

KONSTRUKTIONER SOM FUNGERAR

En studie av teknikkunnande i de tidiga skolåren

Eva Björkholm



Konstruktioner som fungerar

En studie av teknikkunnande i de tidiga skolåren

Eva Björkholm

©Eva Björkholm, Stockholms universitet 2015
ISBN 978-91-7649-211-6

Tryckeri: Holmbergs, Malmö 2015
Distributör: Institutionen för etnologi, religionshistoria och
genusvetenskap, Centrum för de humanistiska ämnernas
didaktik, Stockholms universitet.

Abstract

Titel: Konstruktioner som fungerar – en studie av teknikkunnande i de tidiga skolåren

English title: Constructions in function – a study of technical knowing in primary technology education

Language: Swedish, summary in English

Eva Björkholm, Centre for Teaching and Learning in the Humanities

Key words: technology education, primary school, Learning study, phenomenography, variation theory, knowledge, knowing

The aim of this thesis is to explore the meaning of technical knowing in primary technology education. This is done by identifying and describing ways of knowing in relation to specific content (so-called objects of learning) of the school subject of technology. The purpose is to contribute to the body of teachers' professional knowledge concerning primary technology education. In this thesis, the subject of technology is seen as representing technical knowledge traditions, characterized by specific ways of developing knowledge. Moreover, the knowledge is to a great extent embedded in actions. This perspective on technical knowing challenges the traditional distinction between theoretical and practical knowledge.

Data were generated through two Learning studies conducted in primary schools. Learning study is a classroom-based, interventionistic research approach, in which teachers collaborate with a researcher, focusing on specific objects of learning, that is, on what the students are supposed to learn. In the studies, the capability to evaluate the fitness for purpose of technical solutions, and to construct a linkage mechanism allowing for transferring and transforming movement were examined. Students' actions were video-recorded in order to document verbal and physical expressions of knowing.

The data were analysed using phenomenographic analysis, resulting in descriptions of specific ways of knowing in terms of complexity, as well as critical aspects to discern in order to develop the knowing. The findings from the first study describe knowing in terms of discerning functions related to different types of users, as well as aspects of the construction in order to realize functions. The second study identified technical knowing as a specified analysis of the construction in terms of location and separation of joints in relation to different functions. These findings were then used to identify technical knowing in video material generated within another teaching context. The results suggest that knowledge concerning knowing of specific objects of learning related to the evaluation and construction of technical solutions is partly generalizable. In addition, the specified knowledge concerning the meaning of the object of learning generated during the Learning study process was described. This knowledge is suggested to be an important knowledge product of Learning studies.

Förord

Att skriva den här avhandlingen har varit enormt lärorikt och på samma gång en stor utmaning, och det är många personer som tillsammans gjort detta möjligt. Först vill jag tacka de lärare och elever som låtit mig ta del av ert kunnande och därigenom gett avgörande och värdefulla bidrag till avhandlingen. Tack för att ni lärare engagerat er och tagit er tid för att genomföra studierna tillsammans med mig!

Mitt största tack går till mina båda handledare Ingrid Carlgren och Maria Andréé. Ni har varit fantastiska! Ingrid, som med en sådan analytisk skärpa läst mina texter och med erfaren blick pekat på just det som behövts för att komma vidare i processen, och Maria, som bidragit med klarsynt och konstruktiv kritik, nya perspektiv samt omtänksamt stöd när det behövts.

Under dessa år har jag även haft förmånen att ha flera handledare från det teknikdidaktiska fältet, vilka har avlöst varandra allteftersom teknikämnet inom lärarutbildningen ändrat tillhörighet vad gäller institution och lärosäte. Thomas Ginner som var med under den första tiden, avlöstes av Magnus Hultén, som i sin tur ersattes av Marc de Vries. Tack alla tre för ett värdefullt teknikdidaktiskt perspektiv.

Tack till Michael Lindgren som så generöst bidragit med sitt teknikkunnande när jag ställt frågor och provat idéer som gällt analyserna av det empiriska materialet.

Seminarierna med fokus på Learning study och fenomenografi vid Cehum, Centrum för de humanistiska ämnenas didaktik vid Stockholms Universitet, har varit ett ovärderligt sammanhang att få delta i som doktorand. Tack Ingrid Carlgren, Pernilla Ahlstrand, Jenny Frohagen och Gunn Nyberg för alla givande, inspirerande och engagerade diskussioner om de fenomenografiska analyserna.

Viktiga har även de personer varit som läst manus i olika skeden och då bidragit med viktiga och konstruktiva synpunkter som lett arbetet framåt. Tack till Åke Ingerman som läste och kommenterade halvtidsmanus och tack till Pernilla Nilsson för din noggranna läsning av manuset inför 90 % -seminariet. Tack också till institutionens slutgranskare Inger Eriksson för avslutande kommentarer.

Tack till deltagarna i det årliga Rockelstad-seminariet som samlar den lilla, men växande grupp svenska teknikdidaktiskt intresserade forskare. Ni har bidragit med synpunkter och perspektiv på delar av avhandlingen, men

framförallt en generös och inspirerande miljö för att diskutera teknikdidaktisk forskning.

Jag vill också rikta ett särskilt tack till Witold Rogala som varit den person som inspirerat mig mest av alla när det gäller tekniken i skolan. Först när jag som lärare undervisade i grundskolan, och därefter i arbetet som lärarutbildare på Lärarhögskolan i Stockholm.

För att kunna skriva en avhandling krävs också finansiella förutsättningar. Stort tack till UTEP, Institutionen för Utbildningsvetenskap med inriktning mot tekniska, estetiska och praktiska kunskapstraditioner, Stockholms Universitet, Naturvetenskapliga fakulteten vid Stockholms universitet samt ECE-skolan, Skolan för Teknikvetenskaplig kommunikation och lärande på KTH. Utan finansiellt stöd hade det inte varit möjligt att genomgå en forskarutbildning vid sidan av mitt arbete som lärarutbildare.

Tack även till Lärarförbundet som gett mig möjlighet att vistas två veckor på Fjällgården i Åre för att skriva koncentrerat. Tack till Svenska Institutet i Paris som erbjöd boende i en inspirerande miljö under en månads intensivt skrivande.

Till sist vill jag rikta ett varmt tack till vännerna och min familj för alla hejarop under avhandlingsresans gång – och ett alldeles särskilt tack till min man Lasse Wiklund för att du funnits där varenda dag i livet med avhandlingen.

Stockholm i augusti 2015

Eva Björkholm

Innehåll

Abstract.....	iv
Förord.....	vii
Innehåll.....	ix
Avhandlingens artiklar.....	11
Prolog.....	13
Inledning.....	15
Teknik som kunskapsinnehåll i skolan.....	15
Teknikämnets innehåll.....	19
Problem och syfte.....	20
Teknik och teknisk kunskap.....	22
Teknisk verksamhet och dess motiv.....	23
Tekniska artefakter.....	24
Teknisk kunskap.....	26
Teoretisk och praktisk kunskap.....	28
Aristoteles praktiska filosofi.....	29
Kunskapsformen <i>téchne</i>	31
Att artikulera det teoretiska i det praktiska.....	31
Teoretiska och praktiska kunskapstraditioner.....	32
En relationell kunskapssyn.....	34
Från kunskaper till kunnande.....	36
Ett sammansatt kunskapsbegrepp.....	36
Kunnande, kunskapsinnehåll och kunnighet.....	36
Tidigare forskning.....	38
Med fokus på det som ska kunnas (the known).....	38
Att förstå tekniska begrepp och principer.....	38
Att förstå tekniska artefakter och system.....	40
Att tillämpa designprocessens faser.....	40
Med fokus på teknikkunnande (knowing).....	41
Teknikkunnande i tekniska verksamheter.....	41
Sammanfattning och avgränsning av forskningsobjektet.....	42
Metod.....	45

Metodologiska överväganden.....	45
Två Learning study med utgångspunkt i teknikspecifika lärandeobjekt	47
Urval.....	48
Studiernas genomförande	49
Analysmetod	55
Videodokumenterade lektioner med fokus på teknikkunnande.....	60
Urval.....	60
Undervisningskontexten	61
Datagenerering och analys.....	61
Forskningsetiska överväganden	62
Presentation av avhandlingens artiklar	65
Artikel 1: Innebörder av att kunna värdera tekniska lösningars ändamålsenlighet	65
Artikel 2: Innebörder av att kunna konstruera en länkmekanism	70
Artikel 3: Uppackning av lärandeobjektet och specificerade innebörder av kunnandet.....	74
Artikel 4: Exempel på teknikkunnande i de tidiga skolårens undervisningspraktik	79
Resultatsammanfattning	84
Diskussion	86
Specificerade innebörder av teknikkunnande	86
Metodiska bidrag	89
Användningen av Learning study.....	90
Att skapa förutsättningar för teknikkunnande i de tidiga skolåren.....	90
Fortsatt forskning.....	92
English summary	94
Introduction.....	94
Purpose and aim.....	94
Theoretical framework.....	95
Method.....	96
Two Learning studies focusing on technology-specific objects of learning	96
Video documented lessons focusing on technical knowing	97
Results.....	98
Knowing to evaluate the fitness for purpose of technical solutions.....	98
Knowing to construct a linkage mechanism.....	98
Unpacking the object of learning	99
Identified technical knowing in the primary technology classroom.....	99
Discussion.....	100
Litteraturförteckning	102
Bilaga 1: Information till vårdnadshavare samt fullmaktsblankett.....	113

Avhandlingens artiklar

1. Exploring the capability of evaluating technical solutions: a collaborative study into the primary technology classroom (Eva Björkholm).

Publicerad i *International Journal of Technology and Design Education*, mars 2013.

2. Teknik i de tidiga skolåren: om vad det innebär att kunna konstruera en länkmekanism (Eva Björkholm).

Publicerad i *NorDiNa – Nordic Studies in Science Education*, mars 2015.

3. Unpacking the object of learning (Eva Björkholm).

Publicerad i *International Journal for Lesson and Learning Studies*, juni 2015.

4. Exploring technical knowledge in the primary technology classroom (Eva Björkholm, Maria Andrée och Ingrid Carlgren).

Inskickad till *Australasian Journal of Technology Education*, juni 2015.

Prolog

Helen: Det jag tänker på som fungerade så *himla* bra, det var ju samarbetet i grupperna. Det kändes inte som att jag behövde vara här nästan. Vi bara gick runt här och iakttog allihop egentligen. De skötte sig så *otroligt* bra själva tycker jag, och att uppgiften i sig var så rolig liksom, eller intressant. För att det blev liksom inte att man höll på med något annat heller.

Eva: Nej, de var ju väldigt fokuserade.

Helen: Ja, *väldigt* engagemang, *verkligen*.

Tina: Av *vad* tror vi? Var kom engagemanget in?

Helen: Jag tror att det kan vara i själva *görandet*. Vi har ju haft mycket, de sa ju också att de tyckte det var en så'n rolig lektion, vi har haft mycket nu när man har suttit och jobbat och skrivit och räknat. Och vi samtalar väldigt mycket om saker och ting och diskuterar i matten och sådär, men det har nog blivit lite *lite göra* liksom. Jag tror det var det behovet som de hade.

(Transkriberad ljudinspelning 2011-02-23, betoningar markerade med kursiverad stil.)

Ovanstående utdrag är hämtat från ett samtal mellan mig och lärarna Helen och Tina där vi tillsammans utvärderar en tekniklektion som just genomförts i grundskolans åk 2¹. Lärarnas entusiasm över elevernas intresse och engagemang i teknikarbetet går inte att ta fel på, något som jag själv erfarit många gånger med mina elever och genom de lärare och lärarstudenter som jag undervisat i teknikkurser under årens lopp. Görandet i form av praktiskt byggande och konstruerande med material och verktyg uppskattas av eleverna. Men vad är det egentligen för slags tekniskt kunnande som eleverna utvecklar i dessa aktiviteter?

Teknikundervisningen genomförs ofta i form av längre projekt av olika slag där eleverna tillsammans utvecklar idéer och konstruerar tekniska lösningar utifrån egna eller av läraren formulerade problem. I den teknikdidaktiska forskningen lyfts arbetssättet fram som centralt för teknikundervisningen i syfte att skapa en lärandemiljö som avspeglar processen för tekniskt utvecklingsarbete (Blomdahl & Rogala 2008; Drain 2010; Ginestié 2002; Hill 1998). I undervisningspraktiken har dock lärarna i hög grad fokuserat på teknik som möjlighet att ge eleverna erfarenheter av praktiskt arbete. Fokus har då inte, eller i liten utsträckning, varit på några explicita ämnesspecifika

¹ Inspelelingen kommer från ett samtal efter en lektion som ingår i avhandlingens första Learning study.

mål (Bjurulf 2008; Gibson 2009; Klasander 2010; McCormick 2004; Siraj-Blatchford & MacLeod-Brudenell 1999, s.53). En nyligen genomförd granskning av kvaliteten i grundskolans teknikundervisning visar också att eleverna inte får tillräckligt stöd av läraren i sin kunskapsutveckling (Skolinpektionen 2014). Vad eleverna skall lära sig genom teknikundervisningen behöver således tydliggöras, dessutom behöver lärare i sin undervisning skapa förutsättningar för lärandet i fråga.

Eva: Vi ska ju göra lektionen och sen ett eftertest, alltså där vi ska se hur eleverna har lärt sig.

Carin: Jaha, just det. Oj, nu blev det konstigt, svårt. /.../ Ok. Jag kände bara att det hade vart så enkelt om vi hade plus och minus typ /.../ när man ska kolla vad de har lärt sig, men det ger sig. I alla fall, vi ska genomföra lektionen, vi ska analysera den här lektionen. (Transkriberad ljudinspelning 2012-09-11.)

Utdraget ovan kommer från ett annat möte där jag tillsammans med två lärare planerar en av de praxisnära studier som utgör en del av denna avhandling². När vi under samtalet kommer in på att vi skall utvärdera elevernas lärande uttrycker läraren Carin att detta är särskilt besvärligt i skolämnet teknik. Denna svårighet kan bland annat förstås utifrån att lärare, särskilt i de tidigare skolåren, i hög utsträckning saknar en gemensam erfarenhetsbas av undervisning och bedömning i ämnet. Därmed har inte heller förutsättningar funnits för att formulera en professionell kunskapsbas för teknikundervisningen i dessa skolår (Jones & Moreland 2004). En sådan kunskapsbas skulle kunna utgöras av kunskaper avseende vilka tekniska kunskaper som eleverna i grundskolans tidigare skolår bör utveckla. Om just detta handlar den här avhandlingen.

² Denna inspelning kommer från ett möte i samband med planeringen av avhandlingens andra Learning study.

Inledning

Teknik som kunskapsinnehåll i skolan

Teknik som ett skolämne med egen ämnesstatus har en relativt kort tradition i den svenska grundskolan³. Det var först i och med införandet av Lpo94, 1994 års läroplan för grundskolan, som teknikämnet fick en egen kursplan. Teknik som kunskapsinnehåll i skolan har däremot funnits längre än så. Teknikinnehållet har emellertid skiftat över tid, avgränsats på olika sätt och syftat till olika slags lärande. Vid 1800-talets slut, en tid för expansiv teknikutveckling, skildrades den nya tekniken utifrån naturvetenskapliga principer i läromedel i naturkunnighet för folkskolan (Hultén 2013). Några årtionden senare visade sig det tekniska innehållet i folkskolans undervisningsplaner dels som ”teknisk bildning” inom ämnena naturkunnighet och hembygds-kunskap och dels som yrkesteknisk färdighetsträning inom ramen för skolslöjden (Hallström 2013). I 1960- och 70-talens styrdokument för grundskolan kvarstod dessa två spår; en mer verkstadstekniskt yrkesförberedande teknik samt ett bredare innehåll med ett medborgerligt allmänbildande fokus på teknik. I efterföljande läroplan, Lgr 80, blev teknik ett obligatoriskt ämne i hela grundskolan och placerades då inom den naturvetenskapliga ämnesgruppen tillsammans med fysik, kemi och biologi. Teknikämnet blev här starkt kopplat till de naturvetenskapliga ämnena och syftade också till att stärka dessa och bidra med praktiska arbetssätt i den naturvetenskapliga undervisningen (Lövheim 2013).

I samband med att teknik i Lpo94 fick status som ett fristående skolämne, omprövades teknikens roll och inriktning. I Läroplanskommitténs betänkande *Skola för bildning* ses teknik ”inte längre som undersökande arbetssätt eller tillämpad naturvetenskap utan som ett självständigt kunskapsområde med betydande inslag av praktisk erfarenhet och hantverksskunnande” (SOU 1992:94, s. 252). Utgångspunkten är här att teknik anknyter till kunskaper från många olika områden och inte betraktas som underordnat något av dessa kunskapsområden. Tekniken beskrivs som en kulturell yttring och genom utbildningen skall eleverna ges möjlighet att vidga förståelsen för denna kulturtradition.

³ För en historisk översikt av teknikämnet i grundskolans styrdokument, se t.ex. Blomdahl (2007) eller Skogh (2001).

I den aktuella läroplanen för grundskolan, Lgr 11, finns teknik kvar som ett eget avgränsat skolämne som syftar till att eleverna ska ”utveckla sitt tekniska kunnande och sin tekniska medvetenhet så att de kan orientera sig och agera i en teknikintensiv värld” (Skolverket 2011a, s.104). Ämnesinnehållet har preciserats i jämförelse med den tidigare kursplanen. Det centrala innehållet beskrivs under rubrikerna *Tekniska lösningar*, *Arbetsätt för utveckling av tekniska lösningar* samt *Teknik, människa, samhälle och miljö*. Detta innehåll är tänkt att behandlas under hela grundskolan och ska tillsammans med de långsiktiga målen, som är formulerade som ämnesspecifika förmågor, utgöra inriktningen för undervisningen i teknik. Eleverna skall bland annat utveckla förmågor att identifiera, analysera och utveckla tekniska lösningar, värdera konsekvenser av teknik ur ett samhällsperspektiv och analysera drivkrafter bakom teknisk utveckling. Skrivningarna om ämnesinnehållet i styrdokumentet avspeglar så att säga samhällets intentioner med ämnet vad gäller inriktning, syfte och mål. Detta är dock endast ett av flera sätt att beskriva innehållet teknik i skolan.

Ett annat sätt att närma sig teknikämnets innehåll och de kunskaper som eleverna skall utveckla genom undervisningen är att gå till den teknikdidaktiska forskningslitteraturen. Inom forskningsfältet har begreppet *technological literacy* börjat användas för att fånga det ”alla” bör kunna i relation till teknik (jfr Ingerman, Wagner & Axelsson 2009 och det svenska begreppet ”teknisk bildning”). En definition av *technological literacy* som fått stort genomslag är den som formulerats av den amerikanska organisationen International Technology Education Association (ITEA). Enligt ITEA (2007) innebär *technological literacy* ”the ability to use, manage, assess, and understand technology”, det vill säga att använda, hantera, bedöma och förstå teknik. Ett starkt fokus har legat på att kunna använda och förstå vanliga tekniska redskap som exempelvis datorer. Europeiska forskare har dock kritiserat denna syn avseende nödvändiga teknikkunskaper för att vara alltför snäv och oreflekterad. De menar att skolan istället bör ge elever möjlighet att utveckla en kritisk medvetenhet om vad det innebär att leva i en teknikmedierad värld och att kritiskt undersöka samspelet mellan teknik och samhälle (Dakers 2006). Detta innehåll ställs i kontrast till de mer praktiskt inriktade kunskaperna med fokus på tillverkning och verktygshantering (Dakers 2005; Rowell 2004). Samtidigt hävdar andra att båda dessa typer av kunskapsinnehåll ryms inom ramen för *technological literacy* och till det som räknas som nödvändiga teknikkunskaper (Jones 2009a). Teknisk kunskap ses här innefatta flera olika kunskapsformer, vilket svarar mot den kunskapssyn som beskrivs i Lpo94 och Lgr11. I den svenska kursplanen betonas även teknikens samhällliga aspekter där kunskap i form av att analysera och värdera konsekvenser av olika teknikval tas upp, även om det kritiska förhållningssättet inte lyfts fram explicit (Skolverket 2011a).

Design och problemlösning är det ämnesinnehåll som främst har fokuserats inom den internationella teknikdidaktiska forskningslitteraturen

(McCormick 2009). Denna dominans avspeglar den centrala ställning som innehållet har i styrdokument och undervisningspraktik i ett flertal länder (Rasinen 2003). Teknikämnet *Design & Technology*, har här haft stor inverkan på andra länders utformning av ämnet (jfr Bungum 2006). Design och problemlösning betecknar såväl ämnets innehåll som dess arbetsätt, men begreppen används om vartannat och beskriver ibland samma sak⁴ (Gibson 2008). Förmågor som i detta sammanhang betonas, och som man menar att dessa processer bidrar till att utveckla, är framförallt kognitiva förmågor som kreativitet, innovativt och analytiskt tänkande samt problemlösande förmåga (Barlex 2007; Cropley & Cropley 2010; Good & Järvinen 2007; Lewis 2009; Middleton 2005; Webster, Alistair & Campbell 2006). Ämnet *Design & Technology* ses ha en så central roll för främjandet av denna typ av förmågor att detta motiverar ämnets plats i skolan (Middleton 2005). Även ITEA lyfter fram förmågor som tänkande, kreativitet och problemlösning i en design- och problemlösningssammanhang. Centralt är här att eleverna ska utveckla förståelsen av teknikens utmärkande drag i termer av innehåll och ”intellektuell domän” (ITEA 2007, s. 30). Betoningen på de kognitiva förmågorna har inneburit att både ämnet *Design & Technology* och det amerikanska teknikämnet, som är knutet till ITEA, getts en ny profil och annan inriktning än tidigare (Sherman, Sanders & Kwon 2010).

The subject has always had as its signature the conception and realization of artifacts. Now there is greater focus upon an intellectual processes approach through problem solving (Lewis 2009, s. 257).

Även i den svenska kontexten kan till viss del denna förflyttning i beskrivningen av ämnets innehåll urskiljas. I den aktuella teknikkursplanen har teknikutvecklingsarbetet en mer framträdande plats än tidigare, vilket motiveras med att det ger eleverna möjlighet att utveckla ett kreativt förhållningssätt (Skolverket 2011b, s. 6 f). Det förändrade innehållet i teknikämnet kan bl.a. förstås utifrån de svårigheter som ämnet har i många länder med att etablera sig som ett fristående skolämne. Genom att betona kognitiva förmågor lyfts det intellektuella arbetet fram, vilket betraktas vara den typ av arbete som skall göras i skolan.

Huruvida de kognitiva förmågorna är kontextbundna eller inte finns det olika uppfattningar om inom det teknikdidaktiska fältet. Inom forskningen går utvecklingen mot en ökad samsyn kring förmågornas kontextuella karak-

⁴ De båda begreppen används även på lite olika sätt i engelska och svenska språket. Det engelska begreppet *design* används på liknande sätt som det svenska ordet *problemlösning* och är ett sammanfattande begrepp för alla stadier i en skapande aktivitet. Begreppet *problem solving* används för att beteckna ett välformulerat problem med en entydig lösning (Björklund 2008, s. 46).

tär (Mawson 2007). Detta skiljer sig dock från hur förmågorna behandlas i undervisningspraktiken och hur de formuleras i många länders styrdokument (McCormick 2004). Att betrakta kreativitet och problemlösning som generella förmågor menar Alister Jones (2009b, s. 687) är så problematiskt att det på sikt kan hota ämnets plats i skolan. Om förmågorna ses som dekontextualiserade följer också att teknikkunskaper utvecklas på ett generellt sätt utan koppling till det specifika ämnesinnehåll som fokuseras (Stevenson 2004).

Problemlösning- och designprocessen skildras i forskningslitteraturen som ett antal efter varandra följande faser, vilka oftast består av problemlösning, undersökning, planering av lösningar, tillverkning och utvärdering av lösningarna (Middleton 2005). I undervisningen har de linjärt följande stegen blivit en allmänt förekommande strategi som närmast liknas vid en ritual (McCormick 2004, s. 26). Skissen och modellen ses som redskap för att kommunicera och visualisera idéer kring ett tekniskt innehåll i den inledande fasen av designprocessen (Mawson 2007; Parkinsson 2007). Flera studier visar dock att det särskilt bland yngre elever endast finns en svag koppling mellan vad eleverna skissar och vad de sedan tillverkar (Fleer 2000; Mawson 2007; Rogers & Wallace 2000). Detta dilemma hanteras på olika sätt i litteraturen. Medan vissa menar att designprocessen helt enkelt inte är en linjär process (se t.ex. Anning 1994; Fleer 2000; Roth 1995), handlar det för andra mer om att övervinna elevernas svårigheter genom att kopplingen mellan de olika faserna explicit görs i undervisningen (Rogers & Wallace 2000). Dessa olika ställningstaganden skulle kunna tolkas som uttryck för olika sätt att förstå relationen mellan teori och praktik. Ett sätt är att betrakta praktisk och teoretisk kunskap som sammanvävda, medan ett annat uppfattar praktisk kunskap som tillämpad teori och att tänkandet därmed föregår handlingen (Molander 1996).

Det obligatoriska teknikämnet i den svenska grundskolan har, likt ämnet i flera andra länder, som vi sett vuxit fram ur flera olika traditioner. Teknikinnehåll i relation till verkstadsteknik, medborgerlig allmänbildning, teknikens samhällskonsekvenser och tillämpningar inom de naturvetenskapliga ämnena har bidragit till formandet av dagens teknikämne. Mot den bakgrunden är det knappast överraskande att det bland ämnesföreträdare råder viss oenighet kring ämnets innehåll och karaktär. Teknikämnets relativt korta tradition som skolämne kan också vara en del av förklaringen till att en självklar ämneskärna ännu inte har utvecklats, menar Jan-Erik Hagberg & Magnus Hultén (2005). Till detta kommer att kunskapsområdet teknik är omfattande och förändras på ett komplext sätt. Allt detta har bidragit till att etablerandet av en professionell kunskapsbas för lärare har försvårats i förhållande till teknik och teknikundervisning (jfr Jones, Bunting & de Vries 2013).

Teknikämnetns innehåll

Ett i läroplanen formulerat syfte med teknikämnet är att utveckla elevernas tekniska kunnande. Det framgår dock inte tydligt av läroplanens skrivningar vad tekniskt kunnande innebär och hur tekniskt kunnande kan utvecklas. Generellt gäller att de framskrivna förmågor som eleverna skall utveckla i relation till angivet centralt innehåll för olika ämnen inte säger något om vari dessa ämnesspecifika kunnanden består. Inte heller anges på vilket sätt eleverna skall kunna detta eller vad de skall lära sig för att kunna detta. Sådant ofta är oproblematiserat vid planeringen för lärande (Runesson 2011). Istället är det frågor om hur undervisningen ska organiseras som då kommer i förgrunden.

Vanliga frågor är: ”Hur kan jag utveckla barnens förmåga att läsa, skriva, använda de fyra räknesätten?” ”Hur kan jag utveckla deras ekologiska förståelse, deras historiemedvetenhet och deras insikter i materiens struktur?” Metoder i all ära. Förvisso behövs de, men om jag förstår *vad* det innebär att kunna läsa, skriva, addera, multiplicera etc; om ekologisk förståelse, historiemedvetande, insikter i materiens struktur har en djupare och differentierad innebörd för mig, då vet jag också varför jag föredrar ett sätt att försöka lära barnen det, framför ett annat; samt att jag på egen hand själv kan frambringa jämförelsevis välgrundade idéer om vad jag skulle kunna hitta på att göra. (Carlgren & Marton 2000, s. 27)

Vad ett ämnesspecifikt kunnande *innebär* har tagits för givet och det har därmed inte heller varit föremål för problematisering eller undersökning (Ellis 2007). Men innebörden av specifika kunnanden är långt ifrån självklara. Även lärare med djupa ämneskunskaper kan ha svårigheter med att formulera vad eleverna egentligen kan när de uppnått det kunnande som eftersträvat. Ofta saknas kunskap om vad olika kunnanden innebär, men denna för lärarprofessionen specifika kunskap finns även i stor utsträckning som så kallad tyst kunskap, menar Ingrid Carlgren (2009b). Den tysta och uttalade kunskapen har inte betraktats som problematisk då kunnandet likställt med särskilda prestationer i exempelvis tester. Emellertid har trycket på svenska lärare ökat bl.a. när det gäller att kommunicera på vilka grunder bedömningar görs. Detta kan ses mot bakgrund av lärares förändrade uppdrag från undervisning av ett föreskrivet ämnesstoff till undervisning som utvecklar ämnesspecifika förmågor (Carlgren 2007). Det innebär att lärare behöver kunskap om hur de förmågor som eleverna skall utveckla är beskaffade.

Till detta är även kopplat ett underliggande förgivettagande om att undervisningen eller de aktiviteter som eleverna utför automatiskt leder till att eleverna utvecklar sitt kunnande (Carlgren 2005; Nuthall 2004). Studier av vad lärare riktar sin uppmärksamhet mot, dels i sin undervisning och dels i efterföljande intervjuer som behandlar undervisningen, visar att lärare i de flesta fall fokuserar på själva aktiviteterna i klassrummet eller på mål av

generell karaktär, utan någon koppling till ett specifikt innehåll (Alexandersson 1994). Mot den bakgrunden ställer Ference Marton och Shirley Booth frågan: "How can teachers so lack focus on what should rightly be the heart of their work?" (1997, s. 173).

Även i planeringen av undervisning i teknik fokuserar lärare på aktiviteter istället för att artikulera vad eleverna skall lära sig (Jones & Moreland 2004). I undervisningen har aktiviteterna, som mestadels utgörs av tillverkning av artefakter och modeller, varit i fokus utan någon tydlig koppling till de specifika kunskaper som eleverna skall utveckla (Bjurulf 2008; Jones *et al.* 2013; Jones & Compton 1998; Klasander 2010). Med andra ord har undervisningen inte fokuserat på några specifika *lärandeobjekt*, vilka beskriver vad det är tänkt att eleverna skall lära sig. Likt lärare i andra ämnen behöver tekniklärare utveckla kunskap om vad ämnesspecifika kunnanden innebär (Carlgren, Ahlstrand, Björkholm & Nyberg 2015). Utmärkande för teknikämnet är emellertid dess brist på undervisningstradition, vilket innebär att en professionell kunskapsbas för teknikundervisning fortfarande är svagt utvecklad. Lärare har således haft begränsade möjligheter att konkretisera, precisera och formulera *vad* eleverna ska kunna som ett resultat av teknikundervisningen. Förutom de ämneskunskaper som lärare behöver för att undervisa i ett skolämne, behöver lärare kunskaper om ämnesspecifika kunnanden, vilka är centrala aspekter av lärares ämneskunnande.

Den svagt utvecklade professionella kunskapsbasen för undervisning i teknik är särskilt märkbar bland lärare i de tidiga skolåren, vilket innebär svårigheter med att välja innehåll, utforma aktiviteter och bedöma elevers lärande i ämnet (Hartell 2013; Jones & Moreland 2004; Rennie 2001; Stein, Ginns & McDonald 2007). Innebörder av de specifika kunnanden som eleverna förväntas utveckla i de tidiga skolårens teknikundervisning behöver således utvecklas och beskrivas. Den övergripande fråga som blir central att utforska i förhållande till teknikämnet är: *Vad är det egentligen eleverna kan när de kan det de skall kunna?* Kunskaper av detta slag är centrala för att lärare ska kunna utforma och genomföra teknikundervisning som ger elever möjlighet att utveckla teknikkunnande samt för att kunna tala om och analysera elevers kunnande.

Problem och syfte

Den här avhandlingen tar sin utgångspunkt i teknikämnets undervisningspraktik i de tidiga skolåren och de problem som kan spåras i förhållande till ämnets korta undervisningstradition. Det betyder bland annat att det finns ett glapp mellan å ena sidan de skrivningar som finns i kursplaner vad gäller ämnesspecifika förmågor och centralt innehåll, och å andra sidan konkreta och preciserade beskrivningar av innebörder av de teknikkunnanden som eleverna skall utveckla i teknikämnet.

Avhandlingens syfte är att ge ett bidrag till den professionella kunskapsbasen för teknikundervisning i de tidiga skolåren. Målet är att utveckla och beskriva innebörder av kunnandet i förhållande till några specifika lärandeobjekt i teknik. Detta innefattar kunskaper om såväl teknikkunnande som de specifika lärandeobjekten.

Avhandlingen består av fyra artiklar och en text, ”kappan”, som syftar till att introducera problemområdet, fördjupa det teoretiska ramverket och sammanfatta resultaten i avhandlingen samt att blicka framåt vad gäller fortsatt forskning. I artikel 1 utvecklar jag och beskriver innebörder av teknikkunnande i relation till ett specifikt lärandeobjekt som fokuserar på värderande av tekniska lösningar. I artikel 2 utvecklas och beskrivs innebörder av teknikkunnande avseende ett lärandeobjekt med fokus på konstruerande av tekniska lösningar. Artikel 3 handlar om hur innebörder av det sistnämnda lärandeobjektet preciseras och nyanseras under loppet av en Learning study. I artikel 4 prövar jag användbarheten av resultaten i artikel 1 och 2 i termer av kategorier av teknikkunnande för att identifiera teknikkunnande i en annan undervisningskontext som behandlar ett annat teknikinnehåll.

