences in action, which is considered to be a significant part of technological literacy (Ingerman and Collier-Reed, 2011).

In conclusion, we note that the results, from the four excerpts we have chosen, indicate that the students use factual knowledge in a simple manner at the beginning of the interactions. It seems likely that the students use the knowledge learned from the teacher. For example, students present technological solutions for each other without actually thinking the solutions through. However, we note that most students during group interactions together develop generalized knowledge of technology, for example, when the students discuss how graphene can function as a water purification filter. It becomes visible in the interactions that questions from fellow-students often deepen the reasoning. An example of this is when a student questions the use of graphene in windows because water passes through graphene. The group deepens the discussion and reaches together a solution that graphene possibly could be used to purify water.

Summary of results

The main purpose of this study is to investigate how students express and develop ideas on future technology, when they participate in a design activity. The group interactions constitute an important part of the design process as it involves identifying a problem as well as developing and evaluating a solution to the problem (Middleton, 2005). Further, the design process also includes producing a model. For example, when the students are discussing how to apply future technology in their models, they reason about sustainability such as Alfons in excerpt D is striving for making his building fully self-sufficient and environmentally friendly. Alfons group uses several technological concepts, for example nanotechnology and algae batteries (cf. Strömme, 2015), and together they try to explain them. The sustainability perspective is implicitly expressed, which therefore can be regarded as a competence that the students bring into action and express in the joint discussions.

In some discussions we could discover students trying to relate their technological solution to a larger context. For example, in excerpt A where Robyn seems to apply her solution in the context of a system when she reasons about filtering water with graphene. In this example, Robyn uses and explains several technological concepts and along with her fellow-students' questions, she reflects on possible usage of graphene. In a joint reflective discussion, the students seem to reach a deeper quality of knowledge which approaches generalisability of the concepts. It appears likely that the students use the model to point out and clarify their view on how to use the graphene's properties, such as group A's reasoning about the process of water cleaning. Thus, they seem to be able to discuss in a more informed way if their reasoning is supported by a model as they communicate knowledge (cf. Schoultz et al., 2001).

During the design activity, the students seem to develop knowledge of future technology together. For example, when Group C discusses the issue of getting fresh water by utilizing the properties of graphene. It also appears like they develop ability to think innovative and, in some cases, possibly replace prejudices with new understandings (cf. Christensen et al., 2018). An example of this is when group C discusses the use of graphene to get a source of water. In this case all of the members in the group is engaged in the discussion and it seems like they reach a joint agreement of graphene's properties. It is therefore reasonable to assume that their prejudices have been replaced. But this has to be further investigated.

The results indicate that the design process generates students to develop their ability to use competences in action, which includes recognizing needs, articulating problems, contributing towards a technological process and analysing consequences in the discussions (Ingerman & Collier-Reed, 2010). Recognizing need is a way for the students to identify problems they believe need to be solved, such as future supply of energy and water. When they recognize a need, they add a wider perspective as sustainability is included in the discussions, which could be considered as an attempt to analyze consequences of a solution and thereby generalize knowledge. For example, when considering the properties of passive houses, the students talk about the concept of self-sufficiency and find arguments for the solution. The ability to analyze consequences of a solution corresponds well with the ability to evaluate a solution in the design process.

The results related to competences in action are summarized in the proposed table 1.

Table 1. A proposal for a table with the students' statements in relation to competences in action (Ingberman and Collier-Reed, 2011).

Identify initial need / recognize need	Articulate problem	Contribute towards a technological process	Analyze consequence
A4: [...] graphene as windows	A3: [...] algae [...] ruining the oceans A8: [...] if you have walls of graphene A10: It rains in?	A7: [...] mix it with something else A9: [...] I have a roof that will ...	A5: [...] the rain will get in A11: [...] get water when it rains on graphene [...] graphene [...] filtered away the bad water A13: [...] drink the water
B2: [...] basically self-sufficient heat saving houses	B3: Self-destructing?	B4: Self-sufficient B5: Energy-efficient [...] B7: Houses that save... [...] solar cells on the roof Thick walls insulate well. B8. [...] get their own energy [...] solar panels B8: [...] cycling [...]	B6: [...] all the energy that otherwise would have gone lost [...] like rests of body heat [...] used as electricity and heat [...] don't need to use as much energy and water. B7: [...] save energy.
C2: [...] chosen them batteries C5: [...] built in that carbon C6: Graphene	C3: [...] used nanotechnology C4: [...] create energy	C3: [...] regulate the heating C4: [...] batteries as walls C9: [...] get all your water from ... a wall C13: [...] a hole here with [...] graphene	C8: [...] water runs through it C11: Collect all the water from a stream C12: [...] like Minecraft, a never-ending source of water
D1. ...and electricity I get from [...] D8. [...] new technology [...]	D2. [...] use water power there? D3. [...] its water D4. [...] lead the water somewhere. D10. Self-sufficient	D1. [...] windows with built-in solar cells. [...] water power and wind power [...] D6. Tunnels [...] D7. [...] small water power plant. Environmentally friendly options. The walls [...] of algae batteries [...] energy is stored therein. [...] solar cells. [...] more energy from wind power and water power [...] D8. [...] nanotechnology for windows [...]	D7. [...] may not buy electricity. D8: [...] algae like walls [...] saving energy [...] years of self-consumption [...] D11. Self-sufficient, fully self-sufficient. [...] very environmentally friendly, so I strive for it.

The majority of the students emphasize sustainability through the design activity and they have sufficient understanding of relevant concepts in order to use these in the interactions. In interactions, their knowledge is transformed into competences in action, which signifies that they are able to express and use knowledge in a relevant way. In particular, the students discuss water supply and energy-saving issues. This applies, for example, to group A when they discuss graphene as a constructing material. In the discussion, they come to a concluding idea, that graphene can be part of a solution to get fresh water. In general, students use their model as support to clarify a thought, communicate knowledge and contribute towards a solving of a problem (Blomdahl and Rogala, 2008), which to some extent become obvious in this study.

We consider competences in action as a complement to the design process that could be related to a technological development work (Ingberman and Collier-Reed, 2011; Middleton, 2005; Skolverket, 2017). This is summarized in the proposed table 2.

Table 2. A proposal for a table with the design process related to competences in action and abilities in a technology development work (Ingberman and Collier-Reed, 2011; Middleton, 2005; Skolverket, 2017).

Competences in action	Aspects of the design process	Abilities in a technology development work
Recognize need Articulate problem	Identify problem	Identify need
Contribute to a solution	Undertake research Develop solution Produce solution	Develop solution Investigate Design
Analyze consequence	Evaluate solution	Evaluate products

Final discussion and implications

The results in the present study indicate that the design process promote students to express and develop knowledge on future technology and sustainability issues as they add aspects of these in the interactions. The majority of the students communicate knowledge on future technology, which possibly could enable them to predict how they could use future technology in their models. We assert that as students integrate knowledge verbally in their models, it could be associated with undertaking research on a specific topic, such as the properties of nanotechnology. In addition, they articulate arguments, for example, assert advantages and disadvantages for a specific solution. For example, a student reflects his view of how passive houses work, by listing various technological solutions (solar cells and thick walls).

It seems likely that some of the students implement knowledge on sustainability in their self-made models and that the models support and reinforce reasoning about future technology and sustainability in future apartments. Pols (2012) argues that models are one possible key to activate students in interactions. This indicates, for example, that models support students to remember properties of graphene as well as including their knowledge on technology in the discussion. Saving energy and using renewable resources is an underlying thought, which are of importance in a sustainable development. In this context, Robyn (A13) demonstrates her ability to use knowledge on future technology as she solves a need for fresh water. According to Middleton (2005), this is part of a design process, as she is identifying a need as well as developing a solution on the water supply issue. Robyn formulates arguments for a solution where graphene becomes a visible component in the technological system of cleaning rain water to get drinking water. Her solution could be looked upon as a contribution to global sustainability development. Her reasoning could refer to a deeper understanding of the technological concepts, which means that the knowledge becomes generalizable and thus can be used in new contexts. Thereby, at this quality of knowledge, students probably have developed technological literacy. The excerpts, in this study, indicate that students' through interactions could turn quantitative knowledge to the knowledge of a qualitative nature by discussing and reasoning with fellow students.