Teknik och teknisk kunskap

I det svenska språket används ordet ”teknik” i dagligt tal främst för att tala om tekniska objekt eller artefakter, dvs. föremål som tillverkats för att ha en viss funktion (se t.ex. Andersson, Svensson & Zetterqvist 2008), förutom när det används i den mer allmänna betydelsen metod eller tillvägagångssätt inom vitt skilda fält. Då kan det till exempel handla om fotbollsspelarens bollteknik eller studentens studieteknik. Även inom det tekniska området har ordet teknik flera olika betydelser beroende på det sammanhang där det används. För att utveckla avhandlingens teoretiska perspektiv i relation till teknikinnehåll och teknikkunnande tar jag utgångspunkt i de fyra innebörder av teknik som teknikfilosofen Carl Mitcham (1994) identifierat, vilka har fått stort genomslag inom det teknikdidaktiska fältet. Han delar in teknikens dimensioner i: (1) teknik som *verksamhet*⁵ (*activity*), vilket omfattar aktiviteter för att lösa problem eller uppfylla önskningar; (2) teknik som *motiv* (*volition*), motsvarande den vilja, önskning eller intention som sätter igång den tekniska aktiviteten; (3) teknik som *artefakt* (*object*), vilket innefattar både de objekt som används i tekniska aktiviteter och de som är resultat av dem; (4) teknik som *kunskap* (*knowledge*), motsvarande de kunskaper som behövs för att tillverka och använda teknik. Alla dessa dimensioner har relevans för teknikundervisningen (Jones *et al.* 2013). En invändning mot Mitchams kategorisering kan dock vara att användningen av teknik, den sociala kontext som formar användningen och samhällsbetydelsen saknas (Kline 1985). I följande beskrivning av teknikens olika dimensioner sammanför jag teknisk verksamhet och dess motiv under samma rubrik eftersom jag ser dem som nära sammankopplade.

⁵ De svenska översättningar som används för att benämna Mitchams dimensioner av teknik är aktivitet; vilja/viljekraft/viljeyttring; objekt/artefakt; kunskap (jfr Axell 2015, s. 24; Hallström, Hultén & Lövheim 2013, s. 12; Norström 2014, s. 33). Mina motsvarande beteckningar är verksamhet; motiv; artefakt; kunskap. Dessa begrepp speglar bättre kopplingen mellan teknikens olika dimensioner. Begreppet verksamhet fångar, förutom själva aktiviteten, även dess intention. Jag använder begreppet motiv för att lyfta fram verksamhetens drivkrafter, vilka svarar mot behov av olika slag (jfr Knutagård 2002).

Teknisk verksamhet och dess motiv

Många försök att definiera teknisk verksamhet eller aktivitet har gjorts, inte minst av teknikfilosofer (jfr Lindqvist 1987). Att teknik uppfattas på olika sätt kan ses som problematiskt i relation till skolämnet teknik, ur såväl läroplansförfattares som lärares perspektiv (Gibson 2008). Detta, bland annat, har medverkat till svårigheterna att utveckla en ämnesidentitet (Hagberg & Hultén 2005).

Vilka slags verksamheter som räknats som tekniska har även skiftat genom historien. Ytterst kommer ordet teknik av grekiska *têchne*, översatt till konst, hantverk, skicklighet (Mitcham 1994, s.117; Wessén 2002). Teknik och konst var från början synonymer och innefattade då de olika slags konster som utövades av hantverkare som exempelvis skomakare och krukmakare (Liedman 2001, s.85). Ända in på 1700-talet inkluderade vårt ord konst allt som producerats av mänsklig skaparkraft, dvs. allt som inte var rena naturföremål. Under 1700-talet kom dock teknik att separeras från de estetiska gestaltningarna. Ordet teknologi härstammar från det grekiska *technologia*, bildat av *têchne* och *logos* med betydelsen lära, förståelse, insikt. Under 1700-talet kom teknologi att speciellt avse de mekaniska konsterna (Björck 2009). Teknologi fick under 1800-talets begynnande industrialisering sin moderna betydelse och kom att stå för föreningen av vetenskap och teknik. Teknologi används synonymt med teknik i flera andra språk som exempelvis norska, danska och engelska, medan de särskiljs och har egna betydelser i språk som tyska och svenska. Det engelska ordet *technology* har alltsedan 1930-talet inkluderat båda de betydelser som motsvaras av de svenska begreppen teknik respektive teknologi (Schatzberg 2006). I engelskspråkig teknikdidaktisk litteratur används därför ibland det tyska ordet *Technik* i syfte att tydliggöra eller betona de mer hantverksmässiga aspekterna av teknikämnet (Hansen & Froelich 1994).

Andra begrepp som är nära relaterade till teknologi vilka främst används inom högre teknisk utbildning är ingenjörsvetenskap(er) och teknikvetenskap(er). Framväxten av dessa ”vetenskaper” kan ses mot bakgrund av de europeiska högre teknikutbildningarnas ursprung i de polytekniska skolorna. Under 1900-talet stred man inom högre ingenjörsutbildning för att få samma status som universiteten och skapa en vetenskapligt grundad teknikutbildning (Hansson 2007). Den så kallade ingenjörsvetenskapen kom att sträcka sig från systematiskt utvecklad vetenskap till en samling tumregler vilka utvecklats ur ingenjörspraktiken (Layton 1971). Idag används begreppen ingenjörsvetenskap och teknikvetenskap inom högre utbildning, men de är vagt definierade och står ibland för samma sak. Inom båda dessa verksamheter har dock ytterligare ett steg mot ett vetenskapliggörande av tekniken skett genom att de innefattar både vetenskapliga kunskaper och metoder. Dels används kunskaper i matematik och naturvetenskap i utvecklandet av ny teknik, dels tillämpas vetenskapliga metoder som exempelvis experiment

och mätningar för att optimera olika konstruktioners egenskaper (Hansson 2007; Layton 1971).

Synen på vad som utgör och karakteriserar teknisk verksamhet får konsekvenser för vad som blir relevant i relation till skolans teknikämne. Utgångspunkten i avhandlingen är att teknisk verksamhet innefattar sådan mänsklig verksamhet som syftar till att uppfylla specifika önskemål och behov genom att producera tekniska lösningar i form av artefakter och system (jfr diGironimo 2011; Simondon 1958). Tekniska verksamheter utmärks av särskilda sätt att arbeta och värdera resultatet av detta arbete (vilket jag återkommer till senare i kapitlet).

Behov och önsningar ligger till grund för de tekniska verksamheternas drivkrafter, deras motiv. Motiven utgör så att säga startpunkten för tekniska verksamheter. Motiven kan vara mer eller mindre synliga, dessutom har tekniska verksamheter flera olika motiv. Marc de Vries (2005b) skiljer mellan användarens kontext och designern/ingenjörens kontext med fokus på olikheter vad gäller intentioner eller motiv. Designern/ingenjörens intention är att ta fram en artefakt som uppfyller en önskad funktion⁶ och för att kunna göra det behöver användarens presumtiva motiv beaktas. Designern/ingenjören skapar inte bara en ny artefakt men också en plan för dess användning. Användaren kan sedan följa designerns plan eller hitta andra användningssätt. Bland användarna uppstår även ett kollektivt motiv som grundar sig på vad majoriteten av användarna betraktar som ett korrekt användningsområde. Tekniska verksamheters drivkrafter svarar även mot motiv på en samhällelig nivå. Ekonomiska drivkrafter medför att behovet ibland kommer före tekniken, och att behovet måste lockas fram och skapas i efterhand. I relation till skolans teknikundervisning blir det viktigt att behandla såväl teknikens drivkrafter på en samhällelig nivå som användarens och konstruktörens intentioner i relation till detta.

Tekniska artefakter

De tekniska artefakternas eller objektens karaktär har ägnats speciell uppmärksamhet från teknikfilosofiskt perspektiv. Med utgångspunkt i analytisk filosofi och designteori (Kroes 2002) har en tankemodell avseende ”artefaktens dubbla natur” utvecklats (de Vries 2005b). Enligt denna modell kan artefakter å ena sidan beskrivas som föremål med fysiska egenskaper, som

⁶ Begreppet funktion används i avhandlingen för att beteckna den tekniska artefaktens uppgift, dvs. vilket syfte den har eller det behov det skall uppfylla. Exempelvis kan kaffekoppens huvudfunktion beskrivas som att ”erbjuda vätskeintag” (Landqvist 2001, s.39). Begreppet funktionalitet betecknar hur väl kaffekoppen uppfyller denna funktion, och handlar alltså om kvalitet (Rikstermbanken, Terminologicentrum hämtad 150108)

exempelvis storlek, form och färg, och å andra sidan som föremål med funktionella egenskaper. De funktionella egenskaperna ses som intentionella till sin karaktär, i motsats till de fysiska egenskaperna. Både användaren och designern/ingenjören förhåller sig till artefakter genom att göra kopplingar mellan de båda egenskaperna. Samtidigt lyfts i modellen inte fram de historiska och kulturella sammanhang som användaren respektive ingenjören ingår i. Ingenjören verkar i en tradition som bygger på erfarenheter av tidigare försök att lösa liknande problem i form av uppfinningar eller modifieringar av artefakter för att göra dem mer effektiva. Dessa erfarenheter bädas in såväl i de tekniska artefakternas utseende som i kunskap om hur dessa skall användas. Därmed skapar också de tekniska artefakterna de sätt som människor samspelar med verkligheten (Van Eijck & Claxton 2008). Ett sådant sätt att närma sig tekniska objekt har utvecklats av teknikfilosofen George Simondon (1958), som med ett tekniskt objekt ("objekt") syftar på något i vardande:

An individual technical object is not such and such a thing, given hic et nunc, but something that has a genesis. The unity, individuality, and specificity of a technical object are those of its characteristics which are consistent and convergent with its genesis. The genesis of the technical object is part of its being. The technical object as such is not anterior to its own becoming but it is present at every stage of its becoming. The technical object is a unit of becoming. (Simondon 1958, s.18f)

För Simondon är således exempelvis ångmaskinen som tekniskt objekt inte liktydigt med en enskild teknisk artefakt i termer av materiell enhet, utan är istället en sekvens av olika utformningar av ångmaskinen som visar på en bestämd utvecklingskedja. I hantverksstadiet är tekniska artefakter i början av sin existens som objekt, här realiserar varje funktion i en separat del. Det är först senare i utvecklingen som delarna blir multifunktionella. Det som gör att ett objekt är teknik är villkoren för dess funktion, och inte främst hur det kan användas eller betraktas ur andra perspektiv. Den verkliga tekniska utmaningen är enligt Simondon att sammanföra funktioner i en och samma konstruktionsenhet, så kallad "konvergens", i stället för att söka efter kompromisser mellan motstridiga krav.

Simondon (1958) skiljer mellan människans tidiga och sena kunskapsstadium i relation till artefakter. Den tidiga kunskapen om artefakter är intuitiv, här ges ingen förklaring av hur funktionen realiserar genom det sätt som artefakten är konstruerad, istället fokuseras på hanterandet av artefakten i praktiken. Artefakten ses därmed som en helhet utan att någon åtskillnad görs mellan funktion och uppbyggnad. Senare uppkom det Simondon benämner *teknicitet*, som innebär att människan utvecklade olika sätt att uppnå syften genom artefakter. Därefter har reflektioner kring syften och de sätt på vilka de kan uppnås blivit en domän för skilda mänskliga strävanden. Det sena kunskapsstadiet karakteriseras av teoretiska förklaringar av hur artefak-

ter är konstruerade för att realisera funktioner, vilka är mer generella till sin karaktär än att bara gälla en enda artefakt.

Medan teorin om artefaktens dubbla natur har ett snävare fokus på enskilda artefakter och deras funktionella och strukturella egenskaper, ser Simondon de tekniska objekten som en del i en ständigt pågående process och i större tekniska system i samhället (de Vries 2008). I förhållande till skolans teknikämne blir Simondons hållning relevant, då ämnet även syftar till att utveckla förståelse av tekniska artefakter och system ur såväl ett historiskt som samhällsligt perspektiv. I de tekniska verksamheter som producerar artefakter utvecklas såväl särskilda sätt att kunskapa som särskilda kunskaper, vilket följande avsnitt handlar om.

Teknisk kunskap

Frågan om vad som karakteriserar teknisk kunskap har uppmärksammats sedan några decennier tillbaka. I detta sammanhang har dess relation till naturvetenskaplig kunskap särskilt fokuserats (Faulkner 1994). De flesta filosofer och teknikdidaktiker som fördjupat sig i teknikens epistemologi är idag överens om att teknisk kunskap utgör en särskild slags kunskapsform, även om uppfattningen om teknik som liktydigt med tillämpad naturvetenskap består (de Vries 2003). Sammankopplingen mellan teknik och naturvetenskap har institutionaliserats i form av konferenser, tidskrifter och undervisning. Den har även genomsyrat den svenska skolans teknik innehåll som det tagit sig uttryck i undervisningspraktiken och i styrdokument, i synnerhet de som föregick Lpo94. Förhållandet mellan teknik och naturvetenskap har ägnats uppmärksamhet av teknikfilosofer, men har även varit central i diskussionen om skolans teknikutbildning. Därför kommer jag inledningsvis att ta upp några av de aspekter som lyfts fram i denna diskussion.

Relationen mellan teknik och naturvetenskap är komplex och dess karaktär har förändrats över tid. Beskrivningen av teknik som tillämpad naturvetenskap kan betraktas som både förenklad och historiskt felaktig (Gardner 1997; Gerholm 1978). Teknisk kunskap har i många fall varit nödvändig för utvecklingen av naturvetenskaplig kunskap. Ett stort antal historiska exempel visar på hantverkare och konstnärer som besittit tekniskt kunnande utan någon naturvetenskaplig förförståelse av material och processer: framställning och bearbetning av brons, utvinning av färgämnen och betmedel för textilfärgning samt tillverkning av porslin, för att nämna några. I den mån det funnits något samband mellan naturvetenskap och teknik var det således tekniken som drev vetenskapen och inte tvärtom. Men för några århundraden sedan började banden mellan teknik och naturvetenskap knytas allt starkare (Liedman 2001, s. 176). Å ena sidan utvecklades naturvetenskaplig kunskap med hjälp av tekniska instrument, å andra sidan blev tekniska prin-

ciper föremål för vetenskapliga studier och idéer om förbättringar av befintlig teknik utvecklades.

De särskiljande drag som lyfts fram i diskussionen kring naturvetenskap och teknik fokuserar bland annat på domänernas olikheter vad gäller deras syfte och resultat (Hansen & Froelich 1994; Sjöberg 2000; Staudenmaier 1985). Till skillnad från naturvetenskapen som strävar efter att förstå och förklara fenomen och naturlagar, har tekniken ett praktiskt syfte, nämligen att lösa problem genom att manipulera den fysiska världen. Medan tekniken handlar om att kontrollera naturen genom att producera artefakter, handlar naturvetenskapen om att förstå naturen genom att producera kunskap (Faulkner 1994, s. 431). Naturvetenskapen sysslar med lagbundenheter, alltså det generaliserbara, och tekniken med det speciella, den enskilda situationen (Staudenmaier 1985). Resultatens karaktär och kvalitetskriterier skiljer sig åt genom att naturvetenskapen producerar hypoteser och teorier till skillnad från teknikens produkter som är handfasta och materiella. Den naturvetenskapliga kunskapen värderas utifrån sanningsanspråk, medan teknisk kunskap bedöms efter hur väl den lyckats lösa det specifika problemet.

Teknikens produkter i form av artefakter värderas i förhållande till hur väl de önskvärda funktionerna realiseras (de Vries 2003, 2005b). Dessa funktioner kan uppfyllas på bättre eller sämre vis, vilket innebär att "there are serious problems here in defining the truth criterion" (de Vries 2005a, s. 152). Den tekniska kunskapens "normativa komponenter" syftar till effektivitet och gör inga sanningsanspråk. Dessa tekniska kunskaper tar sig uttryck i form av tumregler, standarder, god praxis etc. Kunskaperna, som är grundade på erfarenheter i den tekniska praktiken, har utvecklats just för att de fungerar och är användbara, utan att man därför behöver eller kan förklara detta vetenskapligt (Norström 2011).

Flera beskrivningar och klassificeringar av teknisk kunskap som tar utgångspunkt i ingenjörskunskap har fått genomslag inom den teknikdidaktiska forskningen. Walter Vincenti (1990), ingenjör och teknikhistoriker, klassificerar teknisk kunskap utifrån några historiska exempel från flygindustrin, medan teknikfilosofen Günter Ropohl (1997) tar sin utgångspunkt i en teori om tekniska system. I båda dessa beskrivningar delas teknisk kunskap in i dels explicit formell kunskap (propositionell kunskap) i form av beskrivande och normativ kunskap, och dels implicita tysta dimensioner av kunskap som baseras på erfarenheter i praktiken. Till de senare räknas både specifika färdigheter som att exempelvis kunna hantera verktyg, och förtrogenhetskunskap som formas genom erfarenheter av att ha studerat många unika exempel. Färdighetskunskapen fokuserar med andra ord själva utövandet medan förtrogenhetskunskapen står för såväl omdöme som igenkännande. Båda kunskapsformerna betraktas således som erfarenhetsgrundade, situationsbundna och innefattande tysta dimensioner vilket särskiljer dem från de propositionella kunskaperna.

Inom teknikdidaktiken återfinns en liknande klassificering av teknisk kunskap. Exempelvis delar Robert McCormick (1997, 2004) in teknisk kunskap i begreppslig kunskap, procedural kunskap och situationsmedvetenhet. De procedurala kunskaperna innefattar färdigheter och metoder som är knutna till design och problemlösning, medan kunskap som situationsmedvetenhet motsvarar förtrogenhetskunskap som innebär att veta när och var den begreppsliga eller procedurala kunskapen kan eller borde användas (jfr strategisk kunskap, Gibson 2008). Tekniska begrepp som lyfts fram som centrala är till exempel system, material, strukturer och komponenter (Gibson 2008; McCormick 2004). I kontrast till naturvetenskapliga begrepp som är mer generella och därmed abstrakta till sin karaktär, är de tekniska begreppen knutna till särskilda kontexter. Tekniska begrepp kan ses som grundade i specifika tekniska praktiker och det är även i dessa sammanhang som de är användbara. Dessa begrepp skulle på så sätt kunna betraktas som teoretiska aspekter av praktiken. I syfte att utveckla avhandlingens perspektiv på teknikkunnande kommer jag att visa på vilka konsekvenser det får för förståelsen av teknikkunnande om praktisk och teoretisk kunskap ses som sammanvävda.

Teoretisk och praktisk kunskap

Till vardags talas om teori och praktik i olika sammanhang. Teoretiska och praktiska kunskaper särskiljs, där de teoretiska kunskaperna ses som resultat av tänkande medan de praktiska är produkter av praktiskt arbete. Vissa yrken som exempelvis bagarens eller plåtslagarens betraktas som praktiska till skillnad från ekonom- eller juristyrket vilka kräver långa teoretiska utbildningar. Även våra skolämnen delas in i teoretiska och praktiska ämnen. Åtskillnaden mellan teoretisk och praktisk kunskap kan tyckas självklar, men frågan är vari denna skillnad egentligen består. Kanske speglar gränsen mellan praktisk och teoretisk kunskap ”en gammal och ännu existerande klassindelning i samhället snarare än egenskaper hos olika typer av kunskap” (Liedman 2001, s. 83)? Begreppet kunskap har i det västerländska tänkandet kommit att kopplas till teoretisk kunskap och till tänkande (ibid., s. 86). Dessutom betraktas det praktiska som underordnat det teoretiska i dubbel mening (Molander 1996). Det innebär att förutom att den praktiska kunskapen har ansetts mindre värd än den teoretiska, har det praktiska betraktats som tillämpad teori. Uppfattningen att mentala processer, dvs. ”tänkanDET” och det ”teoretiska”, föregår handlingen är ett utslag av det dualistiska tänkande som gör åtskillnad mellan teori-praktik, tanke-handling, subjekt-objekt, huvud-hand etc. Den s.k. *cartesianska dualismen* vilar på idén om det mänskliga subjektet som separerat från världen, vilket innebär att mentala processer ses som separerade från de fysiska (ibid.). Åtskillnaden mellan tanke och handling avspeglas även i synen på teoretisk och praktisk kunskap.

Aristoteles praktiska filosofi

I en av sina mest centrala skrifter *Den nikomachiska etiken*⁷ (2012) gör Aristoteles en uppdelning mellan den teoretiska och den praktiska filosofin utifrån deras olika studieobjekt, metoder och mål (Tabell 1).

Tabell 1. Översikt av Aristoteles' teoretiska och praktiska filosofi.

	Teoretisk filosofi	Praktisk filosofi
Objekt	Naturen	Mänskliga handlingar
Metod	Analys	Syntes
Mål	Teori	Goda råd, regler

Den teoretiska eller spekulativa filosofin studerar objekt som är oberoende av förnuftet, det vill säga sådant som människan inte kan förändra men väl få kunskap om. Naturen utgör den teoretiska filosofins studieobjekt. Ordet teori betyder bland annat betraktande och kontemplation, och det är på detta sätt som naturen studeras (Liedman 2001). Det innebär att den teoretiska filosofins metod har mer att göra med en beskrivning och analys av fenomen i naturen än med handlingar. Den praktiska filosofins objekt är däremot det mänskliga förnuftet så som det formas i handlingar och dess metod syftar till att klargöra vad vi bör göra och hur vi gör det vi gör. Metoden har mer formen av syntes, eftersom den återskapar hur förnuftet satte samman handlingen. Medan den naturvetenskapliga kunskapen utvecklas från det enskilda till det allmänna och strävar mot generaliserbara modeller, går den praktiska kunskapen i motsatt riktning från det allmänna till det enskilda och har formen av goda råd och regler (Aristoteles 2012; Janik 1996).

Aristoteles (2012) gör en åtskillnad mellan intellektuella och moraliska "förträffligheter" eller "dygder"⁸. De intellektuella dygderna utgörs av förnuft, förstånd, insikt, visdom, klokhet och konstfärdighet. Till de moraliska dygderna räknas tapperhet, rättrådighet och måttlighet. I sin undersökning av de intellektuella dygderna hävdar Aristoteles att intellektet kan användas på tre olika sätt: spekulativt, praktiskt och produktivt (Tabell 2). Det spekulativa tänkandet används för att utforska naturen och kräver förträffligheterna förnuft och förstånd, vilka sammanfattas som vetande, *épistémé*. Det prak-

⁷ I denna text använder jag mig av Mårten Ringboms översättning (1967) av *Den nikomachiska etiken*.

⁸ De begrepp som Aristoteles använder har andra betydelser idag, de har även översatts på olika sätt.

tiska tänkandet används för att bestämma handlandet och har klokhet eller praktisk visdom som sin högsta form, *phrônesis*. Det produktiva tänkandet används för att framställa föremål och kräver förträffligheten konstfärdighet eller hantverksskicklighet, *têchne* (Janik 1996).

Tabell 2. Olika sätt att använda intellektet enligt Aristoteles.

Spekulativt tänkande	Praktiskt tänkande	Produktivt tänkande
Utforska naturen	Bestämma handlandet	Framställa föremål
Vetande	Klokhet	Konstfärdighet
Épistéme	Phrônesis	Têchne

Epistemisk kunskap är enligt Aristoteles universell, evig, generell, abstrakt, icke-kontextuell och kan bedömas utifrån kriteriet sant-falskt. Kunskapen är teoretisk och har varken utvecklats från praktiken eller syftar till att användas i praktiken, då den teoretiska aktiviteten kännetecknas av analys, observation och kontemplation. Att koppla samman épistéme med vad vi idag betecknar som vetenskaplig kunskap kan verka rimligt. Aristoteles' uppdelning är dock från tiden före den empiriska vetenskapens utveckling, vilket innebär att épistéme snarare kan förstås som teoretisk vetenskap (Carlgrén 2015, s. 124). Här använder jag dock epistemisk kunskap i betydelsen påståendekunskap.

I diskussionen om klokhet, *phrônesis*, skisserar Aristoteles det som han kallar praktisk kunskap vilket således begränsas till handlingar som är mål i sig själva ("praxis"). Exempel på sådana handlingar kan vara att tala sant eller falskt vilka tillhör det etiska området. Aristoteles hänför därmed inte handlingar som innebär att man producerar ett resultat som är skilt från själva handlingen ("poesis"), som att väva ett tyg eller att bygga ett hus, till praktisk kunskap. Åtskillnaden mellan *têchne* och *praxis* har sedan dess varit problematisk, men genom att tala om det teknisk-praktiska som skilt från *praxis*, dvs. etikens område, har den tekniska domänen i form av hantverk och produktion synliggjorts (Liedman 2001, s. 84). *Têchne* svarar således mot det praktiska kunnande som är förknippat med framställande av materiella föremål. Kunnandet ses som en rationell förmåga att ingripa och förändra den omgivande världen och inbegriper människans försök att bemästra sin omgivning (jfr Faulkner 1994). Teknikkunnande kan på så sätt förstås i termer av den praktiska kunskapsformen *têchne*, eftersom den fångar såväl den tekniska verksamhetens syfte som dess särskilda sätt att kunnaka.

Kunskapsformen *têchne*

Med utgångspunkt i hantverkskunnande och konstnärliga verksamheter analyserar och diskuterar Peter Dormer (1994) kunskapsformen *têchne* och dess epistemologi. Dormer motsätter sig uppdelningen av kunnandets innebörder i tänkande och görande - istället sker tänkandet hela tiden i processen, i görandet. Enligt Dormer är hantverkskunnande undervärderat, missförstått och försummat. Ett av missförstånden är synen på hantverkskunnande som något mekaniskt och som något som enkelt kan läras när det behövs. En annan förutfattad mening är att hantverkskunnandet står i konflikt med och även hindrar personlig kreativitet. Hantverkskunnandet lär man sig primärt genom att göra det man skall lära sig under sakkunnig ledning av en mästare, vilket innebär att tillägna sig de regler som utgör den specifika praktiken. Att underordna sig dessa regler och imitera en mästare uppfattas stå i motsättning till att utveckla kreativitet. Dormer menar dock att det är genom imiterandet som nybörjaren utvecklar sitt omdöme och sin urskilningsförmåga. Kunnandet är inte en mekanisk aktivitet, utan en emotionell, intellektuell och fysisk process. Men skenet bedrar – ur ett utifrånsperspektiv ser andras skicklighet ut att vara mekaniskt, utan varken tanke eller hårt arbete. Även konstnicken Thomas Tempte (1997) skriver om denna allmänt utbredda föreställning om hantverkskunnande:

En vanlig missuppfattning från icke-hantverkare är att hantverk är ett kroppsarbete. En annan att tankearbetet är mindre komplicerat. Dessa vanliga tankekullerbyttor grundas just på okunnighet. Abstraktionsförmågan är tvärtom mycket hög. I förväg ska man bilda sig en föreställning om hur ett föremål ska se ut, tillverkas, fungera. (Tempte 1997, s. 80)

Innehållet (intentionen) och processen (görandet) är på så sätt ömsesidigt relaterade till varandra. Intentioner utvecklas inte bara under processen när man tillverkar artefakter, de utvecklas även när man tänker på och beskådar andras arbete (Dormer 1994, s. 82). Hantverkskunnande utmärks således inte av brist på tankearbete. Tänkandet är istället en del av hela processen.

Att artikulera det teoretiska i det praktiska

Även Donald Schön (1983) har bidragit till att utveckla en epistemologi för praktisk kunskap utifrån en kritik av den så kallade *tekniska rationaliteten*, föreställningen om praktisk kunskap som tillämpad teori. Enligt Schön, som bland annat studerat arkitektens yrkeskunnande, är kunskapen inbäddad i praktiken, i själva handlingen. Det mesta av denna kunskap, vilken Schön kallar *kunskap-i-handling* är tyst i bemärkelsen underförstådd och oartikule-

rad⁹. Mot bakgrund av en repertoar av handlingsexempel uppfattas en ny situation som något som liknar exempel som redan finns i repertoaren. Det nya fenomenet *ses som* (seeing as) något som känns igen. När handlingar pågår som förväntat utan några problem, finns ingen anledning att fundera över sitt kunnande. När de däremot leder till något oväntat, i form av överraskningar eller något icke önskvärt, uppstår behovet av reflektion, *reflektion-i-handling*.

In such processes, reflection tends to focus interactively on the outcomes of action, the action itself, and the intuitive knowing implicit in the action. (Schön 1983, s. 56)

Schön beskriver reflektion-i-handling som ett praktiskt experimenterande, där tänkandet är en integrerad del, men där det faktiskt är möjligt att blottlägga den tankemässiga aspekten av handlingen. Med hjälp av reflektionen åstadkoms en åtskillnad mellan tanke och handling. Tänkandet utvecklas genom det praktiska experimenterandet i ett dialektiskt samspel mellan seendet och görandet, det vill säga mellan teori och praktik. Det dialektiska förhållandet mellan det teoretiska och det praktiska innebär också att de är mer jämställda. Teorin ses alltså inte som överordnad det praktiska, istället utgör teorin en del av praktiken ur vilken teorin kan friläggas och utvecklas i samspelet mellan teori och praktik. Dessa slags teoretiska kunskaper beskriver så att säga tänkandet i görandet, eller det seende som finns i görandet i form av ett inifrån-seende (Carlgren 2015). Genom reflektion-i-handling kan alltså aspekter av det tysta kunnande som är inbäddat i handlingarna synliggöras och artikuleras. Därmed skiljer sig dessa teoretiska kunskaper från kunskap i form av utifrån-seende i betydelsen att betrakta något på avstånd, vilket är det som vi oftast betecknar som teoretisk kunskap (Liedman 2001).

Teoretiska och praktiska kunskapstraditioner

För att kunna tala om teoretiska aspekter av praktisk kunskap behövs fler specificerade begrepp som särskiljer olika aspekter av teoretisk och praktisk kunskap. Ett sätt att göra det är genom att använda beteckningarna teoretiska och praktiska *kunskapstraditioner* (Carlgren 2015, s. 113 ff). Förutom att *épistème*, *phrônesis* och *téchne* motsvarar specifika kunskapsformer med olika syften och olika sätt att utveckla kunskap (Saugstad 2002), svarar de även mot typiska drag för olika kunskapstraditioner. En kunskapstradition ses här som en verksamhet som ”omfattar aktiviteter som är organiserade i relation till ett objekt och med ett tydligt syfte” (Carlgren 2015, s. 122).

⁹ Begreppet tyst kunskap utvecklades av Michael Polanyi (1967). Enligt Polanyi rymmer all kunskap en del som är tyst, i betydelsen underförstådd och oartikulerad. I den här avhandlingen kommer jag dock inte att fördjupa mig i Polanyis kunskapsteori om tyst kunskap.

Épistème kännetecknas av ett kunskapsintresse med fokus på undersökande och en strävan att veta. Têchne är kopplat till tillverkning av produkter för vissa ändamål. Phrônesis är däremot knutet till verksamheter där det handlar om att göra rätt i moralisk mening. Även om de flesta verksamheter innehåller spår av alla dessa kunskapsformer, svarar épistème i sin renodlade form mot teoretiska kunskapstraditioner, medan têchne och phrônesis representerar praktiska kunskapstraditioner.

För att ytterligare specificera kopplingen mellan têchne och praktiska kunskapstraditioner kan vi tala om tekniska kunskapstraditioner, vilka svarar mot sådana verksamheter eller praktiker som fokuserar på tillverkning av produkter för vissa ändamål. Teknisk kunskap är således förankrad i en specifik praktik där den fyller en funktion.

I förarbetet till teknikämnets första kursplan i Lpo94 (SOU 1992:94) lyfts teknikens särart fram vad gäller dess syfte och sätt att utveckla kunskap med koppling till tekniska kunskapstraditioner som ställs i kontrast till teoretiska kunskapstraditioner.

Tekniken har historiskt utvecklats av män och kvinnor, anonyma genier som utan teoretiskt kunnande och formell skolning gjort helt epokgörande insatser. De prövade sig fram, förlitade sig till trial-and-error-metoden och till sin egen företagsamhet, uppslagsrikedom och observationsförmåga./.../Man vet i allmänhet inte vilka som gjorde alla dessa fantastiska uppfinningar. Inte heller vet man hur eller exakt var de gjordes. Människornas historia är i allt väsentligt det skrivna ordets historia. Teknikens män och kvinnor kunde oftast varken läsa eller skriva. De lämnade sällan något skriftligt efter sig. Därför har den tekniska kulturen hittills försummats i den av skriftlig tradition präglade akademiska kulturen. (SOU 1992:94, s. 252)

Med utgångspunkt i teknikkunnande som grundat i tekniska kunskapstraditioner ses både teoretiska och praktiska kunskaper som inbäddade i tekniska verksamheter. Att försöka artikulera det teoretiska i det praktiska innebär en utmaning på flera sätt i relation till skolans teknikkunnande. En fråga handlar om vilken slags kunskap som räknas som teoretisk, en annan gäller relationen mellan praktisk och teoretisk kunskap. De kunskaper som i stor utsträckning framhålls och värderas i skolan är de så kallade formella kunskaperna som står beskrivna i böcker (Carlgren 2011). Dessa påståendekunskaper likställs med teoretiska kunskaper. Den typ av kunskap som grundas i det seende som utvecklas ur ett inifrånperspektiv i ett praktiskt görande ses som enbart praktisk kunskap, och inte som teoretiska aspekter av det praktiska. Detta får konsekvenser för de skolämnen som representerar praktiska kunskapstraditioner. En tendens har varit att dessa ämnen ”epistemifieras” när de kommer in i skolan genom att teoretisk påståendekunskap eller reflektionsprocesser tillförs vid sidan av det praktiska görandet (Carlgren 2015). Att utveckla teknikundervisningen mer i överensstämmelse med dess tekniska kunskapstradition skulle innebära att elevers kunnande vad gäller

konstruerandet av tekniska lösningar skulle fokuseras i högre grad. Teoretiska aspekter av konstruerandet blir då viktiga att urskilja för att utveckla ett kvalificerat kunnande. Frågan som uppkommer i relation till detta är om själva artikulerandet av det teoretiska kunnande som inryms i det praktiska konstruerandet verkligen är en annan slags teoretisk kunskap än den epistemiska? Eller kan det vara så att all artikulering innebär en epistemifiering?

Teknikkunnande ses alltså som inbäddad i handlingar, där tänkandet sker i görandet. I normala fall kan individens handlingar inte särskiljas från det innehåll som kunskapen handlar om. Utvecklandet av kunskap tar sig uttryck som ett alltmer specificerat och nyanserat seende av det som kunskapen behandlar. Genom reflektion-i-handling menar Schön (1983) att det ändå är möjligt att frigöra seendet från handlingarna. Teoretiseringen av det praktiska innebär på så sätt att aspekter av den tysta kunskapen synliggörs och artikuleras. Frigörandet av seendet skulle också kunna innebära att kunskapen friställs från individen.

En relationell kunskapssyn

Utmärkande för såväl praktisk som teoretisk kunskap är att den utvecklas i och genom handling. Kunskapen är så att säga inneboende i själva aktiviteten, och det är genom upprepade handlingar och våra erfarenheter av dessa som kunskap utvecklas. Kunskapen är på så sätt både personlig och knuten till specifika situationer, den är konkret och visar sig snarare i handling än i ord. Allan Janik (1996) har med utgångspunkt i yrkeskunnande analyserat förtrogenhetskunskap vilken särskiljs från den formella kunskapens abstrakta begrepp och teorier som återges i form av propositioner, dvs. påståenden. Förtrogenhetskunskapen kan inte uttryckas i propositionell form, istället återges den i form av "tumregler" vilka har utvecklats ur de erfarenheter som förvärvats i praktiken (ibid.). Vidare lyfts exemplens roll för lärandet fram som en grundläggande tanke.

Central för kritiken av den tekniska rationaliteten är, förutom Donald Schön, även Gilbert Ryle som sin bok *The Concept of Mind* (1949) går till angrepp mot det han kallar den "intellektualistiska myten" (the intellectualist legend). Denna myt är enligt Ryle starkt knuten till cartesiansk dualism. Tron på att en intelligent handling innefattar först ett teoretiserande och sedan ett görande kan förklaras av myten om "spöket i maskineriet", menar Ryle. Enligt denna myt uppfattas teoretiserandet huvudsakligen som en inre, tyst och privat handling, likt ett osynligt spöke som drivs av ett maskineri, medan görandet, som ofta är något synligt och kroppsligt, betraktas som en enbart fysisk process. Utifrån antagandet om att det kroppsliga och det mentala står i motsats till varandra, följer att görandet i sig inte kan vara en mental handling. Ryle konstaterar dock att den intellektualistiska myten leder till en logisk återvändsgränd. Enligt denna myt är teoretiserandet i sig en hand-

ling som kan vara mer eller mindre intelligent utförd. Men om varje intelligent handling kräver att den föregås av ett teoretiserande som är utförd på ett intelligent sätt "it would be a logical impossibility for anyone ever to break into the circle" (Ryle 1949, s. 31). Istället för att uppfatta intellektuella operationer som de primära aktiviteterna vilka åtföljs av handling, och att de därmed är två skilda processer, menar Ryle att ett intelligent och skickligt utförande är en enda process. Teoretiserandet kommer alltså inte före kunniga handlingar. Teoretiserandet är i stället en praktik bland andra som i sig själv kan vara utförd på ett mer eller mindre intelligent sätt. I en intelligent praktik förändras handlingarna av de erfarenheter vi gör, och det är på så sätt som kunnande utvecklas. Intelligent praktik är därmed inte sprungen ur teorin. Istället är all kunskap, både det vi kallar teoretisk och praktisk kunskap, grundat i praktiker. Det innebär även att all kunskap innefattar tysta aspekter, inte bara sådana kunskaper som brukar räknas som praktiska. Likt Janik (1996) menar Ryle att kunskap visar sig i handling eftersom vi inte kan observera själva kunnandet. Kunskapen beskrivs som en disposition för handling, en disposition som är både mental och kroppslig.

Istället för att betrakta praktisk kunskap som tillämpad teori, och att därmed teoretisk kunskap blir något slags stoff som man har mer eller mindre av, blir det relevant utifrån diskussionen ovan att betrakta kunskap som en relation mellan människan och världen. Relationen mellan människan och världen kan ses som människans erfande av världen (Marton & Booth 1997). Dualismen mellan världen där ute (den verkliga världen) och världen där inne (den upplevda världen) ersätts således av världen som den erfars av mig som en del av världen som helhet (Marton 1995). En persons kunskap kommer då till uttryck som särskilda sätt att erfara världen. Eftersom kunskap ses som inbäddat i handlingarna är det först i handlingen som kunskapen manifesteras. Att kunna något innebär att urskilja aspekter av ett fenomen och ett mer utvecklat kunnande kan betraktas som att urskilja andra eller fler aspekter av fenomenet ifråga (Marton & Booth 1997). Det differentierade seendet som innebär att erfara skillnader har såväl en språklig som en kroppslig, tyst dimension (Carlgren 2012a). Kunskapen involverar även de kontextuella aspekterna genom att den är inbäddad i en verksamhet där den fyller en funktion. På så sätt blir kontexten en del av kunskapen. Därmed blir också sammanhanget avgörande för vilket kunskap som blir möjligt att utveckla.

Från kunskaper till kunnande

Ett sammansatt kunskapsbegrepp

I läroplanen för grundskolan föreskrivs en kunskapsuppfattning som lyfter fram flera former av kunskap. Denna kunskapssyn formulerades i Skola för bildning (SOU 1992:94) mot bakgrund av en diskussion kring den erfarenhetsgrundade kunskapens del i det som räknas som kunskap. Här förordas ett sammansatt kunskapsbegrepp som innefattar fakta, förståelse, färdigheter och förtrogenhet, de så kallade ”fyra F:n”. *Fakta* syftar på informationsaspekten av kunskap i form av påståenden. En sådan kunskap kan exempelvis handla om att veta att Stockholm är Sveriges huvudstad. Det är en kunskapsform som innebär att veta att. Med *förståelse* avses de tolkande och förklarande aspekterna av kunskap, att uppfatta meningen eller innebörden i ett fenomen. Denna kunskapsform kan exempelvis handla om att förstå omständigheterna kring första världskrigets utbrott eller vad densitet innebär. *Färdighet* fokuserar själva utförandet, vilket exempelvis kan handla om att kunna säga eller att simma. Men även färdigheter som att skriva eller ställa upp en algoritm, vilka brukar inordnas i de ”teoretiska ämnena”, hör hemma här. *Förtrogenhet* omfattar de tysta aspekterna av kunskap som omdöme och urskiljning. Att kunna smaka av en sås vid tillagningen eller att urskilja och känna igen bofinkens läte under en skogspromenad är exempel på sådana kunskaper (SOU 1992:94, 65-67). Genom att lyfta fram och inkludera förtrogenhetskunskapen i kunskapsbegreppet markerades således betydelsen av kunskapens erfarenhetsgrund (Carlgren 2009a).

De fyra kunskapsformerna finns representerade i styrdokumentet för alla skolans ämnen och sägs där inte ha någon inbördes hierarkisk ordning, i motsats till hur de verkar ha uppfattats (Carlgren 2012a). Istället finns alla kunskapsformer hela tiden hos såväl den mindre som den mer kunnige. Därigenom upplöses uppdelningen mellan så kallade praktiska och teoretiska skolämnen.

Kunnande, kunskapsinnehåll och kunnighet

I den här avhandlingen ses teknikkunnande som något annat är tillämpligt naturvetenskap, det knyts i stället till kunskapsformen *têchne* och svarar mot tekniska kunskapstraditioner. Teknikkunnande innefattar såväl teoretiska som praktiska kunskaper, men de teoretiska kunskaperna är i stor utsträckning i form av tyst kunskap. Kunnandet tar sig uttryck i handlingar, där mentala och fysiska processer ses som en helhet. Teknikkunnande innebär särskilda sätt att erfara och urskilja aspekter av det som skall läras, vilket innebär att individen utvecklar ett differentierat seende och görande.

För att kunna tala om kunskap på ett mer specificerat sätt i relation till teknikundervisningens innehåll och det som eleverna förväntas lära, kan kunskapsbegreppet ytterligare behöva utvecklas. John Dewey och Arthur Bentley (1949) har problematiserat och utvecklat kunskapsbegreppet genom att använda sig av begreppsparet *knowing - known*. På så sätt särskiljs specifika aspekter av kunskap samtidigt som relationen mellan dessa aspekter fokuseras. *Kunnande (knowing)* kan sägas stå för elevers kunskaper i relation till ett specifikt innehåll, medan *kunskapsinnehåll/det kända (known)* motsvarar det ämnesinnehåll eller stoff som eleverna förväntas kunna. Relationen mellan kunnande och kunskapsinnehåll beskrivs som *transaktionell*, vilket innebär att kunnande och kunskapsinnehåll/det kända ömsesidigt konstituerar varandra.

Lärares arbete kan beskrivas som ”ett arbete med transaktionen mellan kunnandet och det som ska kunnas (det kända) för specifika elever” (Carlgren 2011, s. 52). Kunnande och kunskapsinnehåll förhåller sig på så sätt alltid till specifika elevgruppers *kunnighet* (Carlgren 2011). Kunnigheten representerar det kunnande som en specifik elev/elevgrupp har utvecklat vid en viss tidpunkt. Läraren arbetar således med alla dessa delar – kunnande, kunskapsinnehåll och kunnighet – och undervisningen konstitueras i relation till de tre delarna. Det dialektiska förhållandet mellan kunnande och kunskapsinnehåll gör emellertid att båda förändras i undervisningsprocessen. Detta innebär att det kunskapsinnehåll som läraren behandlar i undervisningen inte kan ses som något fixt och oföränderligt, utan snarare något som tar form i och genom de transaktionella processerna (Carlgren 2015).

Begreppet lärandeobjekt används inom variationsteorin för att beteckna det kunnande som eleverna skall utveckla i förhållande till ett specifikt kunskapsinnehåll. Lärandeobjekten är på så sätt dynamiska och föränderliga objekt som konstitueras i klassrummet i en transaktionell process mellan det kunnande som eleverna skall utveckla i relation till ett specifikt kunskapsinnehåll och den specifika elevgruppens kunnighet.

Elevernas kunnighet kan betraktas som undervisningens mål. För att kunna undervisa på ett sätt som bidrar till elevers kunnighet behöver lärare ha en uppfattning om vad ett specifikt kunnande innebär och vilket kunskapsinnehåll som skall göras möjligt för eleverna att erfara. Elevernas specifika kunnanden utvecklas genom att de erfar och urskiljer fler och fler aspekter av det som skall läras. Paul Hirst (1974) liknar detta vid ett landskap som man lär känna mer och mer i takt med att fler delar urskiljs och förståelsen av hur dessa är sammankopplade utvecklas.

Tidigare forskning

I detta kapitel redogör jag kortfattat för teknikdidaktisk forskning med inriktning mot teknikkunnandets innehåll och karaktär. De områden som undersöks inom forskningen bygger på olika antaganden om vad som räknas som relevant och viktig (och oviktig) kunskap i relation till skolans teknikutbildning. Översikten behandlar både svensk och engelskspråkig internationell forskning som fokuserar på ämnet teknik inom den obligatoriska skolan i olika delar av världen. Eftersom teknikämnets innehåll varierar en del mellan olika länder, avspeglar därmed forskningsöversikten också denna skillnad. Översikten har avgränsats till en beskrivning av empirisk forskning som fokuserar på det teknikkunnande som eleverna skall utveckla samt det specifika teknikinnehåll som är knutet till detta. Ytterligare en avgränsning är att studier som främst fokuserar på läromedel, styrdokument eller lärarens kunskande inte tas upp, då det är elevernas uttryckta teknikkunnande som är intressant i relation till avhandlingen. Översikten innehåller olika typer av studier som undersöker elevers teknikkunnande genom intervjuer, enkäter och klassrumsstudier.

Med fokus på det som ska kunnas (the known)

I detta avsnitt beskriver jag olika typer av studier med fokus på det som eleverna förväntas kunna. Denna forskning är främst inriktad mot specifika teknikinnehåll som eleverna förväntas erövra i relation till skolans teknikämne.

Att förstå tekniska begrepp och principer

Studier som behandlar elevers begreppsförståelse har efterfrågats av det teknikdidaktiska forskningsfältet (de Vries 2005b; Jones 2009b; Jones *et al.* 2013). I detta sammanhang lyfts den ämnesdidaktiska forskningen i naturvetenskap fram som en förebild (de Vries 2005b), i vilken elevers förståelse av naturvetenskapliga begrepp har fokuserats i stor utsträckning (Andrée 2007). De studier inom det teknikdidaktiska fältet som undersökt elevers begreppsförståelse vilar på olika antaganden om vilka slags begrepp som är centrala i ämnet. Yngre elevers förståelse av konstruktioners hållfasthet och stabilitet har undersökts i flera studier. I en enkätstudie undersöktes hur elevers för-

ståelse (5-12 år) av faktorer som påverkar torns stabilitet förändrades under en treårsperiod i samband med implementeringen av ett nytt undervisningsprogram i teknik (Gustafson, Rowell & Rose 1999). Eleverna kom upp med en mängd mer eller mindre användbara förslag på hur tornet kunde göras mer stabilt. Exempel på relevanta förslag var att göra andra typer av sammanfogningar, använda andra material eller att lägga till ett antal stödben. Bland de yngre eleverna förekom initialt många mindre användbara lösningar som gick ut på att t.ex. ta bort stödbenen, flytta dem mot mitten eller att bygga tornet ännu högre. Efter de tre åren föreslogs dessa typer av lösningar i mindre grad. I ytterligare en enkätstudie inom samma forskningsprojekt undersöktes elevers strategier för att testa två broars hållfasthet (Gustafson, Rowell & Guilbert 2000). De yngre eleverna hade svårigheter med att föreslå hur broarnas stabilitet kunde testas. Några förklarade istället varför bron var stabil, medan andras förslag saknade kriterier för jämförelser. De äldre eleverna föreslog i högre grad matematiska operationer med användning av vikt, vilket lyftes fram som ett mer komplext kunnande. I en annan studie intervjuades elever i åldrarna 6-13 år med fokus på förståelsen av materials hållfasthetsegenskaper och begreppet stabilitet (Davis, Ginns & McRobbie 2002). Under intervjuerna diskuterades detta i relation till en artefakt i form av en bromodell av trä. Några av de yngsta eleverna urskiljde inte olika materials egenskaper, men de flesta elever i undersökningsgruppen kunde skilja mellan olika materials hållfasthetsegenskaper och utifrån detta välja lämpligt material till ett brobygge. Bland de äldre eleverna förekom dessutom förklaringar som inte relaterades direkt till bron samt mer abstrakta förklaringar baserat på materialens kemiska struktur, vilka betraktades som de mest komplexa. Förståelsen av begreppet stabilitet skiljde sig också mellan åldersgrupperna. De äldre eleverna föreslog i högre utsträckning en förstärkning av brons inre struktur, vilket bedömdes som en mer komplex förståelse jämfört med de yngres förslag om att, med hjälp av betong, förankra brons ändar kraftigt i marken.

I en engelsk-finsk studie undersöktes hur en grupp elever i årskurs 5 utvecklade sin förståelse av tekniska principer om motvikter (Twyford & Järvinen 2000). Under några lektionstillfällen konstruerade eleverna spontant och tillsammans modeller som använde sig av motvikter och intervjuades efteråt om detta arbete. Eleverna visade sin tekniska förståelse genom förvärvade analytiska färdigheter som bestod av att dels koppla ihop den tekniska principen med autentiska objekt som tillämpade principen och dels analysera den konstruerade modellen i relation till dess ingående komponenter. Ytterligare en slutsats var att eleverna tillägnade sig teknisk förståelse genom att representera sina idéer till lösningar på flera olika sätt som att konstruera modeller, skissa och tillverka prototyper, uttrycka sig med hjälp av språket samt hantera verktyg och material.

Att förstå tekniska artefakter och system

Studier som undersökt hur elever (12-16 år) värderar tekniska artefakter visar att de yngre eleverna främst fokuserade på den egna hanteringen i relation till den önskvärda funktionen (Oboho & Bolton 1991). Med utgångspunkt i modellen om artefaktens dubbla natur (de Vries 2005b) studerades elevers förståelse av tekniska objekts egenskaper (Compton & Compton 2013a, 2013b). Studierna bestod av elevintervjuer samt interventionistiska inslag i klassrumsundervisningen. Att koppla samman objektens strukturella och funktionella egenskaper visade sig innebära svårigheter för eleverna, samt att relatera detta till deras ändamålsenlighet. Eleverna hade även en mycket begränsad förståelse av objektens materialegenskaper.

Elevers uppfattningar av stora tekniska system med utgångspunkt i vardagsföremål som exempelvis mobiltelefonen undersöktes i en svensk intervjustudie (Svensson & Ingerman 2010). Studier med fokus på innehållet i tekniska system har tidigare efterfrågats av forskningsfältet (McCormick 2004; de Vries 2005b). Genom fenomenografisk analys av intervjumaterialet visades att eleverna (i åldrarna 10 och 15 år) urskiljde tekniska systems struktur och funktion på kvalitativt olika sätt och med stigande grad av komplexitet. I det minst komplexa erfandet fokuserades den egna användningen av enskilda komponenter utan koppling till några systemaspekter, medan det mest komplexa erfandet innefattade ett övergripande system som inkluderade komponenter, människor och samhällsliga aspekter. Med utgångspunkt från resultaten av den nämnda studien samt en uppföljande studie (Svensson, Zetterqvist & Ingerman 2012) har aspekter identifierats som eleverna behöver urskilja för att utveckla ett mer komplext kunnande i relation till tekniska system (Svensson 2011). I en annan studie undersöktes yngre elevers (8-10 år) förståelse av mindre tekniska system som exempelvis tvättmaskin och bakmaskin (Koski & de Vries 2013). Elevernas begränsade förståelse kom till uttryck i form av svårigheter att skilja mellan process och system, samt att främst fokusera på den egna användningen i vilken elevernas egna hantering överlappade med det som systemet utförde.

Att tillämpa designprocessens faser

Den internationella teknikdidaktiska forskningen har som jag tidigare beskrivit ett starkt fokus på innehållet i design- och problemlösning (Jones & Moreland 2003). Ibland brukar innehållet sammanfattas under beteckningen ”design and make”, dvs. design och tillverkning, inte sällan utifrån en kritik av ett som man menar alltför snävt ämnesinnehåll (se t.ex. Jones & Moreland 2003). Denna forskning, som utvecklats under relativt lång tid i framförallt England, tar främst sin utgångspunkt i ämnets innehåll i England och Wales. I denna kontext betonas i första hand procedurala kunnanden (Kimbell & Stables 2007; McCormick 2009). Dessa utgörs av förmågor som ex-

empelvis problemlösande förmåga som är direkt kopplade till designprocessens olika faser, vilka således är ett innehåll som eleverna förväntas kunna tillämpa. Empiriska studier har emellertid visat att såväl experter som noviser löser designproblem på en rad olika sätt (Hill & Anning 2001) och att unga elevers arbetssätt i praktiken snarare följer en iterativ och rörig process än en enkel linjär modell (Johnsey 1995). En modell som beskriver de kognitiva processerna som en iterativ interaktion mellan tanke och handling har utvecklats för designprocessen (se t.ex. Kimbell 2005).

Några specifika praktiska färdigheter uppmärksammas oftast inte i den engelska design- och problemlösningskontexten. Ett undantag är förmågan att skissa. Skissandets roll i designprocessen ses bestå i att utveckla och representera idéer som därefter realiseras i tillverkningen av en artefakt. Angelica Anning (1994) har dock konstaterat att kunskap saknas om hur elever utvecklar sin förmåga att skissa och att lärare är osäkra på hur de skall undervisa i skissande. Strategier för lärare att använda i sin undervisning har tagits fram utifrån en analys av den professionella praktiken och genom interventioner i klassrumsundervisningen (MacDonald, Gustafson & Gentilini 2007). Undervisning i skissande vid ett bildundervisningstillfälle samt integrering av skissandet i elevernas designuppgift bidrog till planeringen och tillverkningen i varierande grad. Forskarna problematiserar förmågan att skissa, de lyfter fram skissandet som ett kontextuellt kunnande och som ett verktyg vilket eleverna måste känna behov av att använda för att de skall se det som relevant och viktigt i utvecklandet av tekniska lösningar.

Med fokus på teknikkunnande (knowing)

Under denna rubrik beskrivs forskning som i huvudsak är inriktad mot elevers teknikkunnande. I dessa studier undersöks vilket slags teknikkunnande som eleverna uttrycker och utvecklar i klassrummet.

Teknikkunnande i tekniska verksamheter

I flera klassrumsstudier har undersökts hur begreppsliga, procedurala, sociala och tekniska aspekter av teknikkunnande (Hansen & Froelich 1994; Jones 2009a) operationaliseras och integreras i teknisk verksamhet för att lösa problem (Jones & Moreland 2003). Teknikkunnande och progressionen avseende dessa aspekter för elever i åldrarna 5-11 år identifierades av forskarna med utgångspunkt i elevernas handlingar i klassrummet. Aspekterna involverade förståelse av tekniska begrepp och processer, strategiska tillämpningar av procedurer och processer, relationen teknik/människa samt praktiska tekniker och användning av verktyg. I relation till varje kategori identifierades dels generella aspekter, vilka förekom inom mer än ett tekniskt område, och dels specifika aspekter som relaterade till ett särskilt område. Här före-

kom även teoretiska kunskaper i form av begrepp som knöts till den tekniska praktiken som t.ex. formbarhet vars innebörd relaterade till olika slags material som bearbetades i den tekniska processen. Beskrivningarna av teknikkunnande var av övergripande karaktär, som att exempelvis kunna använda alltmer avancerade verktyg (Jones & Moreland 2003, s. 62). Likaså använde nybörjaren begrepp i form av dikotomier, medan den mer kunnige kunde identifiera tekniska begrepps utmärkande drag och relatera begreppen direkt till kontexten (ibid., s. 61).

Utifrån en liknande syn kring begreppens funktion i teknisk verksamhet studerades hur elever i åldrarna 6-7 år utvecklade sitt kunnande om material i relation till de föremål de tillverkade och hur de utvecklade begrepp kopplade till detta innehåll (Chatoney 2008). Med utgångspunkt i föremålets funktion knöts olika typer av kunskap om material, från materials egenskaper till bearbetningsmetoder kopplade till olika material. I studien visas hur eleverna, med lärarens stöd, utvecklade sitt språk från ett vardagsspråk till ett mer formaliserat språk.

Hur elevers kunnande utvecklas när de bygger stabila konstruktioner har också undersökts i klassrumsstudier (Roth 1996, 1998). Eleverna (9-10 år) konstruerade olika typer av strukturer som broar och torn i en problemlösningssammanhang och utvecklade kunskaper genom samspelet inom och mellan elevgrupper samt med artefakter. I synnerhet utvecklade eleverna kunnande i relation till att förstärka olika material, hantera verktyg såsom limpistolen, stabilisera strukturer och arbeta med varierade material (Roth 1998). Elevernas kunnande som uttrycktes i fysiska handlingar och genom språket relaterades till Wendy Faulkners (1994) kategorier av ingenjörskunnande inom innovationsområdet.

I en annan studie undersöktes vilket slags kunnande som fanns representerat i klassrummet när elever (13-14 år) i en problemlösningssammanhang konstruerade en motordriven oljeborrugg med hjälp av Lego (Esjeholm & Bungum 2013). Analysen baserades bland annat på Walter Vincentis (1990) kategorier av teknisk kunskap. Den typ av kunnande som var mest framträdande och som utgjorde eleverna främsta svårigheter var relaterat till grundläggande principer för hur tekniska lösningar är konstruerade och fungerar. Ett exempel på sådant kunnande var att kunna omvandla en roterande rörelse till en linjär genom att använda och kombinera två specifika Legobitar. Ytterligare ett kunnande bestod av olika slags praktiska överväganden under konstruerandet, ofta av typen ”trial and error”, för att få konstruktionen att fungera så bra som möjligt.

Sammanfattning och avgränsning av forskningsobjektet

De refererade studier som fokuserar det som eleverna ska kunna i termer av teknikinnehåll visar att särskilt yngre elever uttrycker en begränsad förstå-

else när de skall redogöra för faktorer som bidrar till konstruktioners stabilitet och hållfasthet (Davis *et al.* 2002; Gustafson *et al.* 1999; Gustafson *et al.* 2000). Naturvetenskapliga och matematiska förklaringar lyfts fram som de mest komplexa kunskaperna i dessa studier. Det som eftersträvas är med andra ord abstrakta förklaringar av konstruktionernas uppbyggnad som är möjliga att tillämpa i olika kontexter. När eleverna själva konstruerar visas dock att eleverna utvecklar olika typer av kunnande i relation till stabila och hållfasta strukturer (Roth 1996, 1998). Motsvarande skillnader i resultat vad gäller elevers förståelse av materials egenskaper kan urskiljas i olika typer av studier. Unga elever uppvisar i intervjuer vissa svårigheter med att urskilja olika materials egenskaper (Davis *et al.* 2002), men utvecklar kunnande kring såväl materials egenskaper som bearbetning av olika material när de konstruerar något som skall realisera specifika funktioner som att överföra rörelse (Chatoney 2008) eller bygga stabilt (Roth 1998). I dessa sammanhang utvecklar eleverna även ämnesspecifika begrepp i relation till innehållet. Elevernas teknikkunnande verkar således vara av ett annat slag än det som visas i form av påståendekunskap.

Elevers förståelse av befintliga tekniska objekt och system uttrycks främst i relation till den egna användningen (Koski & de Vries 2013; Oboho & Bolton 1991; Svensson & Ingerman 2010). Ibland har också unga elever svårigheter med att särskilja det egna hanterandet i termer av input från det som det tekniska systemet utför (Koski & de Vries 2013). Att koppla ihop tekniska objekts strukturella och funktionella egenskaper verkar också innebära svårigheter för elever i olika åldrar (Compton & Compton 2013a, 2013b). Studier som tar utgångspunkt i elevers konstruerande av modeller betonar emellertid relationen mellan strukturella och funktionella egenskaper i olika grad. I en studie med fokus på tekniska principer avgränsades teknikkunnande främst till modellernas strukturella egenskaper (Twyford & Järvinen 2000), medan en annan studie även fokuserade på de praktiska överväganden som relaterade till villkor för funktionen (Esjeholm & Bungum 2013).

Ett innehåll som fokuseras i flera studier relateras till tillämpandet av designprocessens olika faser (Kimbell 2005; Middleton 2005). De olika fasernas innebörder som att kunna generera idéer, skissa (jfr Anning 1994), tillverka och utvärdera sina lösningar i relation till specifika teknikinnehåll har emellertid inte undersökts i någon större utsträckning. När det exempelvis gäller att kunna komma fram med och utveckla innovativa idéer framhålls mer övergripande aspekter som att ta risker och att använda många olika modelleringstekniker på dynamiska och okonventionella sätt (Kimbell 2005).

I de refererade klassrumsstudier som undersöker elevers teknikkunnande beskrivs kunnandet till stor del i generella termer i relation till exempelvis begreppsanvändning och verktygshantering (Jones & Moreland 2003). Dessa beskrivningar skulle kunna utgöra startpunkt för vidare utforskande av tek-

nikkunnande i relation till specifika innehåll, elevgrupper och sammanhang. Även elevers kunnande när det gäller att analysera befintlig teknik och att konstruera tekniska lösningar som delvis beskrivits i tidigare studier behöver utforskas vidare i relation till specifika teknikinnehåll. Preciserad kunskap om var de svårigheter består som eleverna uttryckt i tidigare studier är viktig att utveckla på ett systematiskt sätt i relation till elevernas kunnande. Till exempel konstateras, med utgångspunkt i de många praktiska överväganden som baserades på elevernas svårigheter, att undervisning i relation till specifika teknikinnehåll behöver utvecklas för att kunna stödja eleverna i deras kunskapsutveckling (Esjeholm & Bungum 2013). Förutom frågan om vad det är eleverna kan när de kan det som skall kunnas, blir även frågan om vad som skiljer den som kan från den som inte kan i termer av urskiljande central för att kunna skapa förutsättningar för utvecklandet av elevers teknikkunnande. I relation till avhandlingens mål blir det relevant att ta utgångspunkt i specifika lärandeobjekt som konstitueras i undervisningen för att på så sätt undersöka teknikkunnande och elevernas kunnighet samt vilka aspekter som de behöver urskilja för att utveckla kunnandet.

Metod

I detta kapitel diskuterar jag inledningsvis metodologiska överväganden i relation till målet med avhandlingen. Därefter beskrivs genomförandet av två Learning study och de videodokumenterade lektioner som utgör avhandlingens empiriska material. Slutligen diskuterar jag forskningsetiska överväganden.

Metodologiska överväganden

Avhandlingens mål är att utveckla och beskriva innebörder av teknikkunskande i förhållande till några specifika lärandeobjekt. Avhandlingens metodologiska överväganden tar utgångspunkt i att kunnande alltid är kunnande av *något* och att det är *någon* som kan detta. Ett övervägande handlar om vilket slags empiriskt material som behöver skapas för att studera teknikkunskande avseende specifika teknikinnehåll. Den ansats som valts för generering av data är *Learning study* (Marton & Pang 2006; Pang & Lo 2012; Pang & Marton 2003; Runesson 2011). Learning study gör det möjligt att studera kunnande riktat mot specifika lärandeobjekt och hur de tar sig uttryck och konstitueras i undervisningspraktiken (Marton & Lo 2007).

I en Learning study intervenerar man i undervisningen och genom den iterativa processen kan det bli möjligt att både undersöka och utveckla innebörder av kunnande på ett systematiskt sätt. Undervisningspraktiken är dock mycket komplex, systematiska studier av kunnande kräver teoretiska redskap för vad man ska titta efter och hur detta kan förstås (Nuthall 2004). Till skillnad från andra praxisutvecklande ansatser som exempelvis Lesson study, förutsätter Learning study ett teoretiskt ramverk, vilket vanligtvis är variationsteorin (Lo 2012; Marton 2005, 2014). Genom teorigrundade intervenerande inslag i undervisningen i cykler, där kunnandet tar sig uttryck i undervisningen i klassrumssituationen, kan det således vara möjligt att systematiskt studera och succesivt specificera och nyansera innebörder av ett specifikt kunnande (Runesson 2011).

Att integrera lärares erfarenhetsgrundade yrkeskunnande i forskningsprocessen är ytterligare en utgångspunkt för mitt val av ansats. Anledningarna till detta är flera. Genom att involvera lärare blir det möjligt att generera kunskap som tar sin utgångspunkt i problem och frågor i lärares undervisningspraktik och som därmed är relevant för yrkesutövningen (Bulterman-

Bos 2008; Runesson 2011). Sådana forskningsresultat kan dessutom lättare integreras i lärares professionella kunskapsbas (Hiebert, Gallimore & Stigler 2002; jfr Jones *et al.* 2013). Lärares kunnande och tidigare erfarenheter från den egna verksamheten involveras på så sätt i kunskapsproduktionen i den praktiska verksamheten. Lärares yrkeskunnande ses som integrerat i den praktik i vilken lärarna verkar (Hiebert *et al.* 2002) och är i stor utsträckning i form av tyst kunskap (Bulterman-Bos 2008, Carlgren 2009b). Det kan dock vara möjligt att artikulera lärarnas tysta kunskaper som visar sig i handlingar genom att observera och reflektera kring dessa (Schön 1983).