Helping students to think like designers may better prepare them to deal with difficult situations and to solve complex problems in school, in their careers, and in life in general (cf. Razzouk and Shute, 2012). This may be achieved through incorporating authentic tasks, such as constructing an apartment. Most of the students in this study had no problems being active and flexible in describing how they would use future technology in their constructions. However, some of the students took part in the presentations in a more passive way, but presented knowledge in other ways, for example in drawings, models or written texts.

Thus, it is possible to assume that the interactions promote students' thoughts about sustainability and future technology. In addition, the design activity could help advance students' development of technological literacy as they identify a need, undertake research, develop, evaluate and produce solutions during their work with a model. In conclusion, we argue that students can develop a deeper level of understanding is by expressing and using generalized knowledge in a design process rather than by just learning the factual knowledge and communicating it. This in turn could elaborate students' technological literacy and thereby provide them with useful knowledge to be part of and act in a technology-intensive world, which is one of the main intentions in the Swedish technology syllabus (Skolverket, 2017).

The second purpose of this study has been to explore whether and, if so, students can manage to develop technological literacy through a design activity. It has become clear during the analyses that a majority of the students, in a quite developed way, can discuss as well as apply knowledge about future technology and implement a sustainability perspective in interactions. Accordingly, students have the ability to work in a design activity where theory and practice are intertwined in the process (Blomdahl and Rogala, 2008) and meanwhile develop procedural as well as conceptual knowledge (McCormick, 2006).

Finally, we note that a conscious teaching strategy could promote students' development of technological literacy. Firstly, students' thoughts and ideas on future technology and sustainability became explicit in the joint discussions. Secondly, it was implied that the interaction with support of a physical model forced students to reflection and argumentation. Thirdly, the interaction in a design activity and the use of competences in action led to the gradual development of a technical literacy. We emphasize that using knowledge in a new situation, without being explicitly expressed in the task, shows a deeper understanding of the knowledge than just communicating it in a determined situation. Increased awareness of students'

development of technological literacy could have a positive impact on technology education, which this study aims contributing to.

A concluding thought is that students' joint discussions have been of value for their technological literacy development and ability to express themselves about sustainability and future technology. Students develop competences as they negotiate and share knowledge within a group. Technological literacy is more than just conceptual knowledge: it is also a question of using the knowledge in an appropriate way in new situations. The students discuss advantages and disadvantages as well as develop the ability to evaluate properties of a particular material. Accordingly, they analyse consequences and relate to a sustainability perspective. This indicate that students could develop technological literacy during a carefully thought-out design activity, which involves theoretical input and discussions alongside practical work.

References

- Archer, B., & Roberts, P. (2009). Design and Technological Awareness in Education. *Studies in Design Education Craft & Technology*, [S.l.]. 12(1). Retrieved from: <https://ojs.lboro.ac.uk/SDEC/article/view/1200>
- Ash, D. (2007). Using video data to capture discontinuous science meaning making in non-school settings. In Goldman, R., Pea, R., Barron, B. & Derry, S. J. (Eds.). *Video Research in the Learning Sciences*. pp. 207–226. New York: Routledge. Retrieved from https://people.ucsc.edu/~dash5/publications/pubs/ash_using_video_as_data.pdf
- Barlex, D. (2006). Pedagogy to promote reflection and understanding in school technology-courses. In Dakers, J. (Ed). *Defining technological literacy. Towards an epistemological framework*. New York: Palgrave Macmillan.
- Bird, J. (2018). Graphene filters change the economics of clean water. Tight mesh removes chemicals, solutes, salts and compounds such as pesticides. *Financial Times*. January 8, 2018. Retrieved from <https://www.ft.com/content/d768030e-d8ec-11e7-9504-59efdb70e12f>
- Blomdahl, E., & Rogala, W. (2008). Technology in compulsory school – Why? What? How?. *Design and Technology Education: An International Journal*. 13(1). Retrieved from https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/Journal_13.1_0208_RES2
- Brown, A. L. (1997). Transforming schools into communities of thinking and learning about serious matters. *American Psychologist*, 52(4), 399–413. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0003-066X.52.4.399>
- Burges, R. G. (Ed.). (2010). *The research process in educational settings: Ten case studies*. Vol. 168. London/New York: Routledge.
- Buxton, B. (2007). *Sketching user experiences. Getting the design right and the right design*. San Francisco: Elsevier. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/book/9780123740373>
- Christensen, K. S., Hjorth, M., Iversen, O. S., & Smith, R. C. (2018). Understanding design literacy in middle-school education: assessing students' stances towards inquiry. *International journal of technology and design education*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9459-y>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research methods in education*. New York: Routledge
- Cross, N. (1999). Natural intelligence in design. *Design studies*. 20(1), 25–39. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(98\)00026-X](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(98)00026-X)
- Custer, R. L., Valesey, B. G., & Burke, B. N. (2001). An assessment model for a design approach to technological problem solving. *Journal of technology education*. 12(2). DOI: <https://doi.org/10.21061/jte.v12i2.a.1>
- Dakers, J. (2006). *Defining technological literacy. Towards an epistemological framework*. New York: Palgrave Macmillan
- De Vries, M. J. (2005). *Teaching about technology. An introduction to the philosophy of technology for non-philosophers*. Dordrecht: Springer
- Frederik, I., Sonneveld, W., & de Vries, M. J. (2011). Teaching and learning the nature of technical artifacts. *International journal of technology and design education* 21(3), 277–290. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-010-9119-3>
- Goldschmidt, G. (2007). To see eye to eye: the role of visual representations in building shared mental models in design teams. *CoDesign*. 3(1), 43–50. Retrieved from <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=aacd0cde-7405-4729-b265-116c85326ed8%40sessionmgr4006>
- Goldman, R., Pea, R., Barron, B., & Derry, S. J. (Eds.). (2014). *Video research in the learning sciences*. New York: Routledge.
- Hennessy, S., & Murphy, P. (1999). The potential of collaborative problem solving in design and technology. *International journal of technology and design education*, 9(1).1–36. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008855526312>
- Ingerman, Å., & Collier-Reed, B. (2011). Technological literacy reconsidered: a model for enactment. *International journal of technology and design education*. 21(2). 137–148. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-009-9108-6>