En annan fråga handlar om vilken datainsamlingsmetod som kan vara relevant. Den huvudsakliga metod som valts, videoobservation, baseras på min förståelse av det specifika kunnande som eleverna förväntas utveckla i undervisningen. En utgångspunkt är att teknikkunnande tar sig uttryck i såväl verbala som fysiska handlingar. Genom videoobservation kan båda dessa uttryck fångas så att de sedan blir möjliga att analysera och tolka (Rønholt, Holgersen, Fink-Jensen & Nielsen 2003, s. 15). Dessutom kan gester och mimik som ersätter ord dokumenteras. Eftersom avhandlingen fokuserar på tidiga skolårens teknikkunnande blir detta särskilt viktigt då yngre elevers begränsade vokabulär gör att verbala uttryck ofta ersätts av eller kompletteras med kroppsliga uttryck. I likhet med andra metoder för datainsamling, innebär dock användning av video vissa begränsningar (Heath, Hindmarsh & Luff 2010), vilket jag återkommer till senare i kapitlet.

Ytterligare ett metodologiskt övervägande handlar om hur det empiriska materialet analyseras. Den specifika frågan som ställs i avhandlingen är vad eleverna kan när de kan det de skall kunna i relation till teknik i de tidiga skolåren. För att undersöka kunnandet har fenomenografisk analys valts som huvudsakligt verktyg (Marton 1981, 1994). Valet av detta analysredskap grundas i avhandlingens relationella kunskapssyn som innebär att kunnande ses som erfalande av fenomen. I fenomenografiska studier beskrivs inte fenomenet i sig utan möjliga sätt att erfara fenomenet. Beskrivningar av erfalande konstrueras utifrån de uttryck som manifesteras i tal och handlingar i det empiriska materialet. När kunnandet undersöks i avhandlingen operationaliseras det som ett särskilt sätt att erfara det som undervisningen riktas mot. Det innebär att elevers sätt att erfara ett specifikt fenomen likställs med deras kunnande av fenomenet ifråga (Carlgren *et al.* 2015). En invändning mot detta kan vara att vi inte kan veta ifall det som eleverna uttrycker i undervisningen motsvarar allt det de kan. Om detta kan vi inte veta så mycket, men det enda som kan analyseras är de uttryck som manifesteras i praktiken och som vi tolkar som kunnande.

Såsom tidigare här diskuterats så är kunnande i stor utsträckning i form av tyst kunskap. Därmed blir även kunnandets tysta aspekter viktiga att undersöka. I en fenomenografisk analys av videodokumenterade handlingar som uttryck för kunnande innefattas även de tysta aspekterna av kunnandet. Resultatet av fenomenografiska analyser beskriver elevernas olika sätt att er-

fara/kunna det som skall läras, vilka är avgörande faktorer för undervisning och lärande (Marton & Booth 1997, s. 176). De fenomenografiska analyserna kan därmed bidra till en fördjupad förståelse av kunnandet i förhållande till specifika lärandeobjekt, vilket utgör relevant kunskap för lärare.

Två Learning study med utgångspunkt i tekniskspecifika lärandeobjekt

Learning study är den ansats som huvudsakligen ligger till grund för insamlandet och skapandet av avhandlingens empiriska material. Den praxisutvecklande ansatsen Learning study utvecklades i Hong Kong tillsammans med svenska forskare och introducerades i Sverige 2003, och har sedan dess fortsatt att utvecklas kontinuerligt (Marton & Pang 2006; Pang & Lo 2012; Pang & Marton 2003; Runesson 2011). Learning study beskrivs ofta som en vidareutveckling av *Lesson study*, alternativt som en hybrid mellan designexperiment och Lesson study (Marton & Pang 2006). I Japan har Lesson study (jugyou kenkyuu) praktiserats av lärare sedan länge. Ansatsen blev internationellt känd genom boken *The Teaching Gap* (1999), i vilken James Stigler och James Hiebert lyfter fram Lesson study som en modell för lärarna att bedriva ett fortlöpande, skolbaserat och professionellt utvecklingsarbete. I en Lesson study träffas grupper av lärare för att tillsammans planera och genomföra ”forskningslektioner” som sedan analyseras och utvärderas i syfte att förbättra undervisningen och därmed elevernas lärande (Lewis 2000; Stigler & Hiebert 1999). En Lesson study styrs av lärarna själva och bidrar till professionell kunskapsutveckling genom systematiska studier av elevernas förståelse av det som skall läras och av relationen mellan undervisning och lärande (Fernandez, Cannon & Chokshi 2003). Det iterativa och cykliska mönstret av planering, genomförande, utvärderande och revidering av en lektion är gemensamt för Lesson study och Learning study.

Designexperiment eller *designforskning* introducerades i början av 1990-talet av Ann Brown (1992) och Allan Collins (1992) och utvecklades som en forskningsansats i syfte att testa och förfina en teorigrundad undervisningsdesign samt att utveckla och generera teori. Denna gradvisa förfining av designen sker genom att skapa interventioner och studera deras verkan i verkliga undervisningssituationer, där analys och revidering av designen eller de pedagogiska redskapen upprepas cykliskt. Samtidigt sker i denna process en förfining och utveckling av teorin. På så sätt kan designforskning ses som både praktikförbättrande och teoriutvecklande (Collins, Joseph & Bielaczyc 2004).

Medan vissa delar av Learning study har likheter med designexperiment (som att forskningslektionerna utgår från ett teoretiskt ramverk), är andra delar mer lika Lesson study (som att lärare tillsammans utformar undervis-

ning för att eleverna skall utveckla ett specifikt kunnande). Den viktigaste skillnaden mellan Lesson och Learning study är, enligt Ming Fai Pang och Mun Ling Lo (2012), att en Learning study, till skillnad från Lesson study, tar sin utgångspunkt i en lärandeteori vilken vanligtvis är variationsteorin (Lo 2012; Marton 2014). Denna teori låg till grund för planeringen och analysen av lektionerna.

Urval

Eftersom studierna har ett ämnesdidaktiskt fokus var min utgångspunkt vid urvalet av medverkande lärare att dessa hade teknikdidaktisk kompetens i form av såväl ämnesdidaktiska studier som erfarenhet av undervisning i teknik i de tidiga skolåren. Att finna sådana lärare är emellertid inte så enkelt. Teknikämnet förekommer endast i mindre omfattning i skolan (Skolverket 2011b) och många av lärarna saknar utbildning¹⁰. Det verkar dessutom finnas en stor osäkerhet bland lärarna, särskilt bland lärare i de tidiga årskurserna, kring ämnets innehåll och undervisning (Teknikföretagen 2005). Att kunna genomföra avhandlingens två Learning study tillsammans med en grupp lärare där samtliga hade teknikrelaterad utbildning och undervisningserfarenhet bedömde jag som närmast omöjligt. Minimikravet var ändå att det i den samlade lärargruppen skulle finnas både ämneskompetens och erfarenhet av teknikundervisning. Uppgifter om deltagare i tidigare genomförda kurser i teknikdidaktik för blivande och verksamma lärare utgjorde underlaget för urvalet av lärare.

Learning study ett

Jag kontaktade en lärare som tidigare deltagit i flera teknikkurser och frågade om intresse fanns för att medverka i en Learning study och fick då positivt svar. Därefter besökte jag skolan och presenterade forskningsstudien för lärarkollegiet i årskurs 1-3. I samband med mötet uttryckte lärarna positivt intresse för att medverka i studien. Sedan kontaktade jag rektor och informerade om studiens syfte och genomförande, och förankrade därigenom studien hos skolledningen.

Denna Learning study genomfördes under vårterminen 2011 (januari-maj) på Stenbacksskolan (pseudonym), en innerstadsskola med cirka 700 elever i årskurs F-9. I studien medverkade fyra lärare med mellan 3 och 35 års erfarenhet av läraryrket. Två av lärarna hade teknikdidaktisk utbildning om

¹⁰ En tredjedel av lärarna som undervisar i teknik i åk 1-9 saknar helt utbildning i teknik enligt en undersökning som genomförts av Teknikföretagen och CETIS (2012). Av lärarna som undervisar i åk1-3 läsåret 2013/14 har endast 27 % behörighet i ämnet teknik, vilket är det ämne som har lägst andel behöriga tjänstgörande lärare i åk 1-3. Motsvarande siffror för lärare i åk 4-6 och åk 7-9 är 31 % respektive 48 % (Skolverket 2014).

minst 7,5 hp och erfarenhet av undervisning i ämnet. Två klasser med totalt 49 elever medverkade, varav en klass i årskurs 1 (23 elever) och en i årskurs 2 (26 elever).

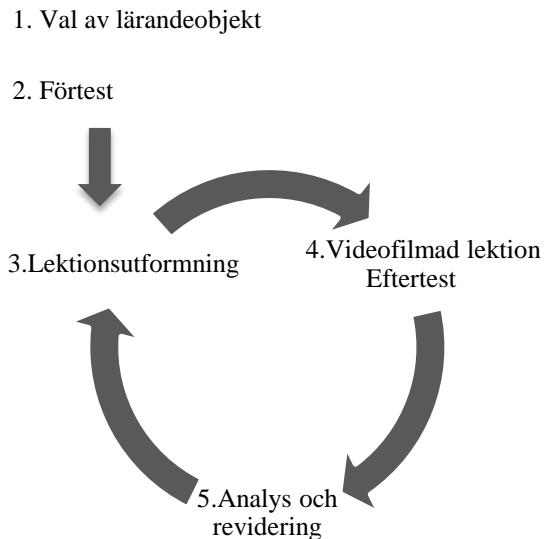
Learning study två

För denna Learning study gällde att en lärare tidigare under terminen hade kontaktat mig och meddelat intresse att medverka i möjliga samverkansprojekt, varefter jag besökte skolan och lärarens tekniklektioner under en temadag i teknik på lågstadiet. I samband med besöket diskuterade vi möjligheten att genomföra en Learning study kommande termin. Vid terminsslutet träffade jag samtliga lärare på skolan, informerade om Learning study som praktikutvecklande ansats och frågade om intresse fanns för att medverka i en studie under hösten. Därefter kontaktade jag skolledningen och informerade om studien och dess syfte. Antalet lärare som vara villiga att medverka minskade dock från fem vid vårterminens möte till två när studien skulle sätta igång i början av höstterminen. De motiv lärarna angav var antingen tidsbrist rent allmänt eller att de behövde tid för medverkan i en av skolan initierad läsecirkel i matematik som samtidigt startade för skolans lärare. Trots att antalet lärare reducerades, bedömde jag det ändå som möjligt att genomföra studien.

Learning study två genomfördes under höstterminen 2012 (september-december) på Granbacksskolan (pseudonym), en förortsskola med cirka 200 elever i årskurs F-5. I studien medverkade två lärare, vilka både hade 6-7 års erfarenhet av läraryrket. En av lärarna var utbildad i teknikdidaktik omfattande ett års heltidsstudier och hade även erfarenhet av undervisning i teknikämnet. Studien genomfördes i de två klasser som de normalt undervisade i som klasslärare, vilka bestod av en förskoleklass (25 elever) och en klass i åk 1 (24 elever). Min ursprungliga ambition var att genomföra studierna i klasser på lågstadiet. Eftersom en av de medverkande lärarna undervisade i förskoleklass och vi bedömde att det av praktiska skäl var enklast att genomföra studien i lärarnas ”egna” klasser, bestämdes att förskoleklassen skulle ingå i studien.

Studiernas genomförande

I de två Learning study som genomförts inom ramen för avhandlingen planerades, utvärderades och reviderades lektioner iterativt tillsammans i lärarforskarlaget. I de båda studierna har jag själv deltagit som medforskare. Det iterativa, cykliska förloppet i en Learning study visas i Figur 1.



Figur 1. Översikt av de olika stegen i Learning study.

Learning study tar sin utgångspunkt i ett lärandeobjekt som betecknar vad det är eleverna skall lära under en eller några få lektioner (Marton & Pang 2006). Lärandeobjektet betecknar ett kunnande i relation till ett specifikt innehåll och kan till exempel vara att addera och subtrahera negativa tal (Kullberg 2010), skriva en berättelse (Runesson & Gustavsson 2012), utföra ett specifikt danssteg (Nyberg & Carlgren 2014), vara sceniskt närvarande (Ahlstrand 2014) eller gestalta ett uttryck i ett slöjdföremål (Broman, Frohagen & Wemmenhag 2013). De lärandeobjekt som fokuserades i respektive Learning study var *Att värdera tekniska lösningars ändamålsenlighet* (Learning study ett) och *Att konstruera en länkmekanism för överföring och omvandling av rörelse* (Learning study två).

Lärandeobjekten bestämdes och formulerades gemensamt av lärarforskargruppen (Marton & Pang 2006). Valet av lärandeobjekt i Learning study ett baserades på en av de medverkande lärarnas erfarenhet av elevers svårigheter med att värdera tekniska lösningars ändamålsenlighet. Lärandeobjektet avgränsades till tekniska lösningar med funktionen öppning och stängning.

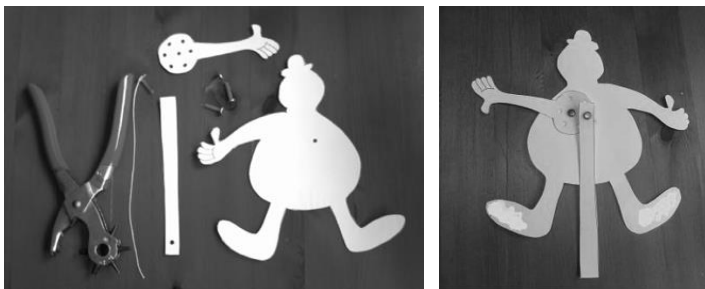
I Learning study två valdes däremot lärandeobjektet mot bakgrund av det innehåll som läraren undervisade i under mitt tidigare besök på skolan. Eleverna fick då i uppgift att konstruera länkmekanismer och efter lektionen konstaterade vi att uppgiften innebar stora svårigheter för många elever. Dessutom var min ambition att undersöka ett lärandeobjekt av praktisk karaktär som därtill motsvarar ett vanligt förekommande innehåll i de tidiga skolårens teknikundervisning. Ytterligare motiv för valen av de båda läran-

deobjekten var relevansen i relation till teknikämnets aktuella kursplan (Lgr 11).

Med utgångspunkt i lärar-forskargruppens tidigare erfarenheter av undervisning, analyserades därefter hur lärandeobjektet kunde förstås i termer av det eftersträvade kunnandets innebörd. Denna analys syftade till att försöka svara på frågan om vad eleverna kan när de erövrat det eftersträvade kunnandet. Med utgångspunkt i analysen, lärarnas erfarenheter av vad som kunde utgöra svårigheter för eleverna samt deras bedömning av den aktuella elevgruppen, konstruerades sedan ett förtest. Förtestet har två syften; det ska dels ge information om elevernas befintliga förståelse av lärandeobjektet och dels vilka elevernas svårigheter är (Runesson 2008).

Förtestet i Learning study ett utgjordes av videoinspelade samtal/intervjuer med elever i par där några öppnings- och stängningsanordningar i exempelvis flaskor, burkar, fönster och kläder undersöktes och diskuterades. Samtalet fokuserade elevernas värderande av de tekniska lösningarnas ändamålsenlighet i relation till funktionen öppning/stängning och hur de argumenterade kring detta. Att som utomstående vuxen intervju/samtala med barn i en skolmiljö kan innebära särskilda problem, i termer av att eleverna vill svara upp mot de implicita förväntningar som en skolmiljö kan innebära. För att skapa en samtalsmiljö där eleverna kunde känna sig mer bekväma och våga tala mer än i bara fåordig form, genomfördes samtalen med elever i par. Jag fick intrycket att de flesta elever uppskattade att få resonera om hur de förstod och värderade de tekniska lösningarna (Kvale 1997, s. 120). Förtestet filmades med hjälp av en stationär videokamera och ljudinspelades med separat ljudinspelare.

I Learning study två bestod förtestet av en konstruktionsuppgift, där eleverna parvis skulle sätta samman färdiga pappdelar till en fungerande länkmekanism för överföring och omvandling av rörelse i form av en gubbe (Figur 2). Förtestet genomfördes i halvklasser om 12-13 elever under ledning av klassläraren. Förtestet videofilmades av mig med en handhållen kamera. Även elevernas modeller samlades in.



Figur 2. Materialet i för- och eftertest samt exempel på färdig modell.

Analysen av förtestet resulterade i ett antal kritiska aspekter, vilka utgjordes av aspekter som just dessa specifika elevgrupper måste urskilja för att kunna tillägna sig lärandeobjektet, men som elevgruppen ännu inte urskiljde. Baserat på de identifierade kritiska aspekterna planerades därefter lektionen utifrån variationsteoretiska designprinciper (se nedan) på ett sätt så att eleverna gavs möjlighet att urskilja dessa aspekter. I de båda studierna upprepades cykeln fyra gånger. I varje cykel genomfördes lektionen med en av de medverkande lärarna i en elevgrupp. Två lärare undervisade två lektioner var i sina egna klasser, där eleverna var uppdelade i halvklasser, motsvarande 12-13 elever åt gången. Lektionerna i Learning study ett dokumenterades med hjälp av dels en handhållen videokamera och dels en stationär videokamera som placerades längst ner i klassrummet. Dessutom utrustades den undervisande läraren med separat ljudinspelare. I Learning study två dokumenterades lektionerna enbart med hjälp av en handhållen videokamera. Filmen analyserades därefter med fokus på aspekter av lärandeobjektet i relation till elevernas uttryckta kunnande. Ytterligare kritiska aspekter identifierades under processen, vilket bidrog till att fördjupa innebörden av lärandeobjektet. Det efterföljande eftertestet, som var identiskt med förtestet, analyseras i relation till hur väl eleverna utvecklat det önskvärda kunnandet. Med utgångspunkt i resultaten från analys av lektionen och eftertest reviderades därefter lektionen.

Att utforska innebörder av lärandeobjekt

Lärandeobjektet existerar inte i egentlig mening innan det iscensätts i undervisningen, även om man kan tala om ett avsett, intentionellt lärandeobjekt som lärare planerar sin undervisning utifrån. Beskrivningen av lärandeobjektet i termer av det intentionella, det iscensatta och det levda lärandeobjektet kan emellertid bidra till att tydliggöra skillnaden mellan lärarens intentioner, vad eleverna ges möjlighet att lära och vad de faktiskt lär sig (Wernberg 2009). På så sätt bryter man ned och problematiserar förgivettagandet av att det innehåll som läraren undervisar kring är detsamma som det eleverna lär (Marton & Lo 2007).

Den iterativa processen i Learning study är central för att generera data som gör det möjligt att utforska lärandeobjektets innebörd. Lärandeobjektet iscensätts i undervisningen utifrån lärar-forskarlagets inledande förståelse av lärandeobjektets innebörd. Genom att denna förståelse av lärandeobjektet prövas under lektionen i relation till elevernas uttryckta kunnande i förhållande till det specifika lärandeobjektet, framträder ytterligare aspekter av lärandeobjektet för lärarlaget. På så sätt utvecklas succesivt mer nyanserad och specificerad kunskap om lärandeobjektets innebörd.

Variationsteoretiska designprinciper

Variationsteori är en teori om lärande som har sitt ursprung i fenomenografin (Marton 1981) och är som tidigare nämnts det teoretiska redskap som jag

använt i avhandlingens Learning study för utformning och analys av lektioner (Lo 2012; Marton 2014; Runesson 2005). Enligt variationsteorin ses lärande som en process där nya aspekter av lärandeobjektet urskiljs på nya sätt. Mer kraftfulla sätt av erfara/kunnande kännetecknas av att man samtidigt urskiljer fler aspekter av ett fenomen (Lo 2012). För att en elev/elevgrupp skall erfara något på ett nytt sätt är det nödvändigt att de urskiljer de aspekter av lärandeobjektet som är kritiska för den specifika eleven/elevgruppen, det vill säga sådana aspekter som de ännu inte har utskilt. Enligt variationsteorin är det nödvändigt att erfara variation för att kunna urskilja något (Marton, Runesson & Tsui 2004). Det innebär att man, för att kunna urskilja en aspekt, måste erfara värden som varierar i förhållande till denna aspekt. För att exempelvis kunna urskilja aspekten ”färg” behöver eleverna erfara minst två olika värden av denna aspekt, dvs. två olika färger (Marton 2014, s. 47). När några särskilda aspekter av ett fenomen varierar medan andra förblir konstanta, urskiljs de aspekter som varierar (Lo, Chik & Pang 2006). För att eleverna skall kunna urskilja en aspekt av ett fenomen, måste de erfara variation av en dimension som är kopplad till aspekten.

Variationen iscensätts i undervisningen genom olika variationsmönster, vilka ger förutsättningar för urskiljandet (Marton 2005). Om ett sådant mönster finns i klassrummet är det förstås ingen garanti att eleverna erfara det, däremot att det är möjligt att erfara det. Men om ett variationsmönster saknas kan däremot ingen erfara det. Eleverna kan dock erfara mönstret på grund av tidigare erfarenheter eller genom en kombination av tidigare erfarenheter och vad de erfara under lektionerna (ibid.). Det variationsmönster som ryms i en viss situation, det s.k. lärandeområdet (”the space of learning”), utgör således begränsningen för vad som är möjligt att lära i en viss situation (Marton *et al.* 2004).

Variationsmönstret *kontrast* innebär att det som skall urskiljas jämförs med något som står i kontrast till detta. Under lektionen i Learning study ett blev det möjligt att urskilja gångjärnet genom att burklock försedda med gångjärn kontrasterades mot andra typer av öppnings- och stängningsanordningar på burkar som exempelvis skruvlock, korkar och förslutande plastlock. I lektionen användes *generalisering* för att belysa gångjärnets varierade utseenden och användningsområden i skåpdörrar, schampoflaskor etc. Här fokuseras på det som är konstant, nämligen gångjärnet och tanken är att särskilja det som ett kritiskt drag från det som är irrelevant. *Separation* kan betraktas som ett, till generalisering, motsatt variationsmönster. Här varieras det som skall urskiljas och bakgrunden är invariant, precis som vid kontrastering. Separation innebär fokus på en viss variationsdimension, till skillnad från kontrast där ett visst värde av dimensionen fokuseras. I lektionen kontrasterades gångjärnet mot andra typer av öppnings- och stängningsanordningar. Separeringen innebär att gångjärnet urskiljdes som en typ av teknisk lösning för öppning och stängning. Variationsmönstret *fusion* innebär att alla kritiska aspekter fokuseras samtidigt, där både det som skall urskiljas och

bakgrund varierar. Under lektionen blev det möjligt att urskilja olika typer av tekniska lösningar med funktionen öppning/stängning och deras inbördes olikheter i olika slags artefakter (Marton *et al.* 2004; Lo 2012).

Läraren kan därmed utforma undervisning på ett sätt som ger eleverna möjlighet att urskilja de aspekter som är kritiska för elevgruppen (Pang & Marton 2003, 2005). Men även eleverna kan i klassrumsinteraktionen bidra till att kritiska aspekter blir möjliga att urskilja (Kullberg 2012), vilket också förekom i de båda studierna. I följande exempel hämtat från lektionen i Learning study två är det emellertid läraren som visar på kontrasten mellan en och två fasta ledpunkter i förhållande till att möjliggöra rörelse i konstruktionen (Figur 3).

Läraren: *Om ni tittar här nu, så kan jag röra den här, ser ni det? (Vrider länken som är fästad i en punkt i plattan.)*

/.../

Läraren: Nu testar jag och gör någonting. Kolla här nu, jag sätter fast den *här* med en *till* (sätter fast ytterligare en påsnit på annat ställe på länken igenom plattan). */.../* Felix, vad tänker du? Vad kommer att hända nu när jag provar att dra i den här?

Felix: Den där kommer röra sig (ohörbart).

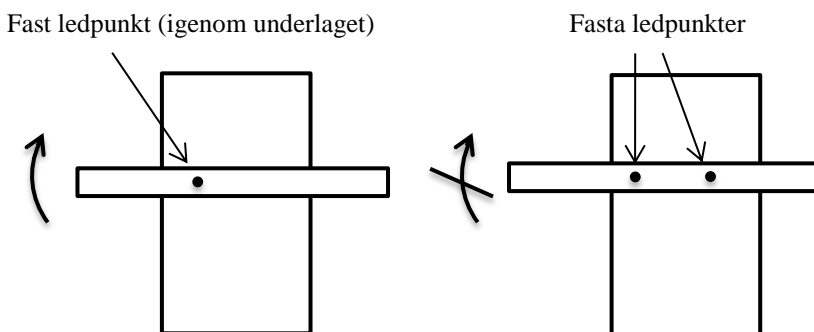
Läraren: Tror du att den kommer röra sig nu när det sitter två? Vi ska testa. Oskar?

Oskar: Att den *inte* kommer röra sig.

Läraren: Du tror inte den kommer röra sig. Vi ska se. */.../* (Läraren testar att röra länken) Iiey! Hör ni, den var väldans envis! Nej, det funkar inte. Vad är det som gör att det inte funkar? Leo?

Leo: Du har satt en *till*, då kan det inte röra sig.

Läraren: Jag har satt en *till* rakt igenom här. (Lektion, åk 1)



Figur 3. Kontrasten mellan en och två fasta ledpunkter i förhållande till möjligheten att skapa rörelse.

Variationsteorin har visat sig vara ett kraftfullt redskap för lärare vid analys av lärandeobjekt och planering av lektioner (Pang & Lo 2012). Hanterandet av innehållet är dock inte den enda faktor som är betydelsefull för lärandet.

Inte heller finns det något självklart samband mellan undervisning och lärande i termer av att det som är möjligt att lära är det som lärs.

Analysmetod

I detta avsnitt ges först en teoretisk bakgrund till den fenomenografiska analysen. Därefter beskriver jag hur analyserna är genomförda.

Fenomenografi

Fenomenografi är en kvalitativ forskningsansats som syftar till att beskriva, analysera och förstå de sätt som människor erfar världen (Marton 1981, 1994). I avhandlingen använder jag begreppen uppfatta, förstå och erfara som synonymer, eftersom de alla refererar till fenomenografins grundläggande beskrivningsenhet, nämligen ett erfaret fenomen (Marton & Pong 2005). Fenomenografins grundläggande idé är att människor erfar fenomen i omvärlden på ett begränsat antal kvalitativt skilda sätt (Marton 1981, 1994; Marton & Booth 1997). En individs sätt att erfara ett fenomen kan skilja sig från andras sätt att erfara samma sak, men en och samma individ kan även erfara fenomenet på flera olika sätt.

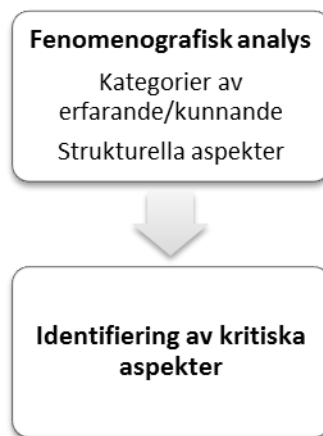
I fenomenografien tas ett så kallat *andra ordningens perspektiv*, vilket innebär att det är människors erfara av världen som studeras, till skillnad från första ordningens perspektiv där världen och olika fenomen i sig utgör forskningsobjektet (Marton 1981, 2014). Beskrivningar utifrån andra ordningens perspektiv kan ses som pedagogiskt värdefulla, eftersom de beskriver de lärandes sätt att förstå ett fenomen. Ett exempel på påstående utifrån ett första ordningens perspektiv kan vara att ”jorden kretsar runt solen”. Det är ett påstående om hur något är, i detta fall baserat på astronomisk information. Ett påstående som görs utifrån andra ordningens perspektiv är i stället ett påstående om hur saker verkar vara för någon, som till exempel ”Elma ser solen kretsa runt jorden” (Marton 2014, s. 106). Forskningsobjektet i fenomenografiska studier är således människors sätt att erfara världen. Ett erfaret fenomen beskrivs på följande vis:

[T]he basic unit of phenomenography is experiential, non-dualistic, an internal person-world relationship, a stripped depiction of capability and constraint, non-psychological, collective but individually and culturally distributed, a reflection of the collective anatomy of awareness, inherent in a particular perspective. (Marton 1995, s. 171)

Erfarandet är således en intern relation mellan människan och världen och är till sitt väsen icke-dualistiskt (Marton & Booth 1997, s. 122). Förmågan att samtidigt kunna urskilja vissa aspekter av ett fenomen avgör hur fenomenet erfars.

Erfarandet innehåller dels en referentiell aspekt som är meningsbärande och betecknar fenomenets övergripande innebörd och dels en strukturell aspekt som relaterar till erfarendets interna struktur (Marton & Booth 1997; Marton & Pong 2005). Kvalitativt olika sätt att erfara något kan förstås i termer av skillnader i strukturen eller organisationen av medvetandet vid en viss tidpunkt. Strukturen refererar dels till det sätt på vilket helheten urskiljs från dess kontext, som då vi upptäcker ett rådjur i skogsbrynet, och dels refererar den till hur dess delar urskiljs och relaterar till varandra och till helheten. När vi ser rådjurets konturer ser vi även delar av dess kropp, dess huvud, dess horn, dess framdel och så vidare, och hur dessa förhåller sig till varandra och till hela djuret (Marton & Booth 1997, s. 87). Den strukturella aspekten av ett särskilt sätt att erfara något är således tvåfaldig. Strukturen refererar så att säga till det perspektiv som något ses ifrån i termer av vad som fokuseras och vad som inte fokuseras (Marton & Booth 1997, s. 100). För att kunna urskilja något från dess kontext måste man emellertid redan ha identifierat det som urskiljs och gett det en mening. På så sätt är den strukturella och referentiella aspekten sammanflätade med varandra och bidrar ömsesidigt till erfandet.

I följande avsnitt redogör jag för hur analysen av det empiriska materialet har genomförts. Analysprocessen består av fenomenografisk analys som jag tagit utgångspunkt i för att identifiera kritiska aspekter (jfr Ahlstrand 2014; Nyberg & Carlgren 2014). Därmed skiljer sig analysförfarandet från det som är vanligt i Learning study, där de kritiska aspekterna oftast identifieras direkt (jfr Lo *et al.* 2006; Marton & Lo 2007; Runesson 2008). I Figur 4 illustreras analysprocessen som beskrivs i detalj i följande avsnitt.



Figur 4. Översikt av analysprocessens steg.

Steg 1: Fenomenografisk analys

Analysförfarandet inleddes med fenomenografisk analys. De empiriska material som analyserats fenomenografiskt utgörs av transkriberade videoinspelningar av dels intervjuer/samtal (förtest i Learning study ett) och dels elevers praktiska hanterande med material i en problemlösningssituation (förtest och eftertest i Learning study två). Till skillnad från datamaterial i form av intervjuer som oftast används i fenomenografiska studier (Marton 1995), analyseras således även handlingar vilket har uppmärksammats som ett gångbart alternativ (Carlgren *et al.* 2015; Marton 1994). Det videoinspelade materialet har först transkriberats i sin helhet. Alla transkriberingar har gjorts av mig. En utgångspunkt vid transkriberingen har varit att teknikkunnande tar sig uttryck i handlingar, betraktade som en helhet utan någon uppdelning mellan mentala och fysiska handlingar (Janik 1996; Marton & Booth 1997; Ryle 1949; Schön 1983). Det har därför varit viktigt att i transkripten ange både den verbala kommunikationen och olika kroppsliga uttryck som gester eller fysisk hanterande av olika artefakter. De verbala utsagorna har transkriberats ordagrant inklusive tvekan och andra uttryck (hm, mm, äh och så vidare). Ofullständiga ord har skrivits ut i transkripten, till exempel har "ha" skrivits som "jaha" och "nån" som "någon". Pauser har inte angetts. Vid transkriberingarna har jag använt mig av följande notationer:

.	avslutningsintonation
,	fortsättningsintonation
?	frågeintonation
!	utropsintonation
(visar)	icke-verbala uttryck
<i>kursiv</i>	betoningar
(ohörbart)	ohörbart ord eller ordföljd

Utdrag från förtest, eftertest och lektioner noteras tillsammans med klass, som exempelvis "Förtest, åk 1" i slutet av varje transkript. Exempel på transkribering av icke-verbala uttryck är följande utdrag från förtestet i Learning study två. Två elever i årkurs 1 försöker lösa uppgiften att sätta samman och fästa urklippta delar av papp ("remsa", "arm") och/eller snöre på en urklippt pappgubbe med hjälp av påsnitar för att konstruera en fungerande länkmekanism:

Lina: (Sätter fast armen med påsniten som har ett snöre och sätter fast remsan i samma hål) Vi testar det här.

(Viktor vrider på remsan)

Lina: Och, så kan man dra i den *här*. (Tar tag i remsan, lyfter upp gubben och vickar på remsan) Det går inte (ohörbart).

(Viktor tar gubben)

Lina: Testa och dra i snöret.

(Viktor tar tag i snöret som trasslar in sig i gubbens ben. Lina försöker lossa snöret)

Viktor: Jag klarar det. (Lossar snöret och vrider runt)

Lina: Jag har ingen aning om hur man ska göra.

(Viktor vrider runt snöret, både remsan och armen följer med.)