- International Technology Education Association, ITEA. (2007). *Standards for technological literacy: content for the study of technology*. International technology education association: Virginia. Retrieved from <https://www.iteea.org/File.aspx?id=67767&v=b26b7852>
- Jakobsson, A., Mäkitalo, Å., & Säljö, R. (2009). Conceptions of knowledge in research on students' understanding of the greenhouse effect: Methodological positions and their consequences for representations of knowing. *Science Education*, 93(6). 978–995. DOI: <https://doi.org/10.1002/sc.20341>
- Johnsey, R. (1998). *Exploring Primary Design and Technology*. New York: Continuum International Publishing Group Ltd.
- Keirl, S. (2006). Ethical technological literacy as democratic curriculum keystone. In Dakers, J. (Ed). *Defining technological literacy. Towards an epistemological framework*. New York: Palgrave Macmillan
- Kroes, P. (2002). Design methodology and the nature of technical artefacts. *Design Studies* 23. 287–302. Retrieved from http://www.nomads.usp.br/documentos/textos/design_mobiliarios_objetos/arq_textos/KROES_Design_methodology.pdf
- Lane, D. (2018). Drawing and Sketching: Understanding the complexity of paper–pencil interactions within technology education. In De Vries, M. J. (Ed.). *Handbook of technology education*. Springer international publishing AG 2018. 385–402 DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-44687-5>
- Larkin, J. H., & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive science*, 11. 65–99. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1551-6708.1987.tb00863.x>
- Lind, J., Pelger, S., & Jakobsson, A. (2019). Students' ideas about technological systems interacting with human needs. *International journal of technology and design education*. 29(2), 263–282. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9449-0>
- Martin, A. (2017). Skissprocessen – en del av lärandet [The sketch-process - part of the learning]. In Häggström, M. & Örtengren, H. (Eds). *Visuell kunskap för multimodalt lärande [Visual knowledge for multimodal learning]*. 183 – 193. Lund: Studentlitteratur.
- McCormick, R. (2004). Issues of learning and knowledge in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*. 14(1), 21–44. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:ITDE.0000007359.81781.7c>
- McCormick, R. (2006). Technology and knowledge: contribution from learning theories. In Dakers, J. (Ed). (2006). *Defining technological literacy. Towards an epistemological framework*. New York: Palgrave Macmillan.
- Medway, P. (1994). The language component in technological capability: Lessons from architecture. *International Journal of Technology and Design Education*. 4(1), 85–107. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01197585>
- Middleton, H. (2005). Creative thinking, values and design and technology education. *International journal of technology and design education*. 15(1), 61–71. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-004-6199-y>
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-008-9075-3>
- Mioduser, D. (1998). Framework for the study of cognitive and curricular issues of technological problem solving. *International journal of technology and design education*. 8(2), 167–184. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008824125352>
- Nielsen, L. M. (2017) Design Literacy in General Education. *Design and Technology Education: An International Journal*, [S.l.]. 22(1). Retrieved from: <https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/2193>
- Parkinson, E. (1999). Talking Technology: Language and Literacy in the Primary School Examined Through Children's Encounters with Mechanisms. *Journal of technology education*. 11(1), 60–73. Retrieved from <https://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTE/v11n1/pdf/parkinson.pdf>
- Pols, A. J. K. (2012). Characterising affordances: The descriptions-of-affordances-model. *Design Studies*. 33(2), 113–125. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2011.07.007>
- Razzouk, R., & Shute, V. (2012). What is design thinking and why is it important? *Review of educational research*. 82(3), 330–348. DOI: <https://doi.org/10.3102/0034654312457429>
- Rowell, P. M. (2002). Peer interactions in shared technological activity: a study of participation. *International journal of technology and design education*. 12(1), 1–22. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1013081115540>

- Schoultz, J., Säljö, R., & Wyndhamn, J. (2001). Heavenly talk discourse, artefacts, and children's understanding of elementary astronomy. *Human development*, 44(2-3), 103–118. DOI: <https://doi.org/10.1159/000057050>
- Schütze, M., Sachse, P., & Römer, A. (2003). Support value of sketching in the design process. *Research in engineering design* 14(2), 86–97. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00163-002-0028-7>
- Skolverket (2014). Fördjupande texter kring centrala innehållet. Retrieved from <https://www.skolverket.se/skolutveckling/larande/nt/grundskoleutbildning/teknik/introduktion/fordjupande-texter-kring-det-centrala-innehallet-1.219308>
- Skolverket (2017). Läroplanen reviderad version. [Curriculum revised version]. <https://www.skolverket.se/undervisning/grundskolan/laroplan-och-kursplaner-for-grundskolan/laroplan-lgr11-for-grundskolan-samt-for-forskoleklassen-och-fritidshemmet>
- Strömme, M. (2015). Framtidens nanoteknik kan bota cancer och rädda miljön. [Future nanotechnology can cure cancer and save the environment]. Vardagspuls [Everyday pulse] TV4. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=oGgqbKcOxSA&t=10s>
- Svensson, M., & Johansen, G. (2019). Teacher's didactical moves in the technology classroom. *International journal of technology and design education*, 29(1), 161–167. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-017-9432-1>
- Söderling, M. (2018). "Vänta, jag ska bara rita det först" – om vikten av att få erövra och använda olika uttrycksätt. ["Wait, I'll just draw it first" - about the importance of conquering and use different modes of expression]. In Larsson, N. & Parmenius-Swärd, S. (Eds.) *Svenska. Ett estetiskt ämne. [Swedish. An aesthetic subject.]* Litauen: Natur & Kultur.
- Vande Zande, R., Warnock, L., Nikoomanesh, B., & Van Dexter, K. (2014). The Design Process in the Art Classroom: Building Problem-Solving Skills for Life and Careers. *Art Education*, 67(6), 20–27. DOI: <https://doi.org/10.1080/00043125.2014.11519294>
- Wakefield, J. (2017). TEDGlobal: Africa Needs More Engineers and Makers. Retrieved from <http://www.bbc.co.uk/news/technology-41080479>
- Wells, A. (2013). The importance of design thinking for technological literacy: a phenomenological perspective. *International journal of technology and design education*, 23(3), 623–636. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-012-9207-7>
- Williams, P. J., (2000). Design: the only methodology of technology? *Journal of technology education*, 11(2). Retrieved from <https://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTE/v11n2/pdf/williams.pdf>
- Winthrop, R., McGivney, E., Williams, T. P., & Shankar, P. (2016). *Innovation and Technology to Accelerate Progress in Education Report to the International Commission on Financing Global Education Opportunity*. The Center for Universal Education at the Brookings Institution. Retrieved from https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2017/02/global_20170223_innovation-and-technology.pdf
- Yliveronen, V., Marjanen, P., & Seitamaa-Hakkarainen, P. (2018). Preschoolers' peer collaboration on a designing task. *Design and Technology Education: An International Journal*, 23(2), 106–128. Retrieved from <https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/2381>