Lina: Jaa! (Förtest, åk 1)

Den fenomenografiska analysen inleddes med genomläsning av hela textmaterialet flera gånger i syfte att skapa en överblick över materialet. Avsnitt som inte var relevanta i relation till det fenomen som fokuserades togs bort från textmaterialet (Marton 1994, s. 4428). Därefter lästes texten med fokus på att identifiera kvalitativt olika sätt att erfara det undersökta fenomenet. De delar i texten där någon slags uppfattning av fenomenet uttrycktes markerades. Det innebar även att en elev kunde uttrycka flera olika slags erfarenheter av för ett och samma fenomen. Därefter inleddes försök att kategorisera de olika sätten att erfara fenomenet i fråga genom att fokusera på kvalitativa skillnader mellan olika sätt att tala eller agera i relation till fenomenet ifråga. Excerpt från textmaterialet grupperades utifrån de olika sätt att erfara fenomenet som identifierades (ibid.). Ett antal preliminära kategorier identifierades och relaterades till varandra vilket sedan jämfördes med det transkriberade materialet. Kategorierna relaterades logiskt till varandra på så sätt att de representerade ett mer eller mindre komplext erfalande i relation till en och samma helhet (Marton & Booth 1997, s. 32). Preliminära kategorier och relationen mellan dessa har kontinuerligt diskuterats under ett antal seminarier med handledare och doktorandkollegor. Utfallsrummet och dess logiska ordning mellan beskrivningskategorierna omarbetades och processen upprepades ett antal gånger tills det betraktades avspegla hela textmaterialet. Även namnen på kategorierna som uttrycks i mer eller mindre metaforisk form har ändrats flera gånger tills jag funnit benämningar som överensstämde med beskrivningarna av kategorierna och relationen dem emellan.

Till skillnad från Learning study ett där endast materialet från förtestet analyserades, genomfördes analyser i Learning study två av både för- och eftertest. I denna studie kompletterades undersökningsmaterialet, efter en första grundlig analys av förtestet, med material från eftertestet, vilket prövades mot de kategorier som identifierats i förtestet. Utfallsrummet bestod av fyra beskrivningskategorier i respektive Learning study, vilka beskriver kvalitativt olika sätt att erfara fenomenen ”tekniska lösningars ändamålsenlighet” respektive ”konstruerande av en specifik länkmekanism”. Kategorierna relaterades till varandra som en hierarkisk struktur med stigande komplexitet (Marton 1995), där de mer komplexa sätten att erfara innehåller fler samtidigt urskiljda aspekter.

I den fenomenografiska analysen identifierades även uppfattningarnas strukturella aspekter (Pang 2003). Analysen inriktades mot vilka delar av fenomenet som fokuserades (förgrund) i sättet att erfara i relation till de delar som inte fokuserades (bakgrund) (Marton & Pong 2005). Det som foku-

serades och därmed urskiljdes förstods som erfaranets strukturella aspekter. I ett särskilt sätt att erfara något är dessa aspekter dialektiskt sammanflätade med de meningsbärande, referentiella aspekterna. De strukturella aspekterna hör till uppfattningarnas inre struktur och beskriver således vilka aspekter av ett fenomen som urskiljs i erfaranet av fenomenet i fråga.

Steg 2: Identifiering av kritiska aspekter

De strukturella (och referentiella) aspekterna karakteriserar ett sätt att erfara något och de definierar även en nivå av kunnande (Marton 1995). De strukturella aspekterna beskriver vad eleverna måste urskilja för att erfara fenomenet på ett särskilt sätt (Carlgen *et al.* 2015). I det genererade utfallsrummet framträdde de kritiska aspekterna som skillnaderna mellan de olika uppfattningarnas strukturella aspekter. Dessa aspekter är nödvändiga att urskilja för att utveckla ett mer komplext kunnande. Aspekterna är kritiska för den specifika elevgruppen så länge som de inte urskiljer dessa (Marton *et al.* 2004; Pang 2003; Pang & Lo 2012).

Fortsatt analys av lärandeobjektet

Lärandeobjektet i Learning study två analyserades ytterligare med utgångspunkt i två av de kritiska aspekter som identifierats i den fenomenografiska analysen. Anledningen till den fördjupade analysen av lärandeobjektets innebörd var att jag upplevde elevernas sätt att konstruera som motsägelsefullt. Trots att så gott som alla elever, utan svårighet, konstruerade en länkarm som roterade kring en fast ledpunkt, fortsatte de sitt konstruerande med att i ytterligare en fast ledpunkt fästa länkarmen som därmed låstes och blev orörlig. Det var svårt att förstå vad elevernas svårigheter utgjordes av och de tidigare identifierade kritiska aspekterna gav endast begränsad information kring detta. Det empiriska materialet som analyserades utvidgades till att, förutom för- och eftertest, även omfatta de videofilmade lektionerna. Under lektionerna, som varade i cirka 40 minuter, arbetade eleverna praktiskt med ett undervisningsmaterial av papp och påsnitar, där de gavs möjlighet att undersöka och konstruera den länkmekanism som fokuserades i studien. Lektionerna var utformade utifrån variationsteoretiska designprinciper. Till exempel kontrasterades, som jag tidigare beskrivit, en och två fasta ledpunkter för att visa på hur de påverkade rörligheten av länkarmen. Lektionsmaterialet skilde sig från det som användes i för- och eftertest genom att det var utformat så att de kritiska aspekterna var lättare att urskilja.

Analysen, som alltså tog utgångspunkt i tidigare identifierade kritiska aspekter, fokuserade elevernas olika sätt att försöka konstruera länkmekanismen under förtestet och lektionen samt lärarens interaktion med eleverna i undervisningen. Under lektionen manifesterades elevernas kunnande i ett nytt sammanhang och med ett annat undervisningsmaterial än i förtestet vilket medförde att de kritiska aspekterna kunde beskrivas mer detaljerat.

Även i den fortsatta analysen av lärandeobjektets hanterande under lektionerna i Learning study ett användes de tidigare identifierade aspekterna för att ytterligare specificera aspekter i relation till lärandeobjektet. Analysen av klassrumsinteraktionerna under lektionerna fokuserade på de svårigheter som eleverna uppvisade och hur de var kopplade till aspekter av lärandeobjektet. Dessa analyser utmynnade i två nya kritiska aspekter som dessa elever behövde urskilja för att kunna ta till sig det lärandeobjekt som fokuserades under lektionen. Dessa kritiska aspekter tolkades som specificeringar av en av de aspekter som tidigare identifierats genom den fenomenografiska analysen.

Videodokumenterade lektioner med fokus på teknikkunnande

Användbarheten av de kategorier och aspekter av teknikkunnande som tagits fram i specifika undervisningskontexter och i relation till de två tidigare lärandeobjekten undersöktes för att identifiera teknikkunnande och teknikinhåll i en annan undervisningspraktik.

Urval

Även i detta sammanhang utgjordes underlaget för urvalet av lärare av uppgifter om lärare och lärarstudenter som deltagit i tidigare teknikkurser. Jag kontaktade en lärare som jag visste hade ett starkt intresse för teknikundervisning med en förfrågan om möjligheten att få observera teknikundervisning i klassen. Det visade sig då att lärarlaget var i färd med att planera ett ämnesövergripande temaarbete, i vilket ett teknikmoment ingick. Jag besökte sedan läraren på skolan för att få ytterligare information om teknikmomentets uppläggning och innehåll och diskutera möjligheterna att dokumentera detta genom videofilmning. Därefter sökte jag upp skolledningen och informerade om min medverkan i form av observatör under tekniklektionerna.

Det empiriska materialet insamlades under höstterminen 2012 på Tallbacksskolan (pseudonym), en F-6 skola med ca 650 elever belägen i en närförort. Den undervisning och elevgrupp som jag nästan uteslutande observerade leddes av den lärare som jag kontaktat och som även var initiativtagare till teknikmomentet. Läraren som undervisat i teknik på lågstadiet under ca 15 år hade även genomgått relativt omfattande utbildning i teknikdidaktik (30 hp). En lärarstudent som genomgått en inriktning om 60 hp teknikdidaktik och som genomförde sin verksamhetsförlagda utbildning medverkade också i undervisningen. I teknikmomentet medverkade två klasser, varav en i åk 1 och en i åk 2 med totalt 53 elever.

Undervisningskontexten

De teknikrelaterade klassrumsaktiviteterna i åk 1 och 2 utgick ifrån en uppgift i vilken eleverna skulle konstruera en modell av en fiktiv stad. Teknikmomentet *Bygga Annorlunda land* ingick i ett flera veckor långt temaarbete som behandlade Lennart Hellsings författarskap. Det övergripande syftet med temaarbetet var enligt läraren att integrera ämnena teknik och svenska samt att utveckla samarbetet mellan arbetslagets klasser i åk F-2. Teknikmomentet syftade till att eleverna skulle ges möjlighet att utveckla kunnande i relation till ”konstruktion, verktyg och säkerhet” (muntlig kommunikation med läraren 25 oktober 2012). Några tydligt avgränsade lärandeobjekt i teknik förekom således inte i dessa aktiviteter, vilket kan ses som representativt för teknikundervisningen i de tidiga skolåren.

De båda klasserna delades in i åldersblandade grupper som placerades i olika rum tillsammans med en lärare. I tre av de fyra grupperna fick eleverna i uppgift att tillsammans konstruera en modell av en stad som finns beskriven i ord och bild i boken *Krakel Spektakel* (Helsing 2010). De tre grupperna blev tilldelade olika städer. Arbetet i varje grupp inleddes med en gemensam planering av staden under ledning av läraren, därefter delades eleverna in i 3 mindre grupper som fick i uppgift att arbeta med hus, farkoster respektive människor. Det byggmaterial som eleverna erbjöds var mestadels använda förpackningar av olika slag som eleverna tagit med hemifrån samt en del enklare material som är vanligt förekommande i skolan. Limpistol, sax, kniv och såg fanns också att tillgå i klassrummet. Elevernas arbete med teknikuppgiften pågick under två efter varandra följande hela skoldagar, med avbrott endast för rast och lunch. Under dessa dagar arbetade eleverna till stor del på egen hand inom grupperna utan lärarens medverkan. Läraren bistod främst med praktisk hjälp som exempelvis att använda kniven för att skära i kartong när eleverna bad om detta. I slutfasen av den första dagen föreslog läraren fler saker att bygga och den andra dagen inleddes med en diskussion om vad som behövde kompletteras för att slutföra modellen av staden och eleverna tilldelades fler saker att konstruera.

Datagenerering och analys

Under de två dagarna observerade jag de teknikaktiviteter som pågick i klassrummet och dokumenterade detta med hjälp av videofilm samt fältanteckningar. I filmandet, som gjordes med en handhållen videokamera, fokuserades elevernas konstruerande. De två filmade elevgrupperna arbetade med städerna *Ingalunda Sovstad* (16 elever) respektive *Sålunda Sjöstad* (15 elever). Vid filmandet, som huvudsakligen fokuserade på den senare gruppen, försökte jag fånga så mycket som möjligt av det som pågick i rummet i termer av teknikkunnande. Nedslag av varierande längd gjordes hos de flesta arbetsgrupper där vissa elever konstruerade enskilt under tystnad och andra

interagerade med varandra och till viss del med läraren. Det datamaterial som analyserats består av totalt ca 120 min film, fältanteckningar från de två dagarnas arbete samt foton av elevernas modeller.

Videomaterialet transkriberades i detalj på samma sätt som jag tidigare beskrivit, där både verbala och kroppsliga uttryck noterades. Analysen inleddes med att med utgångspunkt i teknikämnets kursplan i Lgr11 identifiera händelser i det empiriska materialet som behandlade ett teknikinnehåll. Med utgångspunkt i de tidigare kategorierna och aspekterna av teknikkunnande identifierades teknikkunnande i videomaterialet. Kategorier av teknikkunnande i relation till att värdera tekniska lösningar specificerades i relation till videomaterialet, medan nya kategorier av teknikkunnande identifierades i relation till att konstruera tekniska lösningar.

Forskningsetiska överväganden

I den här avhandlingen fokuseras på människors agerande och utsagor i en praktik, vilket har inneburit att speciella etiska överväganden behövt göras. Användning av video i datainsamlande syfte medför särskilda problem som att identifiering av enskilda individer är möjlig eftersom anonymisering inte görs så enkelt, och att innehållet dessutom kan upplevas som personligt utelämnande. Därför har jag noggrant övervägt om video verkligen har behövt användas (HSFR 1996). Med utgångspunkt i avhandlingens forskningsobjekt och teoretiska utgångspunkter har jag bedömt det som nödvändigt att använda videofilmning som metod för datainsamling. Elevernas teknikkunnande har tagit sig uttryck i kroppsliga handlingar i relation till artefakter och konstruerande. Ofta har även verbala uttryck ersatts eller förstärkts av kroppsliga handlingar av olika slag. Därför skulle inte data bestående av exempelvis ljudinspelat material eller fältanteckningar ge tillräcklig information. Videomaterialet har hanterats och förvarats med försiktighet (HSFR 1996; Vetenskapsrådet 2002).

I Learning study ett och två informerades lärarlagen om studiernas syfte och genomförande vid ett inledande möte terminen innan respektive studie var planerad att genomföras och lärarna samtyckte då till deltagande. Datainsamlingen avseende teknikmomentet inleddes med ett möte med den lärare som initierat detta och vi kom då överens om att jag skulle få möjlighet att dokumentera detta.

I Learning study ett och två informerades eleverna kort om studiens övergripande syfte och om videofilmningen vid ett besök i klassen, då även utrymme fanns för eleverna att ställa frågor. För båda Learning study och teknikmomentet gällde att ett brev till föräldrar/vårdnadshavare distribuades via lärarna där jag beskrev respektive studies syfte och informerade om metoden för datainsamlingen, videofilmning, och de etiska riktlinjer som finns för detta. Tillsammans med brevet fanns en blankett som var utformad

så att föräldrarna genom ett aktivt ställningstagande beslutade om deras barn skall medverka eller inte (se Bilaga).

Vid tidpunkten för förtestet i Learning study ett hade svar från alla elevers föräldrar förutom fem inhämtats, samtliga med beslut om samtycke. De fem elever som inte lämnat in svar deltog i förtestet bestående av intervju/samtal som jag dokumenterade med hjälp av stödanteckningar. När lektionerna genomfördes hade alla elever lämnat in svar från föräldrar vilka, samtliga samtyckte till medverkan. Dock motsatte sig en elev att bli filmad. Detta löstes genom att placera eleven utanför den stationära videokamerans fokus, samt genom att aktivt undvika att filma eleven ifråga med den rörliga kameran. I Learning study två fanns två elever som inte tilläts bli filmade. Dessa elever medverkade i alla aktiviteter men placerades på ett sätt i klassrummet som medförde att det var enkelt att undvika att filma dem. När det gäller teknikmomentet placerades de elever som inte tilläts bli filmade i en grupp som arbetade i ett klassrum som jag besökte, men inte filmade i. För att se till att anonymitetskravet (Vetenskapsrådet 2002) följs i största möjliga utsträckning är namnen på lärare, elever och skolor fingerade så att enskilda personer inte enkelt kan identifieras.

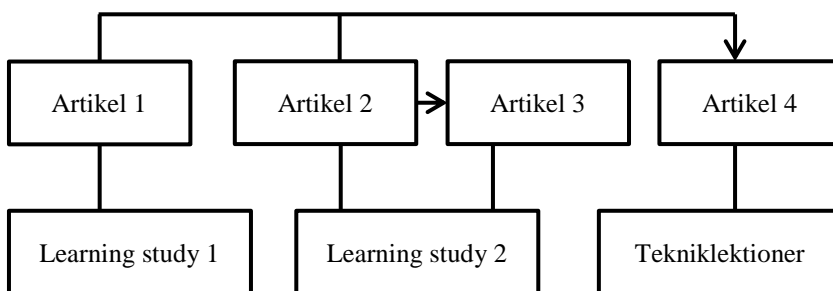
Att bli videofilmad under aktiviteter i klassrummet kan även upplevas som besvärande vilket i sin tur kan förändra det som man avser att studera i klassrummet (Bogdan & Biklen 2006, s. 113). Elevernas reaktioner på att bli filmade har varit övervägande nyfiket positiva och efter ens stunds filmande i klassrummet verkar de flesta inte ha noterat detta längre (Heath *et al.* 2010). Undantaget har varit när jag närmat mig särskilda elever för att filma deras konstruerande på nära håll (jfr Nielsen 2003, s. 189). I dessa fall har jag uppmärksammats med uttryck som ”nu kommer hon” eller ”nu filmar hon”. Eleverna har även kallat på min uppmärksamhet för att visa upp någon konstruktion som de tycker sig ha lyckats med, med uppmaningen ”filma nu!”. Under filmandet i klassrummet har jag haft som ambition att med kameran fånga så mycket av det som pågår i termer av elevernas olika sätt att konstruera. Detta har inneburit att jag rört mig mellan elevgrupper i klassrummet och filmat deras arbetsprocesser under längre eller kortare episoder.

De roller som jag har haft i Learning study respektive teknikmomentet har sett olika ut. I båda Learning study har jag deltagit aktivt i alla steg, från valet och formuleringen av lärandeobjektet till design av undervisning och analys av resultat. Ett problem kan dock vara att lärarna underkastar sig forskarens tolkningar på grund av upplevelser av skillnader i auktoritet och ställning (Adamson & Walker 2011). I dokumentationen av teknikmomentet har jag däremot haft rollen som observatör av det som pågår i klassrummet. Gemensamt är dock att en medverkan i en klassrumsstudie kan uppfattas som hotfull av lärare genom att deras existerande praktik med allt som därtas för givet skulle kunna ifrågasättas. Därför har jag strävat efter att inte värdera enskilda personers utsagor eller handlingar i klassrummet, utan istället försökt behandla alla medverkande på ett sakligt, respektfullt och icke

missvisande sätt. Den möjlighet som det innebär att få vara med i lärares många gånger pressade och vardagliga undervisningspraktik, kräver en relation präglad av förtroende och respekt mellan lärare och forskare.

Presentation av avhandlingens artiklar

I avhandlingen ingår fyra artiklar som förhåller sig till varandra på olika sätt. Dels relaterar artiklarna till de tre olika sammanhang i vilka data genererats, dels används resultaten från tidigare artiklar i de nya artiklarna. I Figur 5 illustreras dessa relationer.



Figur 5. Det fyra artiklarna i relation till det empiriska materialet, samt artiklarnas inbördes förhållande.

Artikel ett baseras på data som insamlats i Learning study ett. Artikel två baseras på empiriskt material från Learning study två. Artikel tre bygger på resultaten i artikel två samt ytterligare empiri från Learning study två. Artikel fyra använder resultaten från artikel ett och två på ett nytt empiriskt material som utgörs av några videoinspelade tekniklektioner.

Artikel 1: Innebörder av att kunna värdera tekniska lösningars ändamålsenlighet

Artikel 1 *Exploring the capability of evaluating technical solutions: a collaborative study into the primary technology classroom* syftar till att utveckla och beskriva innebörder av att kunna värdera ändamålsenligheten hos tekniska lösningar med funktionen öppning/stängning. Artikeln tar avstamp i forskning som argumenterar för värderandet av tekniska lösningar som ett centralt innehåll i teknikämnet (Barlex 2011; Coles & Norman 2005) och som visar att elever har vissa svårigheter med att värdera tekniska lösningars ändamålsenlighet (Oboho & Bolton 1991; Compton & Compton 2013a).

Elevers kunskande med utgångspunkt i vanliga och vardagsnära tekniska lösningar fokuseras i artikeln. Det empiriska materialet bestod dels av 25 videofilmade förtestintervjuer/samtal med totalt 49 elever i årskurs ett och två, och dels av klassrumssamtal under fyra filmade forskningslektioner. Den fenomenografiska analysen av det transkriberade materialet från förtestet genererade ett utfallsrum bestående av fyra kategorier som beskriver kvalitativt olika kunskanden (erfarenanden). Kategorierna är ordnade hierarkiskt, där det mindre komplexa kunskandet ingår som en del av det mer komplexa. De olika kategorierna har sedan analyserats i termer av strukturella och kritiska aspekter (Tabell 3).

Tabell 3. Sammanfattning av beskrivningskategorier, strukturella och kritiska aspekter

Kategori	Strukturella aspekter	Kritiska aspekter
Tekniska lösningars ändamåls- enlighet som:		
(A1) <i>effektivitet för mig</i> Ändamålsenlighet handlar om hur väl funktioner realiseras som baseras på egna behov och den egna situationen	Egna behov och rela- terade funktioner	
		Andra användare än jag själv och relate- rade funktioner
(B1) <i>effektivitet för andra</i> Ändamålsenlighet handlar om hur väl funktioner realiseras som baseras på andras behov och situation	Andras specifika behov eller situation- er och relaterade funktioner	
		Aspekter av kon- struktionen relaterat till funktionskrav
(C1) <i>konstruktionsberoende</i> Ändamålsenlighet baseras på hur effektivt aspekter av kon- struktionen bidrar till att reali- sera funktionen	Material, form eller komponenter kopp- lade till funktionskrav	
		Komponenters sam- verkan i vanliga tek- niska lösningar i relation till funkt- ionskrav
(D1) <i>teknisk effektivitet</i> Ändamålsenlighet baseras på hur effektivt vanliga tekniska lösningar realiserar funktionen	Vanliga tekniska lösningar och hur komponenter i dessa samverkar i relation till funktionskrav	

Det som i analysen identifierades som det minst komplexa kunnandet beskrivs i kategori A1 som *effektivitet för mig*. Här fokuseras på hur väl de tekniska lösningarna realiserar funktioner som baseras på elevernas egna närliggande behov. I förhållande till kläders olika öppnings- och stängningsanordningar kan effektivitet exempelvis ta sig uttryck så här:

Tora: På ganska många jackor finns det både dragkedja och knappar.

Tilda: Eller så'nt där kardborrband.

Tora: För det går nog snabbare att bara dra upp bara liksom en dragkedja istället för att sitta och knäppa, ja. (Gör rörelse som visar uppdragande av dragkedja som på jacka) (Förtest, åk 2)

När Tora och Tilda jämför knappar och dragkedjor lyfter de fram behovet av enkel och snabb hantering. Oftast är det funktioner av detta slag, vilka är kopplade till elevernas eget hanterande, som fokuseras i elevgruppen. En trög och svårhanterlig öppnings- och stängningsanordning, som exempelvis korken på ett Treo-rör, betraktas inte som ändamålsenlig:

Intervjuaren: Vad tycker ni om att öppna och stänga den där burken?

Kalle: Äähu! (Försöker dra av korken) Den är väldigt hård.

Intervjuaren: Ja, är det något som är bra med att öppna och stänga på det där sättet?

Kalle: Det är dåligt, det är bara dåligt.

Intervjuaren: Varför det?

Kalle: För att, (Tar röret från Elin) man får använda tänderna på den här.

Ähm, ähm! (Greppar korken med händerna och tar sedan tag med hjälp av tänderna) (Förtest, åk 1)

Kalle utgår från sig själv som användare av den tekniska lösningen och värderar den utifrån detta perspektiv. I nästa kategori *effektivitet för andra* (B1) förstås tekniska lösningars ändamålsenlighet som uppfyllande av funktioner vilka även baseras på andra personers behov, vilket tolkades som ett mer komplext kunnande. I relation till öppning och stängning av Treo-röret blir Stinas fokus på andra användare tydligt:

Intervjuaren: Är det ett bra eller dåligt sätt att öppna och stänga den så där?

Stina: Det är faktiskt ganska dåligt för en del. En del kanske inte är så starka, så de inte kan dra av dem. /.../ Och det blir ganska jobbigt för dem. /.../

Intervjuaren: Kan det vara bra på något sätt att den är lite trög att öppna då?

Stina: Hm jaa, fast ändå nej. Ja, för att då kanske, då kan ingen liksom sno liksom eller något, om man har barn. De är liksom barnsäkra kan man säga.

Och det är nej bara för att en del kanske inte kan, ja öppna dem. (Förtest åk 1)

Här lyfts funktioner som barnsäkerhet i förhållande till småbarns användande fram och enkel hantering relaterat till muskelsvaga användare. Kunnandet innebär således att funktioner urskiljs som relateras till andra användare än eleven själv. De båda kunnanden som tolkades som de minst kom-

plexa (A1 och B1) fokuserar på hur effektivt funktionen uppfylls utifrån ett användarperspektiv. Kopplingar till några aspekter av konstruktionen och hur dessa kan bidra till att realisera funktioner fokuseras alltså inte här, utan tas för givet.

Som mer komplext tolkades det kunnande som beskrivs i kategori C1, nämligen att förstå tekniska lösningars ändamålsenlighet som *konstruktionsberoende*. Här urskiljs olika aspekter av konstruktionen och hur de bidrar till att realisera den önskvärda funktionen. I följande exempel diskuterar Olle och Ivar öppningen och stängningen av en flaska med skruvkork och en tändsticksask.

Olle: Den öppnar man så där. (Pekar på flaskan) För det blir väldigt tätt så. /.../ Här uppe blir det tätt, för om den välter ska det inte rinna ut vätska.

Ivar: Det gör det om man håller vatten i den här. (Håller i tändsticksasken) Då skulle det här bli blött. Tog man så'n plast, fast en låda. Fast det skulle ändå rinna ut i pyttepyttesmå mängder.

Olle: Det skulle till och med rinna ut här. (Visar på glipan mellan lådan och höljet)

Intervjuaren: Varför skulle det rinna ut ur den där [asken]?

Olle: Materialet.

Ivar: Den är så lätt att trycka ut. (Skjuter ut lådan ur asken)

Olle: Den är inte tät, den är gjord av ett material som inte är vattentätt.

Ivar: Som är kartong. (Förtest, åk 2)

De aspekter av konstruktionen som eleverna lyfter fram är material och form, och deras betydelse för att realisera funktioner. I denna kategori pekar eleverna även ut enskilda komponenter som är centrala för funktionen. Ibland uttrycks konstruktionsaspekterna i termer av handlingar, antingen med hjälp av kroppsliga uttryck som att exempelvis med en vickande rörelse med handleden illustrera gångjärnet, eller att exempelvis säga ”man snurrar” för att framhålla flaskhalsens och skruvkorkens skruvmönster. Det senare sättet att uttrycka kunnandet kan ses som ett urskiljande av aspekter av konstruktionen som är knutna till användarens hanterande. Kategorin *teknisk effektivitet* (D1) beskriver det mest komplexa kunnandet. Att kunna värdera tekniska lösningars ändamålsenlighet innebär att kunna urskilja vanligt förekommande tekniska lösningar, vilka ibland benämns standardlösningar, deras centrala komponenter samt hur dessa samverkar för att realisera funktionen. I följande exempel undersöker Martin olika typer av gångjärn:

Martin: Det här var ett väldigt stort gångjärn, (Tar det största gångjärnet) till dörr. Det här är en storlek till dörrar tror jag /.../ för att det är väldigt stort /.../ Det här är lite mindre. (Tar ett av de mindre gångjärnen) Det är till mindre saker, något litet fönster kanske, eller något så'nt /.../ Man kan använda det till väldigt små saker som man ska bygga, *nästan* till en så'n videokamera. (Pekar på kameran) /.../ Den här är väldigt liten, för du ser, den där som man tittar i, du vet den där bilden, skärmen, den kan man ju svänga ut och den är ungefär så här liten. Det är ett annat *sorts* gångjärn. (Förtest, åk 2)

Martin relaterar olika slags gångjärn till olika användningsområden som dörrar, fönster och videokameror. Han intar även ett konstruktörsperspektiv genom att beskriva ”saker som man ska bygga”. I kategorin föreslår eleverna dessutom förbättringar i termer av alternativa tekniska lösningar för att realisera öppnings- och stängningsfunktionen. Ville och Mirjam diskuterar alternativ till skruvkorken för att öppna och stänga flaskor:

Ville: Alltså egentligen tycker jag att man kan ha bara som ett lock och öppna så. (Gör upplyftande rörelse) Det skulle varit lite enklare.

Intervjuaren: Finns det så 'na flaskor?

Ville: Nej, jag tror inte det faktiskt.

Mirjam: Men det finns vattenflaskor som har en liten kork så.

Ville: Ja, en *så'n*. Jag tror att det finns. Och sen så tar man bara upp den så, (Lyfter skruvkorken uppåt) och sen dricker man. (Förtest, åk 2)

Konstruktörsperspektivet blir här tydligt när eleverna föreslår en konstruktion som är enklare för användaren än den befintliga. I denna kategori görs dessutom historiska jämförelser, en elev berättar exempelvis om hyskor och hakar som föregångare till blixtlåset.

I analysen identifierades även kategoriernas strukturella aspekter och skillnaderna mellan dessa framträdde som kritiska aspekter. De kritiska aspekterna kan beskrivas som att urskilja: a/ andra användare än jag själv och specifika funktioner som är relaterade till dessa, b/ aspekter av konstruktionen som material, form eller komponenter kopplade till funktionskrav, c/ komponenters samverkan i vanliga tekniska lösningar. Aspekterna av konstruktionen specificerades ytterligare genom analys av forskningslektionen. Det framstod som viktigt att kunna skilja mellan olika funktioner och relatera dessa till respektive aspekt av konstruktionen. Därmed identifierades också vilka funktioner som var mer nödvändiga än andra. Den huvudfunktion som fokuserades i studien var öppning/stängning, men även mer underordnade funktioner lyftes fram i klassrumsdiskussioner under forskningslektionerna. När exempelvis en glasburk med lock med gångjärn analyseras i klassen diskuteras vilka funktioner olika komponenter har:

Läraren: Vad är det som gör att den här går att öppna och stänga? Är det den här saken? (Pekar på låsmekanismen) Eller är det? (Öppnar och stänger burken) Vad säger du, Felicia?

Felicia: Kanske den där saken som sitter under locket.

Läraren: Peka då! (Går fram till Felicia)

Felicia: Det kanske är den här saken som får plats här i hålet. (Pekar på gummiringen runt burköppningen)

Erika: Men den är bara till för att, så att inte glaset, om man råkar tappa det så här.

Måns: Eller så att det blir tätt.

Läraren: Jaha.

Måns: Det är skumma gångjärn.

Rufus: Ja exakt, det här asmysko metallföremålgångjärnet.

Läraren: Det är något slags gångjärn här bak, tycker några.

Måns: Som är asmysko.

Alex: Krokar!

Läraren: Som inte ser ut som något som vi har sett förut. Som krokar, ser ni?

Måns, precis. Och den *här*, vad gör den här då? (Pekar på låsmekanismen)

Hör ni, vad gör den här? Felicia.

Felicia: Den stänger burken.

Måns: Låser.

Läraren: Den låser kanske burken. Den går att öppna och stänga så. Och den här låser till. (Lektion 1, åk 2)

Här diskuteras glasburkens olika komponenter i form av gummiringen, gångjärnet och mekanismen för fastklämning av locket och vilka deras respektive funktioner är. Som också visas här ovan, hade eleverna svårigheter med att särskilja funktionerna stänga och låsa. Denna svårighet var vanligt förekommande i elevgruppen. För att kunna värdera ändmålsenligheten framstår det således som nödvändigt att kunna skilja på huvudfunktioner och bifunktioner och relatera till de aspekter av konstruktionen som bidrar till att realisera respektive funktion.

Ytterligare något som visade sig vara svårt för några elever under klassrumsdiskussionen var att skilja mellan namnet på ett visst material, som t.ex. kartong, och artefakten med samma namn, dvs. en kartong. För att kunna tala om materialets betydelse för uppfyllande av funktionen är det naturligtvis nödvändigt att begreppsligt kunna skilja mellan materialet och föremålet med samma namn. Men denna svårighet visar snarare på begreppens olika kontextuella innebörder och hur dessa skillnader blir tydliga under en klassrumsdiskussion där den kontext som fokuseras inte är självklar.

Artikel 2: Innebörder av att kunna konstruera en länkmekanism

Artikel 2 har titeln *Teknik i de tidiga skolåren - om vad det innebär att kunna konstruera en länkmekanism*. Dess syfte är att utveckla och beskriva innebörder av att kunna konstruera en specifik länkmekanism för överföring och omvandling av rörelse. Konstruerandet av länkmekanismer beskrivs som vanligt förekommande i de tidiga skolårens teknikundervisningspraktik. Vidare refererar jag till teknikdidaktisk forskning som visar att yngre elever har svårigheter med att urskilja komponenters tekniska funktioner när de konstruerar mekanismer (Chatoney 2009) samt att enhetliga begrepp saknas för undervisning om mekanismer (Parkinson 1999). I beskrivningen av problemområdet lyfter jag fram behovet av att utveckla möjliga lärandeobjekt för teknikundervisningen. En utgångspunkt är att det kunnande som undersöks tar sig uttryck i praktisk handling och att detta kunnande betraktas som

en helhet utan att någon uppdelning görs mellan tanke och handling (Ryle 1949). Dessutom kan ett specifikt kunnande lättare utvecklas om eleverna ges möjlighet att urskilja särskilda aspekter av lärandeobjektet (Marton *et al.* 2004; Marton & Pang 2006).

Resultatet beskrivs i termer av elevernas kunnande i relation till konstruerandet av den specifika länkmekanismen. Länkmekanismens huvudsakliga funktioner var dels att överföra en rörelse från ett ställe till ett annat och dels att omvandla rörelsens riktning. Detta innebar alltså att eleverna skulle konstruera en teknisk lösning som syftade till att realisera två olika och noga avgränsade funktioner.

Data genererades genom att jag videofilmade åtta för- och efterteststillfällen där totalt 49 elever i förskoleklass och årskurs ett konstruerade fysiska modeller av länkmekanismen. Dessutom samlades elevernas färdiga modeller in. Det transkriberade videomaterialet analyserades sedan med hjälp av fenomenografisk analys med avseende på kvalitativt olika sätt att erfara konstruerandet av den specifika länkmekanismen.

Resultaten av den fenomenografiska analysen av för- och eftertest resulterade i fyra hierarkiskt ordnade kategorier som beskriver kvalitativt olika sätt att erfara/kunna konstruera den specifika länkmekanismen. Kategorierna är logiskt relaterade till varandra på så sätt att ett mindre komplext kunnande utgör en del av det mer komplexa kunnandet (Tabell 4).

Tabell 4. Sammanfattning av beskrivningskategorier, strukturella aspekter, kritiska aspekter och dimensioner av variation.

Kategori	Strukturella aspekter	Kritiska aspekter	Dimensioner av variation
Konstruerandet av länkmekanismen som:			
(A2) <i>att testa komponenter</i> Den drivande rörelsen riktas mot samma punkt som den resulterande rörelsen. Komponenterna testas i syfte att realisera funktionen.	en ledpunkt		
		antal ledpunkter	en/två
(B2) <i>att ge plats för ett maskineri</i> Den drivande rörelsen riktas mot en annan punkt än den resulterande rörelsen. På så sätt skapas utrymme för både input och output och för mekanismen att överföra rörelse.	två ledpunkter		
		rörliga ledpunktens förankring i underlaget	förankring/ej förankring i underlaget

(C2) att styra ett maskineri Komponenterna är fästade i en fast och rörlig ledpunkt. Avståndet mellan input och output är kort och innehåller få mellanled. Den drivande rörelsen har samma riktning som den resulterande.	rörlig ledpunkt ej förankrad i underlaget		
		rörliga ledpunktens placering i förhållande till den resulterande rörelsen	samma/motsatt sida om den resulterande rörelsen
(D2) att bygga ett maskineri En åtskillnad görs mellan fast och rörlig ledpunkt. Den rörliga ledpunkten är placerad på motsatt sida om den resulterande rörelsen.	rörlig ledpunkt placerad på motsatt sida om den resulterande rörelsen		

Det kunnande som tolkades som minst komplext innebär ett testande av de olika komponenterna i relation till det önskvärda resultatet. Detta kunnande beskrivs som att *testa komponenter* (A2). Många av eleverna inledde sitt konstruerande under förtestet med att fästa den lösa armen i en punkt igenom underlaget, därefter greppa tag i den och föra den fram och tillbaka i en bågformad rörelse. Materialets utformning med endast ett hål i underlaget kan ha uppmuntrat till ett sådant sätt att konstruera. Att få armen att rotera kring en punkt innebär således inga svårigheter för dessa elever. Den fortsatta processen för att realisera de funktioner som eftersträvades orsakade dock problem, det fortsatta konstruerandet blev ett mer eller mindre slumpmässigt prövande av komponenternas fungerande principer:

Aron: (Sätter fast remsa och arm genom hålet i kroppen med hjälp av en påsnit, håller i remsan och vrider den runt och armen följer med) Åh! Vi klarade det! (Vrider remsan och armen följer inte med) Nä! (Fortsätter vrida och armen följer med) Ja, kolla! (Vrider runt remsan, men armen rör sig inte) Nej, för sjutton. (För armen uppåt och vrider sedan på remsan, armen rör sig något, Aron och Sofi skrattar, Aron vrider ner armen)

Aron: För sjutton den kan ju gå ner fast inte upp. Nä. (Förtest, åk 1)

När Aron håller i remsan och vrider den runt följer armen med när remsan vrids uppåt men inte när den vrids nedåt. Gemensamt för konstruktionerna i denna kategori var att de alla innehöll en fast ledpunkt, vilket innebär att alla delar som prövades roterade runt en enda punkt. En elev liknade även modellen med visarna på en klocka. Kunnandet innebär ett konstruerande med

ett fåtal komponenter och direktkontakt med den komponent som utför det önskvärda resultatet.

I det mer komplexa kunnandet (B2) separeras komponenter för input och output. På så sätt lämnas plats för flera mellanliggande komponenter att kunna realisera någon funktion (*ge plats för ett maskineri*). I konstruerandet separeras två ledpunkter, men undervisningsmaterialets tvådimensionella egenskaper bidrog troligtvis till att båda ledpunkterna urskiljdes som fasta ledpunkter. Konstruerandet resulterar i en stel konstruktion vilket innebär att den ingående rörelsen varken kan överföras eller omvandlas:

(Julia och Kalle håller båda i pappgubben som ligger på bordet, Kalle håller i remsan. Armen är fästad i mittenhålet tillsammans med remsan med en påsnit igenom underlaget. Armen är dessutom fästad i ett annat hål med påsnit med snöre igenom underlaget. ”Axelkulan” sitter delvis utanför kroppen.)

Kalle: Det kommer att bli en riktigt bra (ohörbart).

Julia: Lyft upp! Nu provar vi, provar, provar, provar! (Drar i snöret uppåt, men armen rör sig inte) Neej.

Kalle: Den har fastnat.

Julia: Nej, den funkar inte alls. (Förtest, åk 1)

Denna typ av konstruktion blev en slags återvändsgränd som var svår att ta sig ur på ett konstruktivt sätt, vilket fick till följd att eleverna i de flesta fall återgick till konstruktionen med en enda fast ledpunkt. Kunnandet kan beskrivas som att urskilja flera komponenter som kan bidra till att realisera det önskvärda resultatet.

I det mer komplexa kunnande som i analysen benämns att *styra ett maskineri* (C2) urskiljs skillnaden mellan fast och rörlig ledpunkt. Detta är avgörande eftersom det därigenom skapas möjlighet för komponenterna att överföra rörelse från ett ställe till ett annat. Den rörliga ledpunkt som är central för denna funktion placeras oftast väl synligt i konstruktionen genom att den sätts igenom någon del som sticker ut utanför själva underlaget. På så sätt är den lik den konstruktion som överför rörelse i marionettdockor.

(Nils håller i gubben och trycker den lösa armen mot dess kropp, tittar noga, tar en påsnit i höger hand, fäster armen i kroppen med påsniten. Sätter fast remsan med påsnit i en del av axelrundeln utanför kroppen. Tar tag i remsan och för den uppåt och neråt, armen rör sig på samma sätt.)

Nils: Carin [lärarens namn], vi är färdiga! Carin, vi är färdiga! (Eftertest, förskoleklassen)

Den resulterande rörelsen är alltså av samma slag som Nils' egen input-rörelse vad gäller både storlek och riktning. Den innebär att den ingående rörelsen styr den resulterande rörelsen via ett mellanled i form av ett snöre eller en länk. Detta kunnande kan ses som att urskilja flera komponenter som är konstruerade på olika sätt som tillsammans uppfyller en funktion.

Det kunnande som tolkats som mest komplext avseende konstruerandet av länkmekanismen beskrivs som att *bygga ett maskineri* (D2). Detta innebär att kunna konstruera något som innehåller flera komponenter med olika fungerande principer för att uppfylla flera olika funktioner. I denna kategori urskiljs samtidigt flera olika fungerande principer och hur dessa är kopplade till olika komponenter och det övergripande syftet med konstruktionen. Konkret innebär detta att en åtskillnad görs mellan fast och rörlig ledpunkt, dessutom placeras den rörliga ledpunkten på motsatt sida om den resulterande rörelsen. Ett alltmer komplext kunnande utmärks av att det reella avståndet mellan den komponent som eleverna har direkt fysisk kontakt med och den komponent som utför den resulterande rörelsen ökar liksom olikheten mellan input och output i termer av rörelseriktning.

De strukturella aspekterna i respektive kategori identifierades och de kritiska aspekterna framträdde som skillnader mellan de strukturella aspekterna. Även vilka värden av dessa som varierade i elevernas sätt att konstruera identifierades samt hur dessa värden användes i relation till de variationsmönster som undervisningen planerades utifrån. De identifierade kritiska aspekterna var: a/ antal ledpunkter i förhållande till en vridning, där skillnaderna i möjlighet till vridning visades genom att konstruera med en och två ledpunkter, b/ rörliga ledpunktens förankring i underlaget, vilket handlade om att särskilja fast och rörlig ledpunkt, c/ rörliga ledpunktens placering i förhållande till den resulterande rörelsen, där skillnaden mellan att fästa den rörliga ledpunkten på samma eller motsatt sida om den resulterande rörelsen visades.

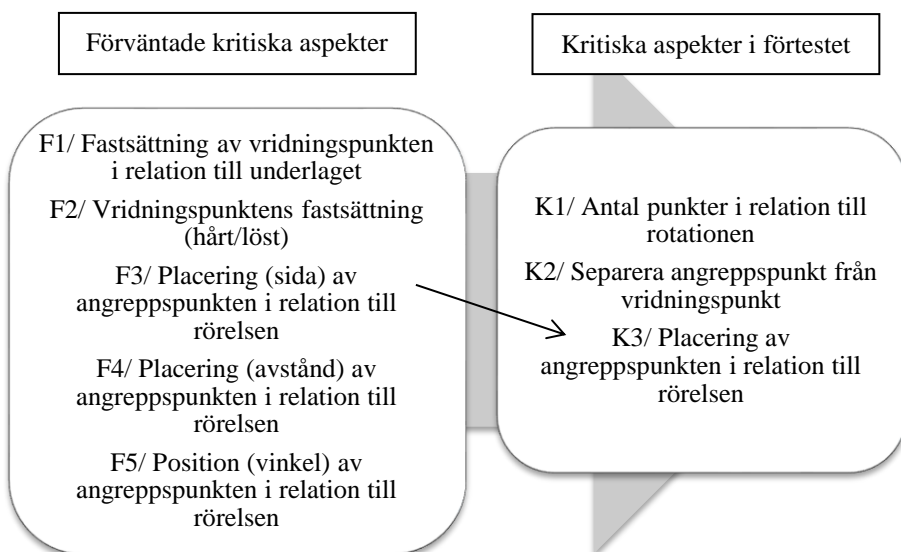
Artikel 3: Uppackning av lärandeobjektet och specificerade innebörder av kunnandet

Även artikel 3, som har titeln *Unpacking the object of learning*, baseras på empiriskt material från Learning study två. Syftet är dels att visa hur kunskaper om lärandeobjektets innebörd genereras och specificeras under Learning study-processen och dels att ytterligare utveckla innebörden av kunnandet i förhållande till det specifika lärandeobjektet. Artikeln tar utgångspunkt i resultaten från artikel två, där en av de aspekter som utifrån analysen av för- och eftertest identifierades som kritiska kunde förstås på olika sätt i termer av komplexitet. Elevernas sätt att konstruera och vari vissa av deras svårigheter i detta bestod var svåra att tolka och behövde därför ytterligare undersökas. Genom att visa hur lärar-forskarlagets kunskaper om lärandeobjektets innebörd utvecklades under denna studie vill jag även bidra till diskussionen om vilken slags kunskap som produceras i Learning study, något som diskuterats på senare tid (Carlgren 2012b; Runesson & Gustafsson 2012). I tidigare Learning study har fokus legat på att studera effekten av att

använda variationsteorin (t.ex. Lo & Marton 2012), elevers och lärares lärande (t.ex. Holmqvist 2011; Lo, Marton, Pang & Pong 2004), hur resultaten kan användas av andra lärare (t.ex. Kullberg 2012) eller att identifiera kritiska aspekter (t.ex. Vikström *et al.* 2013). I artikeln refereras även till tidigare teknikdidaktisk forskning som behandlar konstruerande av mekanismer (Chatoney 2009; Chatoney, Delsérieys & Martin 2013). Särskilt lyfter jag fram elevers begränsade vokabulär för att tala om sitt konstruktionsarbete (jfr Anning 1994; Solomon & Hall 1996) mot bakgrund av att jag i artikel 2 diskuterar vikten av ett i undervisningen specificerat språkbruk för att göra det möjligt för eleverna att urskilja de kritiska aspekterna.

Det empiriska materialet bestod av transkriberade filmer från åtta för- och eftertesttillfällen samt fyra lektioner. Därutöver analyserades de modeller som eleverna konstruerat. Transkriberade ljudupptagningar samt minnesanteckningar från lärar-forskargruppens sex möten ingick även i datamaterialet. Under testtillfällen och lektioner deltog två lärare och totalt 49 elever i förskoleklass och årskurs ett som hanterade material och konstruerade modeller av länkmekanismen. De aspekter som tidigare identifierats i artikel 2 användes som utgångspunkt för den ytterligare specificeringen av aspekterna i relation till det transkriberade materialet.

I artikeln visar jag hur lärandeobjektets innebörd ”packades upp” successivt under studiens olika faser. Inledningsvis formulerade lärar-forskarlaget aspekter som förväntades vara kritiska för elevgruppen i relation till lärandeobjektet (F1-F5 i Figur 6).

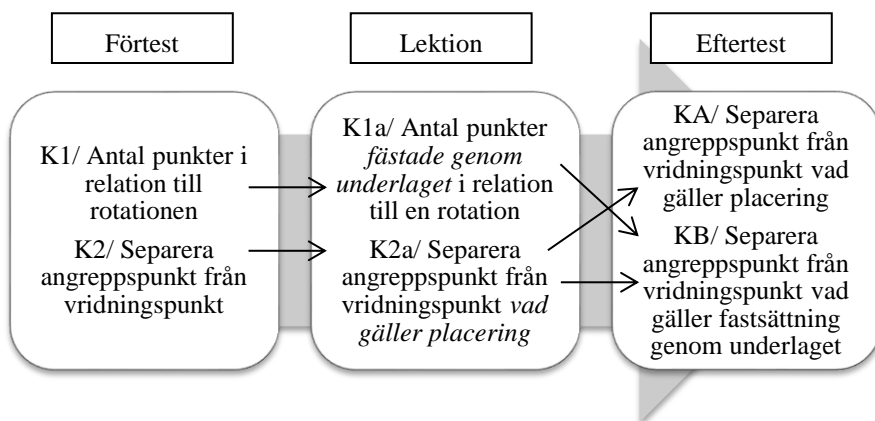


Figur 6. Förväntade kritiska aspekter och de som identifierades i förtestet.

Med utgångspunkt i de förväntade kritiska aspekterna utformades sedan ett förtest. För att undvika att förtestet skulle blir alltför enkelt och därför inte skulle ge oss tillräckligt med information adderades ytterligare en aspekt (F5). Analysen av förtestet baserades på de svårigheter som eleverna visade i sina sätt att konstruera med materialet, verbala uttryck och de slutliga modellerna. Analysen av förtestet resulterade i tre kritiska aspekter (K1-K3 i Figur 6). Förtestet visade sig vara betydligt svårare för eleverna än vi förmodat, vilket innebar att endast en av de totalt 24 modellerna var konstruerade på ett sätt som medgav rörelseöverföring och omvandling av rörelse.

I artikeln analyserar jag skillnaderna mellan de förväntade kritiska aspekterna och de som identifierats i förtestet. Den kritiska aspekten K1, antal punkter i relation till rotationen, var överraskande för lärar-forskarlaget eftersom det inte var väntat att några elever skulle fästa länkarmen i två punkter genom underlaget. Vid den här tidpunkten identifierades denna aspekt som kritisk trots att de flesta elevparen började sitt konstruerande med att sätta fast länkarmen i en punkt genom underlaget och vrida armen runt utan några svårigheter. Denna kritiska aspekt var således motsägelsefull, och förståelsen av detta omprövades under den fortsatta processen. Aspekten F1, fastsättningen av vridningspunkten i relation till underlaget, var inte kritiskt för elevgruppen. Nästa förväntade kritiska aspekt F2 som handlade om hur hårt delarna fastsattes i vridningspunkten identifierades inte heller som kritisk. Det förekom att eleverna stundtals hindrades av detta när de skulle testa funktionen, men det sågs inte som avgörande för konstruerandet av länkmekanismen.

Den kritiska aspekten K2, att separera angreppspunkt från vridningspunkt, hade lärare-forskarlaget inte heller förutsett. Materialet som användes i förtestet vilken endast erbjöd en punkt för fastsättning genom underlaget kan ha bidragit till att eleverna konstruerade på ett sätt som medförde att denna aspekt blev kritisk. Att separera de två punkterna förstods implicit i denna fas som att separera deras positioner. Aspekten K3, placering av angreppspunkt i relation till rörelsen, var den enda kritiska aspekt som motsvarades av en förväntad kritisk aspekt (F3). Denna aspekt förstods som den mest komplexa av de identifierade aspekterna. Eftersom nästan alla elevpar hade svårigheter med att överhuvudtaget konstruera en modell som medgav överföring av rörelse, identifierades inte de övriga förväntade kritiska aspekterna beträffande effekten av angreppspunktens avstånd (F4) eller rotationsvinkeln (F5). I följande avsnitt beskriver jag hur lärandeobjektet packades upp ytterligare i termer av hur de kritiska aspekter som identifierades i förtestet förfinades och reviderades under den första cykeln, vilket illustreras i Figur 7.



Figur 7. Specificationsprocessen och revideringen av aspekterna K1 och K2 under studiens första cykel.

Lektionen i cykel 1 planerades utifrån variationsteoretiska principer så att de kritiska aspekterna K1 och K2 skulle bli möjliga att urskilja, eftersom dessa var avgörande för att möjliggöra rörelseöverföring i konstruktionen. Under lektionen togs särskilt aspekten K1 (antal punkter i relation till rotationen) upp flera gånger. Denna aspekt förstods då implicit som antal punkter som var fästade genom underlaget i relation till rotationen:

Läraren: (Håller upp länken) Så någonstans måste jag fästa. Och vad jag tänker bara påminna er om då, det är ju att, vad var det som hände i den här? (Visar upp plattan med en länk fastsatt med två påsnitar genom underlaget) Vad hände i den här när jag satte rakt igenom?

Lina: Äh, det funkar inte.

Läraren: Det funkade ju inte. (Visar att länken inte går att vrida) Så det har jag som ett litet tips till er, att det här att sätta rakt igenom, det verkar inte vara så himla smart om man ska få den här [länken] att röra sig.

Anna: Bara *en*.

Läraren: Ja precis, en är ju inte, alltså just det när det gäller rakt igenom, Anna. Eller hur? (Lektion, åk 1)

Eleven Anna tydliggör här att endast en av de två punkterna är fästade genom underlaget. Aspekten K1 specificerades därmed ytterligare genom att punkternas olikheter vad gällde fastsättningen genom underlaget fokuserades (jfr K1a i Figur 7). Vid analysen av det filmade eftertestet i cykel 1, identifierade lärar-forskarlaget denna aspekt beträffande angreppspunktens fastsättning i relation till underlaget. Aspektens innebörd förstods då som att särskilja angreppspunkt från vridningspunkt i termer av fastsättning genom underlaget. Denna specificering var samtidigt en specificering av den kri-

tiska aspekten K2 (separera angreppspunkt från vridningspunkt), vilken under lektionen hade fokuserat på punkternas olika placeringar (K2a). De specificerade kritiska aspekterna innebar således att särskilja angreppspunkt från vridningspunkt både vad gäller placering (KA) och fastsättning i underlaget (KB). När eleverna i sitt konstruerande under lektionen försökte särskilja de två punkternas placeringar blev resultatet att båda punkterna sattes fast genom underlaget. Eleverna Mia och Jonas i åk 1 prövar att separera de två fästpunkterna, men hamnar i en återvändsgränd:

Mia: Jag ska bara sätta fast den här. Nu är den inne. (Sätter fast remsan med en påsnit i länken igenom ett ytterligare hål i underlaget)

Jonas: Nu ska vi prova.

Mia: Nej, det gick inte med två. (Tar loss den vita remsan)

Jonas: Det är det som är frågan.

Mia: Vi kan sätta fast den här så här. (Håller remsan över vridningspunkten).

Jonas: Ja.

Mia: Samtidigt. (Börjar lossa påsniten)

Jonas: Det var en smart idé.

(Mia tar loss länken och trär den vita remsan över påsniten i vridningspunkten)

Jonas: Då måste vi ha den där. (Pekar på ett annat hål i plattan)

Mia: Så går den (ohörbart). (Sätter länken i samma påsnit, trycker till påsniten) Ok, nu testar vi. Jag ser om den gröna åker upp. (Tittar när Jonas drar i remsan) Dra! (Länken rör sig inte) (Tystnad) Vänta, får jag testa? (Tar modellen) (Lektion, åk 1)

Att samtidigt skilja mellan punkternas olika placeringar (KA) och deras olikheter vad gällde fastsättning genom underlaget (KB) verkade alltså vara svårt för denna elevgrupp. De efterföljande lektionerna planerades så att den nyligen specificerade kritiska aspekten KB skulle bli möjlig att urskilja för eleverna. Emellertid försvårades detta urskiljande i själva undervisningsmaterialet genom att de olika lagren av papp var svåra för eleverna att fysiskt åtskilja när de konstruerade de olika fästpunkterna. Detta kan på så sätt ses som kritiska aspekter av undervisningen, och inte av själva lärandeobjektet. Under lektionen i cykel 3 visar John och Theo i förskoleklassen upp sin fungerande modell för resten av gruppen:

John: Alltså man skulle lägga, att man bara skulle lägga i den i *en*. (Trycker underarmen nedåt)

Läraren: Att man bara lägger i den, inte i två som så här som jag har gjort? (Visar modellen med två påsnitar igenom länken och underlaget)

John: Nej, man skulle bara lägga i den ena i *en*. (Bestämmd rörelse med armen nedåt)

Theo: Jag gjorde så här, kolla! (Viker upp de ihopsatta länkarna och visar att påsniten bara sitter igenom dessa och inte igenom underlaget) (Lektion, förskoleklassen)

Transkriptet ovan visar på svårigheten med att formulera de kritiska aspekterna på ett tydligt sätt. Medan John inledningsvis refererar till att fästa genom *ett* lager papp (istället för två), kan lärarens svar tolkas som *en* fästpunkt (och inte två). Detta specificeras av John genom att säga ”den ena” (fästpunkten) ”i en” (ett lager papp). Theo tydliggör detta ytterligare genom att vika upp länkarna från underlaget och visa hur fästpunkterna är konstruerade i modellen. Under loppet av denna Learning study uppkom ett behov av att benämna de kritiska aspekterna med mer tekniskspecifika begrepp i stället för begrepp som används inom naturvetenskapsundervisningen. Syftet var att finna begrepp som fokuserade på själva konstruerandet och var användbara i sådana sammanhang. Termerna vridningspunkt och angreppspunkt ersattes därför av termerna fast ledpunkt respektive rörlig ledpunkt. De nya begreppen utvecklades dock i slutfasen av studien, vilket innebär att de inte användes under någon av lektionerna.

Sammanfattningsvis bidrog de olika faserna - med början i formulerandet av lärandeobjektet och förväntade kritiska aspekter, därefter konstruerandet och analysen av förtestet, samt det gemensamma analyserandet av elevernas svårigheter och klassrumsinteraktionen - till att identifiera, nyansera och precisera de aspekter som eleverna behövde urskilja för att kunna konstruera den specifika länkmekanismen. Det iterativa inslagen av design, analys och revidering lyfts fram som centrala för specificeringen av lärandeobjektets innebörd. Allt fler identifierade och preciserade kritiska aspekter samt förfinade relationer mellan dessa bidrar till teoribygandet vad gäller specifika lärandeobjekt i teknikundervisningen (Stiles 2009).

Artikel 4: Exempel på teknikkunnande i de tidiga skolårens undervisningspraktik

Artikel 4 har titeln *Exploring technical knowledge in the primary technology classroom* och tar utgångspunkt i de kategorier och aspekter av teknikkunnande som identifierats i artikel ett och två med fokus på två specifika lärandeobjekt avseende tekniska lösningar. Syftet är att pröva användbarheten av dessa resultat i ett nytt empiriskt material för att identifiera teknikkunnande som kommer till uttryck i ett ”typiskt” teknikklassrum på lågstadiet. Artikeln tar avstamp i forskning som visar att kunskap om vad det innebär att kunna något specifikt är viktig för att lärare ska kunna utforma undervisning som gör det möjligt för elever att utveckla ett specifikt kunnande (Carlgrén *et al.* 2015). Learning study presenteras i artikeln som en möjlig metod för att utveckla innebörder av specifika kunnanden. Vidare refererar vi till forskning som undersökt generaliserbarheten av resultat från Learning study. Dessa studier visar att kritiska aspekter av väldefinierade lärandeobjekt kan kommuniceras till andra lärare och användas av dessa som en resurs i under-

visningen avseende samma lärandeobjekt (Kullberg 2012; Runesson & Gustafsson 2012). Utifrån detta drar vi slutsatsen att resultaten i artikel ett och två kan vara användbara för lärare i relation till undervisning som behandlar just dessa lärandeobjekt. Vidare ställer vi frågan huruvida resultaten kan bidra till en mer övergripande förståelse av teknikkunnande i de tidiga skolorn. Vi menar att teknikkunnanden endast kan studeras i specifika kontexter och beträffande specifika teknikinhåll. Ett rimligt antagande kan dock vara att det finns generella aspekter av dessa teknikkunnanden, vilka kan fungera som användbara analytiska verktyg för att identifiera teknikkunnande i relation till delvis andra teknikinhåll som behandlas i det typiska teknikklassrummet på lågstadiet.

Det svenska teknikämnet förändrade inriktning i relation till de naturvetenskapliga ämnena i och med läroplansreformen under tidigt 1990-tal beskrivs för att tydliggöra det nuvarande teknikämnet syfte och innehåll. Ämnet ses som en representant för tekniska kunskapsstraditioner, vilka i hög grad karakteriseras av oartikulerat kunnande, *knowing-in-action*, dvs. kunnande som är inbäddat i handlingarna (Schön 1983). Detta sätt att betrakta teknikkunnande ligger nära Ryle's begrepp "knowing-how" (Ryle 1949).

Datamaterialet som analyseras består av transkriberade videofilmade aktiviteter samt fältanteckningar från två hela skoldagar då 15 elever i årskurs ett och två tillsammans konstruerar en modell av en stad som finns beskriven och illustrerad i boken *Krakel Spektakel* (Hellsing 2010). Med utgångspunkt i de kategorier och aspekter av teknikkunnande som tidigare identifierats i relation till de två undersökta lärandeobjekten identifierades teknikkunnandet i videomaterialet. Identifierat teknikkunnande och teknikinhåll i relation till att värdera tekniska lösningar sammanfattas i Tabell 5.

Tabell 5. Specificerat teknikkunnande och teknikinhåll i det videodokumenterade teknikmomentet avseende värderande av tekniska lösningar.

Tidigare kategorier och aspekter avseende värderande av tekniska lösningar	Teknikmomentet Värderande av tekniska lösningar
(A1) Effektivitet för mig Egna behov och relaterade funktioner	–
(B1) Effektivitet för andra Andras behov eller situationer och relaterade funktioner	Realisera en representerande funktion: - i form av skiss - i form av modell Relatera skissen till modellen
(C1) Konstruktionsberoende Materials funktionella egenskaper Form Komponenter Huvud- och bifunktioner kopplade till respektive komponenter	Välja material utifrån funktionella egenskaper Bygga stabila konstruktioner Addera komponenter relaterade till bifunktioner

(D1) Teknisk effektivitet Vanliga tekniska lösningar och hur komponenter i dessa samverkar i relation till funktionskrav	–
---	---

Det övergripande syftet med elevernas konstruerande var att representera den fiktiva staden i form av en modell som efter avslutat arbete var planerad att visas upp för övriga elevgrupper och lärare. Modellens mottagare utgjordes således av både eleverna själva och andra. Värderandet av modellens ändamålsenlighet kan ses i relation till dess representerande funktion, även om detta främst tydliggjordes i planeringsfasen. Den modell som eleverna skulle bygga planerades gemensamt i gruppen under ledning av läraren och en skiss över stadens gator, hus etc. gjordes. Det teknikkunnande som identifierades var att *realisera funktionen att representera en stad genom att göra en skiss och bygga en modell av en stad*. Eleverna Jim, Sandra och Erik är just i färd med att påbörja byggandet av modellen:

Läraren: Botten finns här. (Kommer fram till elevgruppen med en stor pappskiva och lägger den på bordet)

Jim: Hör ni, ett tips. Ta lite kartong, (Sträcker armarna uppåt) så limmar ni, så sätter ni den så. (Pekar på pappskivan) En fyrkant.

Sandra: Ja, men ska vi inte göra uppåt?

Erik: Shit, vad stor stad vi ska göra!

Sandra: Men ska vi inte göra uppåt? (Sträcker armarna uppåt)

Läraren: Ja, ni ska bygga uppåt.

Att kunna *relatera den färdiga skissen av staden till den modell som skulle byggas* var således inte självklart för dessa elever. Kategorin som beskriver tekniska lösningars ändamålsenlighet som konstruktionsberoende, där aspekter som material, form och komponenter fokuseras specificeras ytterligare i relation till det nya datamaterialet. Teknikkunnande i form av att *välja material utifrån funktionella egenskaper* identifierades i videomaterialet. Även teknikkunnande som fokuserade på att värdera konstruktionernas stabilitet urskildes. Elsa och Maja diskuterar hur en husmodell skall sättas fast på bottenplattan:

(Elsa sätter sig vid bottenplattan som är placerad på golvet längst fram i klassrummet, hon har en husmodell i handen. Vänder sig till Maja som har satt sig bredvid.)

Elsa: Kolla, om man lägger den så här. (Försöker ställa husmodellen på bottenplattan, men modellen vickar omkull) Man behöver nå't stöd då.

Maja: Ja, men du ska ju limma fast den *där*. Om den är fastlimmad så kommer den (ohörbart), eller hur?

Det teknikkunnande som identifierades i relation till elevernas svårigheter med att fästa husmodellen var att *bygga stabila konstruktioner*. Ett sådant

teknikkunnande kan ses relatera till form, material och komponenter i termer av tyngpunktens placering, forandet av en vid bas, men även stödjande komponenter som Elsa nämner här ovan. Ytterligare ett kunnande innebar att *addera bifunktioner* i konstruktionen. I videomaterialet konstruerade en elev en i boken beskriven ”luftsluss” där undervattensstadens invånare kunde hämta luft. Genom lärarens hjälp adderades komponenter till konstruktionen som möjliggjorde att fler invånare kunde använda slussen. I Tabell 6 sammanfattas det teknikkunnande och teknikinhåll som identifierats i relation till att konstruera tekniska lösningar.

Tabell 6. Specificerat teknikkunnande och teknikinhåll i det videodokumenterade teknikmomentet avseende konstruerande av tekniska lösningar.

Tidigare kategorier och aspekter avseende konstruerande av tekniska lösningar	Teknikmomentet Konstruerande av tekniska lösningar
	(X) Bearbeta material: Välja och använda verktyg för att klippa/kapa olika material
	(Y) Sätta samman material: Göra permanenta sammansättningar i olika material Göra permanenta sammansättningar i förhållande till kontaktytans storlek Göra flexibla sammansättningar
(A2) Testa komponenter En ledpunkt	-
(B2) Ge plats för ett maskineri Två ledpunkter	-
(C2) Styra ett maskineri Rörlig ledpunkt och fast ledpunkt	-
(D2) Bygga ett maskineri Rörlig ledpunkt placerad på motsatt sida om den resulterande rörelsen	-

Att *välja och använda verktyg för kapning av olika typer av material* identifierades i videomaterialet som ett teknikkunnande. Kunnandet kom främst till uttryck i relation till hårda pappmaterial som kartong och wellpapp. Val av lämpliga verktyg som sax, kniv och såg samt hanterandet av dessa på ett ändamålsenligt och säkert sätt utgjorde aspekter av kunnandet. De sammansättningar av material som förekom under lektionerna var nästan uteslutande av typen fasta, dvs. sådana som syftade till att, med hjälp av exempelvis lim eller tejp, foga ihop delar till en större stel konstruktion. Elvira prövar först att häfta och sedan att tejpa ihop två wellpappbitar:

Elvira tar wellpappbiten och sätter den i häftapparaten, tar bort pappbiten. Viker pappbiten på mitten, placerar i häftapparaten och prövar häfta ihop, tryck-

er med båda händerna men häftklammerns går inte igenom båda lagren, tar bort klammern från pappbiten. Går iväg, kastar klammern i papperskorgen, kommer tillbaka och river av tejp från tejpållaren, börjar tejpa, fäster en bit tejp över den ena sidans ändar, vänder och tittar igenom öppningen, tar ytterligare en bit tejp till och sedan en till och fäster på vardera sidan om den första tejpningen.