LUND STUDIES IN EDUCATIONAL SCIENCES

Previously Published in the Series:

4. Abrahamsson, Cristian 2019. *Elevenagemang ur ett NO-lärarperspektiv – Hur lärare uppfattar elevers engagemang och dess betydelse för lärarrollen och undervisningen.*
3. Bosseldal, Ingrid 2019. *Vart tog behaviorismen vägen? – Social responsivitet mellan barn-vuxen och hund-människa.*
2. Pennegård, Eva 2019. *Att se undervisningen genom elevernas ögon - En studie om hur lärare och elever beskriver att lärares undervisning gynnar elevers lärande i naturvetenskapliga ämnen på högstadiet.*
1. Malmström, Martin 2017. *Synen på skrivande – Föreställningar om skrivande i mediedebatter och gymnasieskolans läroplaner.*

Vi lever i en värld där vi är omgivna av olika tekniska lösningar. Därför är det viktigt att vi utvecklar en förståelse för teknik i samhället, dels hur tekniken påverkar oss men också hur vi påverkar tekniken. Det innebär att alla medborgare bör ha förmågor och kunskaper som gör att de kan förstå och agera i olika vardagliga situationer där teknik är inblandat. Dessa förmågor och kunskaper kan relateras till begreppet teknisk litteracitet.

Denna avhandling fokuserar främst på begreppen tekniska system och designprocesser framför allt utifrån hur elever använder kunskaper i teknik, kommunicerar sina tankar med hjälp av bilder eller modeller samt blir deltagare i en designprocess. Eleverna arbetar i ett projektarbete där ämnesspecifika begrepp blir centrala delar av arbetet. I arbetet ingår att eleverna presenterar fenomen som exempelvis grafen, nanoteknik, algbatterier och passivhus med utgångspunkt i bilder och egentillverkade modeller.

Resultaten i avhandlingen visar att flertalet elever uttrycker och utvecklar begreppsmässig och procedurmässig kunskap, vilket visar att elevernas språkliga förmåga om innehållet har utvecklats. Dessutom indikerar resultaten att elever genom att arbeta i ett projektarbete kan utveckla delar av en teknisk litteracitet. Avhandlingen ska ses som ett bidrag till diskussionen om utvecklingen av teknikundervisningen i grundskolan. Särskilt när det gäller att genom att studera designprocesser föra in strukturerade diskussioner om tekniska system, hållbarhet och ny teknik i klassrummet. En viktig iakttagelse är att teknikämnet också har förmågan att integrera ny teknik och ett hållbarhetsperspektiv i undervisningen genom att elever med egentillverkade modeller ges möjligheter att fundera över lösningar på identifierade behov. Här kan teknikämnet fylla en viktig funktion i framtidens skola.