I exemplet prövas olika sätt att göra en fast sammansättning i ett specifikt material. Under teknikmomentet prövades detta i relation till olika typer av material som papp, plast, trä och metall. Förutom att använda tejp och häftapparat, använde eleverna även smältlim och häftmassa. Teknikkunnande i termer av att *göra en fast sammansättning i olika material* identifierades således. Ett exempel på att *göra en flexibel sammansättning* kunde identifieras, vilket innebär en sammansättning där delarna kan tas isär utan att konstruktionen går sönder. Under konstruerandet uppvisade eleverna svårigheter med att fästa material och föremål med små kontaktytor på ett sådant sätt att en stark och hållbar fast sammansättning skapades. Att *göra en fast sammansättning i relation till kontaktytans storlek* identifierades som ett teknikkunnande. Elevernas konstruerande under tekniklektionerna fokuserade främst på att få saker att sitta fast och att stå upprätt, eller med andra ord att göra permanenta sammansättningar. Dessa tekniska lösningar var således av ett annat slag än de som konstruerades i den Learning study som fokuserade på mekanismer. Ett rimligt antagande kan vara att kunnande i form av att konstruera hållbara strukturer kan utgöra förutsättning för att kunna konstruera tekniska lösningar som medger rörelse. I Tabell 6 har de tidigare kategorierna av teknik-kunnande utökats med kategori X beträffande bearbetning och kategori Y som behandlar sammansättningar. De två nya kategorierna betraktas således som exempel på mer grundläggande teknik-kunnande än de kategorier som identifierats i relation till konstruerandet av länkmekanismen.

Det visade sig att tidigare identifierade kategorierna och aspekter av teknikkunnande kunde användas på olika sätt för att identifiera teknikkunnande i en ny undervisningskontext. Med hjälp av kategorierna från studien som fokuserade på värderande av tekniska lösningar kunde specificerade aspekter av teknikkunnande identifieras. I relation till kategorierna i länkmekanismstudien kunde nya kategorier identifieras som adderades till de tidigare. Med utgångspunkt i analysen av elevernas sätt att värdera och konstruera tekniska lösningar under tekniklektionerna kan det kunnande och innehåll som identifierats betraktas som potentiella lärandeobjekt vilka kan användas och ytterligare undersökas i lågstadiets teknikundervisningspraktik.

Resultatsammanfattning

I avhandlingens två första artiklar har jag utvecklat och beskrivit innebörder av *teknikkunande* i de tidiga skolåren i förhållande till två specifika lärandeobjekt med fokus på tekniska lösningar. Innebörder av att kunna värdera ändamålsenligheten hos tekniska lösningar med funktionen öppning/stängning respektive kunna konstruera en länkmekanism för överföring och omvandling av rörelse beskrivs utifrån en fenomenografisk analys av elevernas handlingar som uttryck för kunnandet. I analysen har kvalitativt olika kunnanden identifierats, där mer komplexa kunnanden skiljer sig från de mindre komplexa genom att fler aspekter av det som ska kunnas urskiljs samtidigt. Dessa aspekter har jag identifierat i relation till kategorierna av kunnande, och de skillnader som framträder mellan kategorierna avseende de aspekter som urskiljs har betraktas som kritiska aspekter för den specifika elevgruppen.

Att kunna värdera tekniska lösningars ändamålsenlighet kan beskrivas som att kunna urskilja funktioner av olika slag i relation till olika användare och att urskilja hur konstruktionen på olika sätt bidrar till att realisera dessa funktioner. I mindre komplexa kunnanden fokuseras främst tekniska lösningars funktioner medan själva konstruktionen tas för given och betraktas som en helhet. Genom ett mer och mer differentierat seende urskiljs fler och fler aspekter av såväl funktion som konstruktion samt hur dessa relaterar till varandra.

För att kunna konstruera den specifika länkmekanism som undersökts behöver de olika ledpunkternas position och olikheter i relation till fastsättning i underlaget urskiljas. Dessutom måste den rörliga ledpunktens placering i förhållande till den resulterande rörelsen urskiljas om det skall vara möjligt att omvandla rörelsens riktning. De aspekter som framträder som viktiga för att möjliggöra kunnandet urskiljs genom ett mer och mer differentierat görande. I görandet innefattas ett särskilt seende som är inbäddat i handlingarna. Detta kunnande innebär en process där aspekter av funktion och konstruktion ömsesidigt interagerar. Teknikkunnandet som beskrivs i relation till konstruerandet av länkmekanismen kan ses som ett specificerat kunnande med fokus på sammansättning av komponenter i syfte att åstadkomma en mekanisk rörelse.

I avhandlingens tredje artikel visar jag hur *lärandeobjektet* succesivt packas upp genom att systematiskt och iterativt studera hur lärandeobjektet kommer till uttryck och konstitueras i de olika faserna av Learning study-processen. Lärar-forskarlaget utvecklar alltmer preciserade och nyanserade kunskaper om lärandeobjektet i Learning study två i relation till de kritiska aspekter som förväntades för elevgruppen och de som identifierades i förtest, lektioner och eftertest. Med utgångspunkt i de svårigheter som eleverna uppvisar i konstruerandet identifieras kritiska aspekter som behöver urskiljas i görandet. Dessa kritiska aspekter blev dock svåra för eleverna att urskilja

under lektionen, vilket kan förstås som att det seende som var nödvändigt i det specifika görandet i liten utsträckning var möjligt att erfara i undervisningen. För att eleverna skall kunna urskilja de kritiska aspekterna behöver de ges möjlighet att få syn på dessa i sitt görande. Användning av relevanta begrepp som fokuserar på görandets seende kan kanske vara ett sätt att i undervisningen hjälpa eleverna att urskilja dessa kritiska aspekter.

Hur förhåller sig då de kritiska aspekter som identifierats under Learning study-processen till de som identifierats i den fenomenografiska analysen? Under genomförandet av Learning study två identifierades kritiska aspekter av lärar-forskarlaget under den relativt snabba process som i allmänhet krävs för att praktiskt kunna genomföra en hel Learning study i skolan. Det innebär att några omfattande analyser inte är möjliga att göra inom ramen för genomförandet och att därför förståelsen av de kritiska aspekterna blir begränsad. Ytterligare en svårighet är att i undervisningen göra dessa möjliga att urskilja för eleverna. De kritiska aspekter som identifierades i den fenomenografiska analysen av för- och eftertest gjordes av mig efter att studien avslutats. Dessa kritiska aspekter ingår som en del i beskrivningen av det specifika kunnandet. En av dessa aspekter var emellertid svår att tolka i förhållande till elevernas sätt att konstruera. Genom att i efterhand systematiskt och iterativt undersöka hur lärandeobjektet konstituerades i de olika faserna i Learning study-processen kunde de kritiska aspekterna preciseras och nyanteras ytterligare och lärar-forskarlagets implicita kunnande kunde till viss del synliggöras och artikuleras. De kritiska aspekter som baseras på den fenomenografiska analysen utgjorde dock en viktig grund för den fortsatta analysen av lärandeobjektet. Den fenomenografiska analysen ger också en mer fullständig beskrivning av kunnandet i jämförelse med en redogörelse av ett antal kritiska aspekter som behöver urskiljas.

Avhandlingens fjärde artikel tar utgångspunkt i de kategorier av teknikkunnande som identifierats för de två tidigare undersökta lärandeobjekten avseende tekniska lösningar. Specificerade aspekter av teknikkunnande beträffande värderande av tekniska lösningar, och nya kategorier av mindre komplext teknikkunnande i förhållande till konstruerande av tekniska lösningar identifierades. Resultaten visar att de tidigare identifierade kategorierna av teknikkunnande är generella i en mening och därmed kan vara användbara för att få syn på teknikkunnande i andra undervisningskontexter som behandlar ett delvis annat teknikinnehåll. De kan därmed utgöra analytiska redskap som lärare kan använda för att välja innehåll, utforma undervisning och bedöma elevers kunnande.

Diskussion

I det avslutande kapitlet diskuterar jag avhandlingens bidrag till det teknikdidaktiska forskningsfältet och till den professionella kunskapsbasen för teknikundervisning i de tidiga skolåren. Med utgångspunkt i avhandlingens resultat föreslås också några områden för fortsatt forskning.

Specificerade innebörder av teknikkunnande

Den här avhandlingen fokuserar på teknikämnets innehåll i de tidiga skolåren och vad det kunnande som eleverna skall utveckla i relation till detta innebär. Problemet som ligger till grund för avhandlingens empiriska studier handlar om att det i teknikundervisningen i liten utsträckning fokuseras på det kunnande som eleverna skall utveckla. Det finns således ett behov av att utveckla kunskaper om teknikkunnande och om teknikundervisningens lärandeobjekt. På detta sätt bidrar avhandlingen till den professionella kunskapsbasen för teknikundervisningen i de tidiga skolåren (Jones & Moreland 2003; Jones *et al.* 2013).

Teknikkunnande har studerats i förhållande till två specifika lärandeobjekt med fokus på värderande respektive konstruerande av tekniska lösningar. De kategorier och aspekter av teknikkunnande som identifierats syftar inte till att ge någon heltäckande beskrivning av det specifika kunnandets innebörder. Istället kan de utgöra en utgångspunkt för vidare undersökning av kunnandet i andra kontexter (Hiebert *et al.* 2002). Kategorierna beskriver elevers kunnande och skiljer sig därmed från de beskrivningar av kunskapsinnehållet som återfinns i facklitteratur i ämnet, även om sådan kunskap i viss utsträckning funnits i bakgrunden vid analysen. Dock har detta innehåll inte varit utgångspunkt i analysprocessen.

Analysen av elevernas uttryckta kunnande visar olika nivåer av kunnandet i termer av mer eller mindre komplext kunnande. Att kunna värdera tekniska lösningars ändamålsenlighet på en mindre komplext sätt innebär att i första hand fokusera på hur väl olika funktioner realiserats i förhållande till användarnas behov. Konstruktionens bidrag, eller villkoren för realiseringen av funktionen (Simondon 1958) urskiljs således inte, den tas snarare för given. Resultatet bekräftas av tidigare studier som visar att de yngre eleverna i åldersspannet 10-15 år främst fokuserar på funktionella egenskaper när de värderar artefaktens utformning (Obomo & Bolton 1991) samt att såväl

yngre som äldre skolelever har svårigheter med att koppla ihop funktion och konstruktion när de värderar artefaktens ändamålsenlighet (Compton & Compton 2013a, 2013b). Att kunna relatera funktionen till aspekter av konstruktionen lyfts däremot inte fram som ett specifikt teknikkunnande i Alister Jones & Judy Morelands studie (2003) av elevers värderande av tekniska lösningars ändamålsenlighet. De delar in elevernas (5-13 år) kunnande i tre nivåer, där nybörjaren relaterar till sig själv eller någon närstående och den mer kunnige oftare inkluderar både egna och andras perspektiv, vilket ligger i linje med de kunnanden som jag i avhandlingen identifierat som mindre komplexa. I den refererade studien visar de elever som kan värdera ändamålsenligheten på den mest komplexa nivån dessutom en medvetenhet om ekonomiska aspekter samt en begynnande förståelse för riskanalys och överväganden kopplade till miljöaspekter. Tekniska lösningars ändamålsenlighet kategoriseras här som samhällliga aspekter av teknik, vilket kan förklara varför inte aspekter av konstruktionen innefattas i värderandet av de tekniska lösningarna. De elever som intervjuades i avhandlingen relaterade inte spontant till aspekter av mer övergripande samhälllig karaktär som exempelvis miljö eller ekonomi. Däremot förekom reflektioner kring tekniska lösningars historiska utveckling. Skillnaderna i resultat kan förstås utifrån möjliga olikheter i studiernas fokus vad gäller artefakter och kontext, men också utifrån det faktum att elevgruppen i avhandlingen tillhörde den yngre delen inom åldersspannet 5-13 år. Med detta menar jag inte att teknikens konsekvenser för samhället, människan och miljön är oviktiga att behandla inom ramen för skolans teknikämne. Sådana kunskaper är, tvärtom, väsentliga att utveckla utifrån ett medborgerligt, demokratiskt perspektiv. Däremot har detta slags kunnande inte varit avhandlingens huvudfokus.

Ur ett användarperspektiv är det relevant att värdera hur väl tekniska lösningar uppfyller det som de är avsedda för. Detta gör vi ju hela tiden i vårt dagliga hanterande av tekniken i våra liv. De unga elever som intervjuats i avhandlingen visar att de har rikliga erfarenheter av att göra denna typ av värderingar i relation till sin egen användning. Värderandet av tekniska lösningar kan även göras i relation till olika typer av användare och de olika funktionernas relevans i termer av huvudfunktioner och bifunktioner (Landsqvist 2001). Med utgångspunkt i en syn på skolans teknikkunnande som knutet till kunskapsformen *têchne* och som representant för tekniska kunskapstraditioner blir dock fler aspekter av teknikkunnande centrala. Om eleverna skall få möjlighet att utveckla kunnande som utmärker teknisk verksamhet behöver de få hjälp med att få syn på det som användaren ofta tar för givet, nämligen villkoren för realiseringen av funktionen, eller med andra ord hur konstruktionen bidrar till att realisera funktionen. Utmärkande för teknisk verksamhet är även att relatera en specifik funktion till olika typer av möjliga lösningar, vilket George Simondon benämner *teknicitet* (1958).

Teknikkunnande i relation till att såväl värdera som konstruera tekniska lösningar handlar bland annat om att särskilja olika funktioner och vilka delar i konstruktionen som bidrar till realiserande av dessa.

I konstruerandet av länkmekanismen innefattar ett sådant kunnande att urskilja specifika komponenter och hur de samverkar för att realisera särskilda funktioner som att överföra och omvandla rörelse. I tidigare forskning som fokuserar på unga elevers konstruerande av mekanismer (Chatoney 2009; Chatoney *et al.* 2013) konstateras att eleverna har svårigheter med att urskilja komponenters tekniska funktioner. I den refererade studien styrde istället den mekaniska figurens utseende det sätt som eleverna satte samman de olika komponenterna. Det som jag i avhandlingen benämner det osynliga maskineriet motsvarar denna typ av svårighet i elevernas konstruerande av mekaniska lösningar. Eleverna behöver således få hjälp med att få syn på maskineriet, vilket innebär att de ges möjlighet att testa ingående komponenters fungerande principer och själv styra maskineriet genom närkontakt med de komponenter som utför den önskvärda rörelsen.

Kopplingen mellan aspekter av funktion och konstruktion är även central för användarens hanterande av artefakterna. Förutom att artefakter skapas genom mänskliga handlingar, krävs även handlingar för att använda artefakterna (Hagberg 2009). Hanterandet av artefakterna innebär en särskild slags kunskap (jfr de Vries 2005b) om hur konstruktionen bidrar till realiseringen av den önskvärda funktionen. Om användaren exempelvis försöker öppna en flaska med skruvkork genom att dra eller bända upp korken, uppnås ändå inte det önskvärda resultatet. I avhandlingen visar eleverna prov på kunnande som är kopplat till användarens hanterande av artefakter för öppning och stängning. Denna typ av kunnande uttrycktes ofta i form av kroppsliga handlingar, men även som verbala uttryck (t.ex. ”man skruvar”) som ersättning för aspekter av konstruktionen. Detta visar också att teknik-kunnande är integrerat i handlingarna inte bara hos konstruktören, utan även hos användaren.

Teknikkunnande relaterat till värderande och konstruerande av tekniska lösningar kunde även urskiljas i det som kan betraktas som det typiska teknikklassrummet. Med hjälp av kategorier av teknik-kunnande som identifierats för specifika lärandeobjekt kunde teknik-kunnandet i relation till ett delvis annat teknik-innehåll identifieras, vilket indikerar att det är möjligt att tala om teknik-kunnande i en mer generell mening. Ett exempel på ett sådant kunnande är adderandet av nya funktioner i en och samma konstruktion (jfr Simondon 1958). I de videodokumenterade aktiviteterna där eleverna till stor del konstruerade på egen hand identifierades andra slags teknik-kunnanden i relation till konstruerandet än vad som framkom i den studie som fokuserade på konstruerandet av länkmekanismen. Denna typ av teknik-kunnande vilket behandlar bearbetning och sammansättning av material kan förstås som ett mindre komplext kunnande och som nödvändigt för att kunna konstruera

mekaniska lösningar. Ett antal potentiella lärandeobjekt identifierades även i videomaterialet.

Utfallsrummet och de inbördes relationerna mellan de olika kategorierna av teknikkunnande bör inte förstås som en beskrivning av ett stegvist lärande, där de olika stegen förutsätter varandra. Den hierarkiska relationen bör inte heller betraktas som ett direkt underlag för bedömning. Det som i analysen identifierats som ett mer komplext kunnande behöver inte med nödvändighet föregås av ett kunnande som identifierats som mindre komplext. Istället för att likna kunskapsutvecklingen vid en stege, där ett mer komplext kunnande bygger på en rad mindre komplexa kunnanden som avlöser varandra i linjär följd, kan teknikämnet ses som ett landskap att utforska (jfr Hirst 1974). Där finns alla aspekter med från början, men vilka som urskiljs beror på den kontext i vilken undervisningen genomförs. Att börja se, göra och vara i teknikens landskap innebär att successivt urskilja dimensioner och relationer allt tydligare i ett alltmer differentierat erfarande i detta närmast oändligt stora landskap som därmed blir mer nyanserat och specifikt.

Metodiska bidrag

Med utgångspunkten att teknikkunnande tar sig uttryck i handlingar där mentala och fysiska processer ses som en helhet och, likt allt kunnande, inefattar tysta dimensioner, har det varit viktigt att analysera såväl verbala som kroppsliga handlingar. Elevernas begränsade vokabulär har medfört att kroppsliga handlingar ibland ersatt verbala uttryck i beskrivningarna av tekniska lösningar. I elevernas konstruerande har dessutom görandet fokuserats i relation till artefakter, material etc., och de språkliga uttrycken har tagit ett mindre utrymme. Den dominerande metoden för datagenerering inom fenomenografiska undersökningar har varit individuella intervjuer, men det finns även studier som använt data i form av gruppintervjuer, observationer och teckningar. Ändå förespråkas den individuella intervjun som metod för datainsamling, vilket motiveras av dess forskningsobjekt och syn på medvetandets struktur (Marton 1994, s. 4427). Avhandlingens fenomenografiska analyser av elevers kroppsliga handlingar som uttryck för kunnande (jfr Ahlstrand 2014; Nyberg & Carlgren 2014) pekar därmed på möjligheten att fenomenografiskt analysera andra slags uttryck för kunnande än de verbala. Samtidigt lyfts kunnande i form av görande fram som ett specifikt kunnande.

I den fenomenografiska analysen har även de olika kategoriernas strukturella aspekter identifierats. Skillnaderna mellan de strukturella aspekterna i utfallsrummet framträdde som kritiska aspekter för de elevgrupper som ingick i respektive studie. Att identifiera kritiska aspekter genom detta slags analysförfarande kan ses som ett metodiskt bidrag eftersom det oftast i Learning study inte visas hur de kritiska aspekterna har identifierats (jfr Lo *et*

al. 2006; Marton & Lo 2007; Runesson 2008). Kopplingen mellan fenomenografi och variationsteori med fokus på erfarendets strukturella aspekter (Marton & Pong 2005) och hur skillnaderna mellan urskiljda strukturella aspekter kan förstås i termer av kritiska aspekter (Pang 2003) har beskrivits i litteraturen. Att systematiskt och explicit använda det beskrivna analysförfarandet för att identifiera kritiska aspekter i Learning study har däremot endast gjorts i liten utsträckning (se t.ex. Carlgren *et al.* 2015).

Användningen av Learning study

Learning study har i avhandlingen främst använts i datagenererande syfte för att studera teknikkunnande, vilket skiljer sig från hur ansatsen oftast används. Resultat i termer av elevernas eller lärarnas kunskapsutveckling under Learning study-processen har alltså inte varit det huvudsakliga syftet (jfr Holmqvist 2011; Lo, Marton, Pang & Pong 2004). Däremot har såväl elevernas, lärarnas som min kunskapsutveckling varit viktiga förutsättningar för studerandet av teknikkunnandets innebörd, vilket utgjort forskningsobjektet. Den gemensamma förståelsen av vari elevernas kunnande består har utvecklats succesivt, den har fördjupats och nyanserats genom att systematiskt studera elevers handlingar i relation till genomförda interventioner i undervisningen. Det systematiska och iterativa studerandet med fokus på ett specifikt lärandeobjekt där lärares tysta kunnande tagits tillvara har gjort det möjligt att utveckla och artikulera innebörder av det specifika kunnandet. I processen prövas förståelsen av kunnandets innebörder i nya sammanhang där innebörderna specificeras och på så sätt genereras teori avseende kunnandets innebörder (Stiles 2009). I avhandlingen visar jag hur lärandeobjektets innebörd specificeras under Learning study-processen. Detta kan ses som ett bidrag till diskussionen om vilken slags kunskap som produceras i Learning study (Carlgren 2012b; Runesson & Gustafsson 2012).

Att skapa förutsättningar för teknikkunnande i de tidiga skolåren

Denna avhandling tar utgångspunkt i teknikämnets undervisningspraktik i de tidiga skolåren och behovet av att utveckla en professionell kunskapsbas för teknikundervisning i dessa skolår. Därför återknyter jag nu till undervisningspraktiken för att diskutera på vilket sätt avhandlingens resultat kan bidra till utvecklingen av denna praktik och av lärares professionella kunskapsbas.

Avhandlingens resultat består av beskrivningar av innebörder av teknikkunnande och teknikinhåll i relation till två specifika lärandeobjekt i teknik i de tidiga skolåren. Dessutom har aspekter identifierats som eleverna

behöver urskilja för att utveckla kunnandet i fråga. Flera faktorer pekar mot att dessa resultat kan bli användbara för lärare i teknikundervisningen. Dels tar det innehåll som undersökts sin utgångspunkt i problem och frågor i lärares yrkesverksamhet (Bulterman-Bos 2008; Korthagen 2007; Runesson 2011). Dels har kunskapen utvecklats tillsammans med lärare i en undervisningskontext där lärares tysta kunnande har involverats (Bulterman-Bos 2008; Carlgren 2012b). Resultaten bidrar förhoppningsvis till lärares förståelse av vari teknikkunnande och teknikinnehåll kan bestå gällande dessa specifika lärandeobjekt. Även om de identifierade kritiska aspekterna är specifika för vissa elevgrupper, lärare och undervisningskontexter, visar forskning att de ändå kan kommuniceras till andra lärare och användas som resurs i arbetet med andra elevgrupper (Kullberg 2010; Runesson & Gustafsson 2012). Dessa aspekter kan ha en vägledande funktion vid planeringen och genomförandet av undervisningen i nya elevgrupper. För att kunna göra detta på ett sätt som gör det möjligt för eleverna att urskilja de kritiska aspekterna och därmed utveckla kunnandet krävs dock att lärare har idéer kring hur innehållet skall presenteras och behandlas i undervisningen (Nuthall 2004). Ett möjligt sådant teoretiskt redskap för planering och analys av undervisning kan variationsteorin erbjuda.

I avhandlingen utvecklas även en hypotes om att artikulerandet av de kritiska aspekterna i undervisningen är en förutsättning för utveckling av teknikkunnande. I den Learning study som fokuserade på konstruerande av länkmekanismen växte ett behov fram hos lärar-forskarlaget av att benämna de kritiska aspekterna utifrån ett konstruktionsperspektiv för att på så sätt tydliggöra dessa i undervisningen. Det uppstod uppenbara svårigheter för eleverna att urskilja de kritiska aspekterna när lärarna inte explicitgjorde dessa i undervisningen. Dessa aspekter och benämningen av dessa kan betraktas som en slags teoretisk kunskap som fyller funktionen att synliggöra kunnandet i det praktiska görandet. Vilka begrepp som kan vara relevanta för att hjälpa elever att få syn på de teoretiska kunskaper som är inbäddade i det praktiska konstruerandet är dock inte självklara. Här krävs att ett ämnesdidaktiskt språk utvecklas genom att systematiskt studera teknikkunnande i den undervisningspraktik där lärare och elever interagerar kring specifika ämnesinnehåll. Artikulerandet av denna typ av tyst teoretisk kunskap i form av inifrån-seende kan dock innebära att den riskerar att likställas med den kunskap som betraktas som teoretisk, nämligen som påståendekunskap ur ett utifrån-perspektiv.

Även undervisningsmaterialets betydelse för elevernas möjligheter att urskilja de kritiska aspekterna framkom i avhandlingen (jfr Chatoney 2009). Elevers svårigheter med att konstruera den specifika länkmekanismen blev uppenbara i relation till det undervisningsmaterial i form av papp som användes. I det tunna materialet skapades dåliga förutsättningar för att urskilja de kritiska aspekterna. Elevernas svårigheter kan på så sätt härledas till kri-

tiska aspekter av materialet, och inte till själva lärandeobjektet (jfr Kilbrink, Bjurulf, Blomberg, Heidkamp & Hollsten 2014; Lindberg 2010).

Användbarheten av de identifierade kategorierna av teknikkunnande i förhållande till de specifika lärandeobjekten prövades i ett videomaterial bestående av teknikaktiviteter på lågstadiet i syfte att undersöka teknikkunnande i en mer generell mening. Även om teknikkunnande endast kan studeras i relation till specifika lärandeobjekt, menar jag att kunskaper om teknikkunnande i mer generell mening kan vara användbara redskap för lärare för att få syn på teknikinnehåll och teknikkunnande i den befintliga teknikundervisningen (jfr Skolinspektionen 2014). Sådana redskap är också centrala i lärarens interaktion med eleverna, vilket har en avgörande betydelse för elevernas möjligheter att utveckla teknikkunnande. När eleverna i stor utsträckning arbetar själva med sitt konstruerande utan någon egentlig undervisning blir provandet en dominerande aktivitet (jfr Esjeholm & Bungum 2013). Så länge som ett visst sätt att konstruera fungerar utan problem behöver det inte omprövas (jfr knowing-in-action Schön 1983). När däremot problem uppstår är det nödvändigt att andra sätt att konstruera urskiljs genom reflektion i handling vilket blir möjligt genom lärarens kunniga ingripande. Dessa kunniga ingripanden kräver dock att lärare har kunskaper om teknikkunnande i förhållande till det innehåll som behandlas i undervisningen, vilket också är det slags ämneskunnande som lärarna i avhandlingens prolog efterlyser.

Fortsatt forskning

I denna avhandling har teknikkunnande i förhållande till några specifika lärandeobjekt undersökts genom att systematiskt studera kunnandets uttryck i undervisningskontexten. Teknikundervisningens lärandeobjekt kan ses som i stort sett outforskade, vilket betyder att behovet av ytterligare forskning som utvecklar innebörder av olika lärandeobjekt i teknik är mycket stort. Det vore intressant att studera kunnande i relation till andra lärandeobjekt i teknik, exempelvis de potentiella lärandeobjekt som identifierades i de videodokumenterade teknikaktiviteterna. Men även andra lärandeobjekt som formulerats med utgångspunkt i de långsiktiga målen i relation till det centrala innehållet i Lgr11 är intressanta att undersöka. Ett annat spår kan vara att ytterligare utveckla och specificera innebörderna av de lärandeobjekt som fokuserats i avhandlingen genom att studera andra elevgrupper och undervisningssammanhang (jfr Hiebert *et al.* 2002). I studier av kunnandet i relation till specifika lärandeobjekt i teknik är utvecklandet av ett ämnesdidaktiskt språk centralt för att artikulera de teoretiska kunskaperna som finns i själva görandet. Att utveckla ett språk för praktiskt kunnande i relation till teknikämnet är viktigt för det professionella samtalet lärare emellan och för undervisningen i arbetet med eleverna.

Learning study har i avhandlingen visat sig vara en fruktbar ansats för att studera kunnande i relation till specifika lärandeobjekt. En nackdel är dock att denna typ av praxisutvecklande studie tar mycket tid i anspråk, vilket kan vara ett hinder för lärares medverkan, något som också framkom i avhandlingen. I förhållande till teknikämnets så gott som outforskade lärandeobjekt och brist på undervisningstradition finns även en risk att formulerandet av ett relevant lärandeobjekt tar en stor del av Learning study-processen i anspråk. Ett sätt att hantera båda dessa svårigheter kan vara att införa en förfas i Learning study i vilken forskaren gör en första analys av elevers kunnande i relation till möjligt lärandeobjekt för att på så sätt avgränsa och formulera ett relevant lärandeobjekt samt utveckla en preliminär förståelse av det kunnande som involveras. På så sätt har en stor del av det inledande trevande arbetet redan klarats av när lärandeobjektet iscensätts i undervisningen.

Andra och mer avgränsade frågor att undersöka vilka uppkommit som ett resultat av avhandlingens studier är att pröva de tekniks specifika begrepp som vi utvecklat. I en designbaserad studie skulle begreppens betydelse för elevers möjlighet att urskilja de specifika aspekterna kunna undersökas. Likaså vore det intressant att på liknande sätt undersöka undervisningsmaterialets betydelse för möjligheten att utveckla kunnande avseende konstruerandet av mekanismer.

English summary

Introduction

Technology in general education is often taught in the form of projects in which students are supposed to develop ideas and technical solutions collaboratively in a problem-solving process. This approach has emerged as central to technology education in order to provide contexts for learning that reflect the authentic process of developing technical solutions (Blomdahl & Rogala 2008; Ginestié 2002; Hill 1998). In these teaching settings, however, teachers have largely focused on technology as an opportunity for students to experience practical work, and the focus has not, or only to a small extent, been on explicit subject-specific learning objects (Gibson 2007; McCormick 2004; Siraj-Blatchford & MacLeod-Brudenell 1999). This fact, as well as students' experienced lack of support from the teacher in relation to their learning process, is highlighted in a recent review of the quality of technology education in the Swedish compulsory school (Swedish Schools Inspectorate 2014).

However, what students are supposed to learn in technology education is not self-evident. In the technology syllabus, subject-specific capabilities as well as subject content are formulated (The Swedish National Agency of Education), but what it means to know this content remains silent and implicit (Carlgren *et al.* 2015). This kind of knowledge can be explored, and at least partly articulated, and can thereby become a tool for teachers to improve teaching. However, in primary technology education the task of designing teaching activities that allow students to develop technology-specific knowledge is more complicated as primary technology education, in contrast to many other subjects, lacks a common base of experience of teaching and assessment (Jones & Moreland 2003).

Purpose and aim

The purpose of this thesis is to contribute to the body of teachers' professional knowledge concerning primary technology education. The aim is to explore the meaning of technical knowing in primary technology education. This is done by identifying and describing ways of knowing in relation to

specific-content (so-called objects of learning) of the school subject of technology.

Theoretical framework

In Sweden, the compulsory subject of technology was given a new direction in the curriculum reform in the early 1990s. From previously having been closely linked to the natural sciences, a distinct boundary was drawn between science and technology (SOU 1992:94). Technology was no longer seen as applied science, but as a field of knowledge of its own with a different epistemological character than science, involving a substantial element of practical experience and craftsmanship. As a starting point, this thesis takes a perspective on the subject of technology as epistemologically rooted in *Têchne*. The subject is seen as representing technical knowledge traditions characterized by specific ways of developing knowledge, as well as specific contexts and practices in which the knowledge becomes meaningful. Technical knowing is to a large extent unarticulated and embedded in actions, knowing-in-action (Schön 1983). Normally, knowing is tacit and implicit in our actions, but when some kind of problem occurs we may stop and reflect. The process of reflection-in-action is seen as experimentation in the practice context, an action in which thinking can be separated from doing, which may result in articulations of the theoretical aspects of the knowing. By taking this perspective, the traditional distinction between theoretical and practical knowledge is challenged.

Technical knowledge is understood as involving both thinking and doing, without separating mental and physical processes, and is expressed when acting (Ryle 1949). In the thesis, a point of departure is to see knowledge as a relationship between the subject and the world (Marton & Booth 1997). This relationship is the knower's way of experiencing the world. Knowing is always the knowing of something. Moreover, in order to know this "something", aspects of this something must be discerned. Technical knowing involves specific ways of experiencing and discerning what is to be known, meaning that the learner develops a differentiated seeing and doing. Knowledge requires and includes both knowing and known. According to Dewey & Bentley (1949), the relation between knowing and known is transactional, meaning that they are mutually defining each other. Teachers' work is about this transaction in relation to specific knowers. In the teaching process, all three aspects change in relation to the others.

Method

Two Learning studies focusing on technology-specific objects of learning

In order to explore the meaning of technical knowing in relation to specific contents, a Learning study was chosen for the generation of data (Marton & Pang 2006; Pang & Marton 2003; Pang & Lo 2011; Runesson 2011). Learning study can be described as a collaborative research approach with a major focus on exploring an object of learning (Runesson 2008), that is, what the students are expected to learn during one or a few lessons. In this thesis two Learning studies in primary school were conducted. In Learning study one, focusing on the object of learning evaluating the fitness for purpose of technical solutions, a group of four teachers collaborated with the researcher. In Learning study two, two teachers participated focusing on constructing a linkage mechanism allowing for transferring and transformation of movement. The choices of the specific objects of learning were based on the teachers' previous experiences of something being difficult to teach, as well as content highlighted in the syllabus. After selecting the objects of learning, the next step was to design a pre-test to map students' prior knowledge. Based on the result of the pre-test, the lesson was designed on the basis of the variation theory (Marton & Booth 1997; Marton, Runesson & Tsui 2004), and then carried out by one of the teachers with a group of students. The lesson was then analysed, as well as the students' outcomes, and based on this information the lesson was revised. In the next cycle, the lesson was taught with another group of students, and the procedure was repeated (Pang & Marton, 2003). Both Learning studies were conducted as a process of four cyclically repeated steps, investigating the most powerful way to teach the specific object of learning (Marton & Pang 2006).

The way in which the Learning study was used in this thesis, however, differs from how it is usually used, since the focus was on exploring the object of learning. This means that students' learning or teachers' learning were not explicitly focused on, though this was inherent in the iterative process of analysing, designing, evaluation and revision, thus helping to specify what was to be learned; that is, the meaning of the object of learning (Carlgren 2012b).

The two Learning studies were conducted with a total of 49 students in grades one and two (students aged 7-8 years old), and 49 students in pre-school class and grade one (students aged 6-7 years old) respectively. Video-recording was chosen for generating data, since technical knowing was understood to comprise skills and understanding as integrated forms of knowledge, that is, without separating mental and physical skills. Moreover, the students' actions in relation to artefacts were focused upon. Sometimes,

verbal expressions were also replaced and supplemented by bodily expressions.

Analysis

The transcribed video-recordings were analysed using phenomenographic analysis (Marton 1981, 1994). The empirical material generated in Learning study one comprised video-recorded pre-tests in the form of interviews/conversations with students in pairs, focusing on familiar technical solutions for opening and closing, as well as video-recorded lessons. The base data of Learning study two were video-recorded pre- and post-test, concerning students' constructing a model of the linkage mechanism as well as students' final models. The analysis resulted in categories describing students' qualitatively different ways of experiencing the object of learning. Students' different ways of experiencing the specific phenomenon were understood as ways of knowing, including tacit aspects of the knowing. This means that students' physical and verbal actions were analysed and understood as ways of knowing as a whole. The categories describing different ways of knowing were ordered in a hierarchy, and then analysed in terms of their structural aspects, that is, the aspects of the phenomenon that were focused on (Marton & Booth 1997). The differences between the categories' structural aspects were seen as critical aspects, that is, aspects necessary to discern in order to develop a more complex way of knowing.

The object of learning in Learning study two was further analysed on the basis of the critical aspects identified. The data included video-recorded pre- and post-tests, lessons, as well as audio-recorded meetings with the teacher-researcher group.

Video documented lessons focusing on technical knowing

The results from the phenomenographic analysis in Learning study one and two were used in the analysis of a new empiric material in order to identify and further specify technical knowing. The new data was generated within a technology classroom in which students were given the task of constructing an imaginative town illustrated in a children's book. The construction processes of a group of 16 students (7-8 years old), working in small groups, were documented by video, and notes and photographs were taken as well.

In the analysis of the transcribed material and the field notes, the previously identified categories and aspects of technical knowing concerning evaluation and construction of technical solutions were used in order to identify technical knowing in the video material. This meant that the previous categories of technical knowing were interpreted and used in a more generalized way in order to identify instances of technical knowing in the sessions. These instances were then analysed in order to further specify the meaning of technical knowing and the technical content involved.

Results

The findings are presented based on the four articles included in the thesis.

Knowing to evaluate the fitness for purpose of technical solutions

Through the phenomenographic analysis, four qualitatively different ways of experiencing/knowing technical solutions' fitness for purpose were identified. The categories are logically related to each other in that the first category is included in the next, thus the first category describes the least complex way of knowing. The categories describe ways of experiencing technical solutions' fitness for purpose as:

- Effectiveness for me - fulfilling functions based on own needs and situation
- Effectiveness for others - fulfilling functions based on others' needs and situations
- Construction dependency - how efficiently aspects of the construction help to realize the function
- Technical efficiency - how efficiently commonly agreed technical solutions realize the function

Based on the categories, the following critical aspects were identified: (a) Specific needs or situations of others and related functions; (b) Material, form and components. Main and secondary functions linked to corresponding key components; (c) Common technical solutions and the interaction between key components of the construction.

Knowing to construct a linkage mechanism

In this article, the meaning of being able to construct a specific linkage mechanism (more specifically to assemble parts into a technical solution allowing for transferring and transforming motion) was examined. Through the phenomenographic analysis, four qualitatively different categories emerged describing students' ways of experiencing/knowing in relation to constructing the mechanism. As in the first study, the categories describing the less complex ways of knowing were integrated in the more complex ways. The four categories can be summarized as constructing the specific mechanism as:

- Testing components - the driving movement is directed at the same point as the resulting movement, and the components are tested to realize the function.

- Making space for a machinery - the driving movement is directed at a different point than the resulting movement, thus creating space for both input and output as well as the mechanism for transferring movement.
- Controlling a machinery - the components are attached to a fixed and a moving joint. The distance between input and output is short and contains few intermediaries, and the driving movement has the same direction as the resultant.
- Building a machinery - a distinction between the fixed and moving joints is made, and the moving joint is placed on the opposite side of the resulting movement.

The following critical aspects necessary to discern in order to construct the linkage mechanism were identified: (a) Number of joints; (b) Separating the moving joint from the fixed joint; (c) The position of the moving joint in relation to the resulting movement.

During the learning study process, a need to articulate the critical aspects emerged that pointed to the way of constructing the mechanism. In this way the concepts of attack point and pivot point were replaced by the concepts of moving joint and fixed joint respectively.

Unpacking the object of learning

This article demonstrates how the object of learning was successively unpacked, in terms of more and more specified and nuanced knowledge concerning the critical aspects in Learning study two. Moreover, two of the critical aspects were further specified. The specification processes in the pre-test, the lesson, and the post-test of the first cycle can, in relation to the first aspect, be described as: (1a) Number of points in relation to a rotation; (2a) Number of points attached to the base in relation to a rotation; (3a) Separating the attack point (moving joint) from the pivot point (fixed joint) in terms of position. The second aspect was specified in the following way: (1b) Separating the attack point from the pivot point; (2b) Separating the attack point from the pivot point in terms of position; (3b) Separating the attack point from the pivot point in terms of position and attachment to the base.

Identified technical knowing in the primary technology classroom

The purpose of this article was to use the previous findings concerning technical solutions in order to identify technical knowing in a new teaching context. In this way, generalizable aspects of technical knowing in the primary technology classroom were explored. The findings suggest that the previous categories of technical knowing could be used in different ways. In relation

to the evaluation of technical solutions, technical knowing was identified and specified in terms of:

- Realizing the function of representation as a sketch and as a model
- Relating the sketch to the model
- Choosing materials based on functional properties
- Building stable structures
- Adding components related to secondary functions

Concerning the construction of technical solutions, students' actions in relation to processing and joining materials were frequently observed in the video material. The identified categories of technical knowing were:

- Selecting and using tools for cutting different materials
- Making permanent joints in different materials
- Making permanent joints related to the size of the contact surface
- Making flexible joints

These categories of technical knowing were understood as less complex than those identified in the study focusing on the construction of a linkage mechanism. Therefore, the former categories could not be used to specify technical knowing in the technology lessons. Instead, these categories were added to the previously identified categories concerning the construction of technical solutions.

Discussion

In this thesis, I have developed and described meanings of technical knowing in relation to two specific objects of learning in primary technology education. Students' expressed knowings embedded in actions have been studied systematically and iteratively in the classroom practice. The phenomenographic analysis resulted in categories describing technical knowing and aspects to discern in order to grasp the specific learning objects concerning technical solutions. These categories, which are logically related to each other, describe different qualities of knowing in terms of complexity. The detailed descriptions of knowing related to specific objects of learning concerning the evaluation as well as the construction of technical solutions are contributions to the research field of primary technology education. The understanding of the two objects of learning has also been developed by studying its formation in the Learning study process, as well as students' expressions of learning difficulties in the teaching setting.

Furthermore, contributions in terms of method are the use of phenomenography in the Learning study setting to identify critical aspects, as well as the phenomenographic analysis of students' non-verbal actions.

The identified categories and aspects to discern in order to develop specific technical knowing can be used by teachers in their teaching practice, though the findings relate to specific groups of students, teachers and teaching contexts. The findings can be used by teachers as a resource and for guidance when teaching this particular content to other groups of students (Kullberg 2010; Runesson & Gustafsson 2012). A conclusion is that technical knowing cannot be studied in general since it always concerns specific objects of learning. However, by studying knowing of specific objects of learning by a specific group of students, knowledge is generated concerning knowing in a more general sense. This kind of knowledge can be used as tools by teachers when identifying and analysing technical knowing related to other technical content in the technology classroom. I believe that these initial tools are important contributions to the development of the teachers' body of professional knowledge concerning primary technology education.

Litteraturförteckning

- Adamson, Bob & Walker, Elizabeth (2011). Messy collaboration: learning from a Learning study. *Teaching and Teacher Education*, 27(1), 29-36.
- Ahlstrand, Pernilla (2014). *Att kunna lyssna med kroppen: En studie av gestaltande förmåga inom gymnasieskolans estetiska program, inriktning teater*. Doktorsavhandling. Stockholm: Stockholms Universitet.
- Alexandersson, Mikael (1994). Focusing teacher consciousness: what do teachers direct their consciousness towards during their teaching? I: I. Carlgren, G. Handal & S. Vaage (Red.), *Teachers' minds and actions: Research on teachers' thinking and practice*, 139-149. London: The Falmer Press.
- Andersson, Björn, Svensson, Maria & Zetterqvist, Ann (2008). Några uppgifter som belyser elevers uppfattningar om vad som är teknik. *NorDiNa*, 4(2), 168-176.
- Andrée, Maria (2007). *Den levda läroplanen: En studie av naturorienterande undervisningspraktiker i grundskolan*. Doktorsavhandling. Lärarhögskolan i Stockholm: HLS Förlag.
- Anning, Angelica (1994). Dilemmas and opportunities of a new curriculum: design and technology with young children. *International Journal of Technology and Design Education*, 4(2), 155-177.
- Aristoteles (2012). *Den nikomachiska etiken*. (3. uppl.) Göteborg: Daidalos.
- Axell, Cecilia (2015). *Barnlitteraturens tekniklandskap: En didaktisk vandring från Nils Holgersson till Pettson och Findus*. Doktorsavhandling. Linköping: Linköpings Universitet, Norrköping.
- Barlex, David (2007). Creativity in school design & technology in England: a discussion of influences. *International Journal of Technology and Design Education*, 17(2), 149-162.
- Barlex, David (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), 9-18.
- Bjurulf, Veronica (2008). *Teknikämnets gestaltningar: En studie av lärares arbete med skolämnet teknik*. Doktorsavhandling. Karlstad: Karlstads universitet.
- Björck, Henrik (2009). Teknik och bildning i begreppshistorisk belysning. I: Å. Ingerman, K. Wagner & A-S. Axelsson (Red.), 16-25. *På spaning efter teknisk bildning*. Stockholm: Liber.
- Björklund, Lars-Erik (2008). *Från novis till expert: Förtrogenhetskunskap i kognitiv och didaktisk belysning*. Doktorsavhandling. Linköping: Linköpings universitet, Norrköping.
- Blomdahl, Eva (2007). *Teknik i skolan: En studie av teknikundervisning för yngre skolbarn*. Doktorsavhandling. Lärarhögskolan i Stockholm: HLS Förlag.
- Blomdahl, Eva & Rogala, Witold (2008). Technology in compulsory school: Why? What? How? *Design and Technology Education: An International Journal*, 13(1), 19-28.
- Bogdan, Robert C. & Biklen, S. K. (2006). *Qualitative research for education: An introduction to theories and models*. 5th Edition. Boston: Pearson.

- Broman, Anders, Frohagen Jenny & Wemmenhag, Janice (2013). Vad kan man när man kan tillverka ett uttryck i slöjdföremål? *Forskning om undervisning och lärande*, 10, 6-28.
- Brown, Ann L. (1992). Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Bulterman-Bos, Jacquelin A. (2008). Will a clinical approach make education research more relevant for practice? *Educational Researcher*, 37(7), 412-420.
- Bungum, Berit (2006). Transferring and transforming technology education: a study of Norwegian teachers' perceptions of ideas from design and technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 16(1), 31-52.
- Carlgren, Ingrid (2005). Om nödvändigheten av ett kunskapsobjekt för ett kunskapsproducerande utvecklingsarbete. I: *Forskning av denna världen 2: Om teorins roll i praxisnära forskning*, 123-137. Stockholm: Vetenskapsrådet.
- Carlgren, Ingrid (2007). The content of schooling: from knowledge and subject matter to knowledge formation and subject specific ways of knowing. I: E. Forsberg, *Curriculum theory revisited*. Studies in Educational Policy and Educational Philosophy: Research Reports 2007:10. Uppsala University.
- Carlgren, Ingrid (2009a). Kunskapssynen i 90-talets läroplanskonstruktion. I: I. Carlgren, E. Forsberg & V. Lindberg. *Perspektiv på den svenska skolans kunskapsdiskussion*. Stockholm: Stockholms universitets förlag.
- Carlgren, Ingrid (2009b). Lärarna i kunskapssamhället – flexibla kunskapsarbetare eller professionella yrkesutövare? I: S. Eklund (Red.), *Den forskande läraren – med ansvar för yrkets kunskapsbildning*. *Forskning om undervisning och lärande*, 2, 8-24.
- Carlgren, Ingrid (2011). Kunnande – kunskap - kunnighet. I: L. Lindström, V. Lindberg & A. Pettersson (Red.), *Pedagogisk bedömning: Att dokumentera, bedöma och utveckla kunskap*. Stockholm: Stockholms universitets förlag. Andra, uppdaterade upplagan.
- Carlgren, Ingrid (2012a). Kunskap för bildning? I: T. Englund, E. Forsberg & D. Sundberg (Red.), *Vad räknas som kunskap? Läroplansteoretiska utsikter och inblickar i lärarutbildning och skola*, 118-139. Stockholm: Liber.
- Carlgren, Ingrid (2012b). The learning study as an approach for “clinical” subject matter didactic research. *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 1(2), 126-139.
- Carlgren, Ingrid (2015). *Kunskapskulturer och undervisningspraktiker*. Göteborg: Daidalos.
- Carlgren, Ingrid, Ahlstrand, Pernilla, Björkholm, Eva & Nyberg, Gunn (2015). The meaning of knowing what is to be known. *Éducation & Didactique*, 9(1), 143-159.
- Carlgren, Ingrid & Marton, Ference (2000). *Lärare av i morgon*. Stockholm: Lärarförbundets förlag.
- Chatoney, Marjolaine (2008). Contemplation and use of technical aids in primary school. I: J. Ginestíe (Ed.). *The cultural transmission of artefacts, skills and knowledge: Eleven studies in technology education in France*, 125-147. Rotterdam: Sense Publishers.
- Chatoney, Marjolaine (2009). Making a plan, making choices and showing whether or not they are successful: Simple gestures for learning something other than techniques. Paper presenterat vid CRIPT, 7th International Primary Design & Technology Conference. Birmingham, June, 26-30.
- Chatoney, M., Delserieys, A. & Martin, P. (2013). Early year's activity in sciences and technology education in France: analysis of the design of artifact. I: J. Wil-

- liams & D. Gedera (Eds.), PATT 27, Technology Education for the Future: A Play on Sustainability, 2-6 December, Christchurch, New Zealand, University of Waikato, 90-99.
- Coles, Rhoda & Norman, Eddie (2005). An exploration of the role values plays in design decision-making. *International Journal of Technology and Design Education*, 15(2), 155-171.
- Collins, Allan (1992). Towards a design science of education. I: E. Scanton & T. D. O'Shea (Eds.), *New directions in educational technology*. Berlin: Springer.
- Collins, Allan, Joseph, Diana & Bielaczyc, Katerine (2004). Design research: theoretical and methodological issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.
- Compton, Vicki J. & Compton, Ange D. (2013a). Teaching the nature of technology: determining and supporting student learning of the philosophy of technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(2), 229-256.
- Compton, Vicki J. & Compton, Ange D. (2013b). Teaching technological knowledge: determining and supporting student learning of technological concepts. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(3), 637-674.
- Cropley, David & Cropley, Arthur (2010). Recognizing and fostering creativity in technological design education. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(3), 345-358.
- Dakers, John R. (2005). Technology education as a solo activity or socially constructed learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 15(1), 73-89.
- Dakers, John R. (2006) (Ed.) *Defining technological literacy: Towards an epistemological framework*. New York: Palgrave Macmillan.
- Davis, Robert S., Ginns, Ian S. & McRobbie, Campbell J. (2002). Elementary school students' understandings of technology concepts. *Journal of Technology Education*, 14(1), 35-50.
- De Vries, Marc J. (2003). The nature of technological knowledge: extending empirically informed studies into what engineers know. *Techné: Research in Philosophy and Technology*, 6(3), 1-12.
- De Vries, Marc J. (2005a). The nature of technological knowledge: philosophical reflections and educational consequences. *International Journal of Technology and Design Education*, 15(2), 149-154.
- De Vries, Marc J. (2005b). *Teaching about technology: An introduction to the philosophy of technology for non-philosophers*. Dordrecht: Springer.
- De Vries, Marc J. (2008). Gilbert Simondon and the dual nature of technical artifacts. *Techné*, 12(1). Från <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/SPT/v12n1/>
- Dewey, John & Bentley, Arthur F. (1949/1960). *Knowing and the known*. Boston: Beacon Press.
- DiGironimo, Nicole (2011). What is technology?: investigating student conceptions about the nature of technology. *International Journal of Science Education*, 33(10), 1337-1352.
- Dorner, Peter (1994). *The art of the maker*. London: Thames and Hudson Ltd.
- Drain, Michael (2010). Justification of the dual-phase project-based approach in primary school technology unit. *Design and Technology Education: An International Journal*, 15(1), 7-14.
- Ellis, Viv (2007). Talking subject knowledge seriously: from professional knowledge recipes to complex conceptualizations of teacher development. *The Curriculum Journal*, 18(4), 447-462.

- Esjeholm, Björn-Tore & Bungum, Berit (2013). Design knowledge and teacher-student interactions in an inventive construction task. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(3), 675-689.
- Faulkner, Wendy (1994). Knowledge used in innovation: a second look at the science-technology distinction and industrial innovation. *Science, Technology & Human Values*, 19(4), 425-458.
- Fernandez, Clea, Cannon, Joanna, & Chokshi, Sonal (2003). A US-Japan lesson study collaboration reveals critical lenses for examining practice. *Teaching and Teacher Education* 19(2), 171-185.
- Fleer, Marilyn (2000). Working technologically: investigations into how young children design and make during technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 10(1), 43-59.
- Gardner, Paul L. (1997). The roots of technology and science: a philosophical and historical view. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(1), 13-20.
- Gerholm, Tor-Ragnar (1978). Teknikens reifikation. I: P. Sörbom (Red.), *Attityder till tekniken*, 127-133. Riksbankens Jubileumsfond och Ingenjörsvetenskapsakademien. Stockholm: Norstedts.
- Gibson, Ken (2008). Technology and technological knowledge: a challenge for school curricula. *Teachers and teaching: Theory and Practice*, 14(1), 3-15.
- Gibson, Kenneth (2009). Technology and design, at Key stage 3, within the Northern Ireland curriculum: teachers' perceptions. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(1), 37-54.
- Ginestie, Jacques (2002). The industrial project method in French industry and in French schools. *International Journal of Technology and Design Education*, 12(2), 99-122.
- Good, Keith & Järvinen, Esa-Matti (2007). An examination of the starting point approach to design and technology. *Journal of Technology Studies*, 33(2), 99-107.
- Gustafson, Brenda J., Rowell, Patricia M. & Guilbert, Sandra M. (2000). Elementary children's awareness of strategies for testing structural strength: a three year study. *Journal of Technology Education*, 11(2), 5-22.
- Gustafson Brenda J., Rowell, Patricia M. & Rose, Dawn P. (1999). Elementary children's' conceptions of structural stability: a three year study. *Journal of Technology Education*, 11(1), 27-44.
- Hagberg, Jan-Erik (2009). Att läsa teknikens rum och landskap. I: J. Hallström & P. Gyberg (Red.), *Världens gång- teknikens utveckling: Om samspelet mellan teknik, människa och samhälle*, 41-60. Lund: Studentlitteratur.
- Hagberg, Jan-Erik & Hultén, Magnus (2005). *Skolans undervisning och elevers lärande i teknik: Svensk forskning i internationell kontext*. Vetenskapsrådets rapportserie. Stockholm: Vetenskapsrådet.
- Hallström, Jonas (2013). "Teknisk bildning för hvar och en": framväxten av ett tekniskt kunskapsinnehåll i folkskolan. I: J. Hallström, M. Hultén & D. Lövheim (Red.), *Teknik som kunskapsinnehåll i svensk skola 1842-2010*, 103-146. Möklinta: Gidlunds förlag.
- Hallström, Jonas, Hultén, Magnus & Lövheim, Daniel (2013). Inledning: perspektiv på teknik i skolan, 1842-2010. I: J. Hallström, M. Hultén & D. Lövheim (Red.), *Teknik som kunskapsinnehåll i svensk skola 1842-2010*, 9-18. Möklinta: Gidlunds förlag.
- Hansen, Ronald & Froelich, Maaike (1994). Defining technology and technological education: a crisis, or cause for celebration? *International Journal of Technology and Design Education*, 4(2), 179-207.

- Hansson, Sven Ove (2007). What is technological science? *Studies in History and Philosophy of Science*, 38(3), 523-527.
- Hartell, Eva (2013). Looking for a glimpse in the eye. I: I-B. Skogh & M. de Vries (Eds.), *Technology teachers as researchers: Philosophical and empirical technology education studies in the Swedish TUFF research school*, 255-283. Rotterdam: Sense.
- Heath, Christian, Hindmarsh, Jon & Luff, Paul (2010). *Video in qualitative research: Analyzing social interaction in everyday life*. Los Angeles: SAGE.
- Helsing, Lennart (2010). *Krakel Spektakel-boken*. ([Ny, revid. och utök. uppl.]). Stockholm: Rabén & Sjögren.
- Hiebert, James, Gallimore, Ronald & Stigler, James W. (2002). A knowledge base for the teaching profession: what would it look like and how can we get one? *Educational Researcher*, 31(5), 3-15.
- Hill, Ann Marie (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.
- Hill, Ann Marie & Anning, Angelica (2001). Comparisons and contrasts between elementary/primary “school situated design” and “workplace design” in Canada and England. *International Journal of Technology and Design Education*, 11(2), 111-136.
- Hirst, Paul (1974). *Knowledge and the curriculum: A collection of philosophical papers*. London: Routledge and KeganPaul.
- Holmqvist, Mona (2011). Teachers’ learning in a learning study. *Instructional Science*, 39(4), 497-511.
- HSFR (1996). *Etik: God praxis vid forskning med video*. Humanistisk-Samhällsvetenskapliga Forskningsrådets Etikkommitté. Stockholm.
- Hultén, Magnus (2013). I naturvetenskapernas skugga: tekniktema i 1800-talets läromedel i naturlära. I: J. Hallström, M. Hultén & D. Lövheim (Red.), *Teknik som kunskapsinnehåll i svensk skola 1842-2010*, 21-54. Möklinta: Gidlunds förlag.
- Ingerman, Åke, Wagner, Karin & Axelsson, Ann-Sofie (Red.) (2009). *På spaning efter teknisk bildning*. Stockholm: Liber.
- ITEA, International Technology Education Association. (2000/2002/2007). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. Reston, VA.
- Janik, Allan (1996). *Kunskapsbegreppet i praktisk filosofi*. Eslöv: B. Östlings bokförl. Symposion.
- Johnsey, Robert (1995). The design process – does it exist?: a critical review of published models for the design process in England and Wales. *International Journal of Technology and Design Education*, 5(3), 199-217.
- Jones, Alister (2009a). Towards an articulation of students making progress in learning technological concepts and matters. I: A.T. Jones & M. J. de Vries (Eds.), *International Handbook of Research and Development in Technology Education*, 407-417. Rotterdam: Sense Publishers.
- Jones, Alister (2009b). Looking back to look forward: the future of technology education. I: A.T. Jones & M. J. de Vries (Eds.), *International Handbook of Research and Development in Technology Education*, 685-692. Rotterdam: Sense Publishers.
- Jones, Alister, Bunting, Cathy & de Vries, Marc J. (2013). The developing field of technology education: a review to look forward. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(2), 191-212.

- Jones, Alister & Compton, Vicki (1998). Towards a model for teacher development in technology education: from research to practice. *International Journal of Technology and Design Education*, 8(1), 51-65.
- Jones, Alister & Moreland, Judy (2003). Developing classroom-focused research in technology education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 3(1), 51-66.
- Jones, Alister & Moreland, Judy (2004). Enhancing practicing primary school teachers' pedagogical content knowledge in technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 14(2), 121-140.
- Kilbrink, Nina, Bjurulf, Veronica, Blomberg, Ingela, Heidkamp Anja & Hollsten, Ann-Christin (2014). Learning a specific content in technology education: Learning Study as collaborative method in Swedish preschool class using hands-on material. *International Journal of Technology & Design Education*. 4(3) 241–259.
- Kimbell, Richard (2005). Assessing design innovation. I: L. Lindström (Ed). *Technology education in new perspectives*, 17-35. Stockholm Library of Curriculum Studies 14. Stockholm: HLS Förlag.
- Kimbell, Richard & Stables, Kay (2007). *Researching design learning: Issues and findings from two decades of research and development* (Vol. 34). Springer Science & Business Media.
- Klasander, Claes (2010). *Talet om tekniska system: Förväntningar, traditioner och skolverkligheter*. Doktorsavhandling. Linköping: Linköpings universitet, Norrköping.
- Kline, Stephen J. (1985). What is technology. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 1, 215-218.
- Knutagård, Hans (2002). *Introduktion till verksamhetsteori*. Lund: Studentlitteratur.
- Korthagen, Fred A. J. (2007). The gap between research and practice revisited. *Educational Research and Evaluation: An International Journal on Theory and Practice*, 13(3), 303-310.
- Koski, Marja-Ilona & de Vries, Marc (2013). An exploratory study on how primary pupils approach systems. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(4), 835-848.
- Kroes, Peter (2002). Design methodology and the nature of the technical artefacts. *Design Studies*, 23(3), 287–302.
- Kullberg, Angelika (2010). *What is taught and what is learned: Professional insights gained and shared by teachers of mathematics*. Doktorsavhandling. Göteborg: Göteborgs universitet.
- Kullberg, Angelika (2012). Students' open dimensions of variation. *International Journal of Lesson and Learning Studies*, 1(2), 168-181.
- Kvale, Steinar (1997). *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Lund: Studentlitteratur.
- Landqvist, Jan (2001). *Vilda idéer och djuplodande analys: Om designmetodikens grunder*. (2. uppl.) Stockholm: Institutionen för industridesign, Konstfack.
- Layton, Edwin (1971). Mirror-image twins: the communities of science and technology in the 19th –century America. *Technology and Culture*, 12(4), 562-580.
- Lewis, Catherine (2000). Lesson Study: The core of Japanese professional development invited address to the special interest group on research in mathematics education American educational research association meetings, New Orleans, April.
- Lewis, Theodore (2009). Creativity in technology education: providing children with glimpses of their inventive potential. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(3), 255-268.
- Liedman, Sven-Eric (2001). *Ett oändligt äventyr*. Stockholm: Bonniers förlag.

- Lindberg, Viveca (2010). Skolans kunskapsinnehåll i ljuset av elevers uppgifter – exemplet matematik. I: I. Eriksson, V. Lindberg & E. Österlind (Red.), *Uppdrag undervisning: Kunskap och lärande*, 109-123. Lund: Studentlitteratur.
- Lindqvist, Svante (1987). Vad är teknik? I: B. Sundin (Red.), *I teknikens backspegel: Antologi i teknikhistoria*. Stockholm: Carlsson.
- Lo, Mun Ling (2012). *Variation theory and the improvement of teaching and learning*. Doktorsavhandling. Göteborg: Göteborgs universitet.
- Lo, Mun Ling, Chik, Pakey & Pang, Ming Fai (2006). Patterns of variation in teaching the colour of light to Primary 3 students. *Instructional Science*, 34(1), 1-19.
- Lo, Mun Ling, Marton, Ference (2012). Towards a science of the art of teaching. *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 1(1), 7-22.
- Lo, Mun Ling, Marton, Ference, Pang, Ming Fai & Pong, Wing Yan (2004). Toward a pedagogy of learning. I: F. Marton & A. B. M. Tsui (Eds.), *Classroom discourse and the space of learning*, 189-225. Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum.
- Lövheim, Daniel (2013). Teknikens gränser: formering och positionering av grundskolans teknikämne 1975-2010. I: J. Hallström, M. Hultén & D. Lövheim (Red.), *Teknik som kunskapsinnehåll i svensk skola 1842-2010*, 215-250. Möklinta: Gidlunds förlag.
- MacDonald, Dougal, Gustafson, Brenda J. & Gentilini, Shannon (2007). Enhancing children's drawing in design technology planning and making. *Research in Science & Technological Education*, 25(1), 59-75.
- Marton, Ference (1981). Phenomenography – describing conceptions of the world around us. *Instructional Science*, 10(2), 177-200.
- Marton, Ference (1994). Phenomenography. I: T. Husén & T. N. Postlethwaite (Eds.), *The International Encyclopedia of Education 2 ed.*, 4424-4429. Oxford: Pergamon Press.
- Marton, Ference (1995). Cognosco ergo sum: reflections on reflections. *Nordisk Pedagogik*, 15(3), 165-180.
- Marton, Ference (2005). Om praxisnära grundforskning. I: *Forskning av denna världen II – om teorins roll i praxisnära forskning*, 105-122. Stockholm: Vetenskapsrådet.
- Marton, Ference (2014). *Necessary conditions of learning*. New York: Routledge.
- Marton, Ference & Booth, Shirley (1997). *Learning and awareness*. Mahwah; N. J.: Lawrence Erlbaum.
- Marton, Ference & Lo, Mun Ling (2007). Learning from “the Learning Study”. *Tidskrift för lärarutbildning och forskning*, 1, 31-46.
- Marton, Ference & Pang, Ming Fai (2006). On some necessary conditions of learning. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 193-220.
- Marton, Ference & Pong, Wing Yan (2005). On the unit of description in phenomenography. *Higher Education Research & Development*, 24(4), 335-348.
- Marton, Ference, Runesson, Ulla & Tsui, Amy B. M. (2004). The space of learning. I: F. Marton & A. B. M. Tsui (Eds.), *Classroom discourse and the space of learning*, 3-40. Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum.
- Mawson, Brent (2007). Factors affecting learning in technology in the early years at school. *International Journal of Technology and Design Education*, 17(3), 253-269.
- McCormick, Robert (1997). Conceptual and procedural knowledge. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(1-2), 141-159.
- McCormick, Robert (2004). Issues of learning and knowledge in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 14(1), 21-44.

- McCormick, Robert (2009). Learning and teaching: an introduction. I: A. T. Jones & M. J. de Vries (Eds.), *International handbook of research and development in technology education*, 363-371. Rotterdam: Sense.
- Middleton, Howard (2005). Creative thinking, values and design and technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 15(1), 61-71.
- Mitcham, Carl (1994). *Thinking through technology*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Molander, Bengt (1996). *Kunskap i handling*. Göteborg: Daidalos.
- Nielsen, Anne Maj (2003). Laering og udtryksformer. I H. Rønholt, S.-E. Holgersen, K. Fink-Jensen & A. M. Nielsen, *Video i pædagogisk forskning: Krop og udtryk i bevaegelse*, 154-200. Köpenhamn: Forlaget Hovedland, Københavns universitet.
- Norström, Per (2011). Technological know-how from rules of thumb. *Techné*, 5(2), 96-109.
- Norström, Per (2014). *Technological knowledge and technology education*. Doktorsavhandling. Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan.
- Nuthall, Graham (2004). Relating classroom teaching to student learning: a critical analysis of why research has failed to bridge the theory-practice gap. *Harvard Educational Review*, 74(3), 273-306.
- Nyberg, Gunn & Carlgren, Ingrid (2014). Exploring capability to move: somatic grasping of house-hopping. *Physical Education and Sport Pedagogy*, (public-erad online) DOI:10.1080/17408989.2014.882893
- Oboho, E. O., & Bolton, N. (1991). Matching students' technological thinking with the demands of a technological curriculum. *International Journal of Technology and Design Education*, 4(2), 54-61.
- Pang, Ming Fai (2003). Two faces of variation: on continuity in the phenomenographic movement. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 47(2), 145-156.
- Pang, Ming Fai & Lo, Mun Ling (2012). Learning study: helping teachers to use theory, develop professionally, and produce new knowledge to be shared. *Instructional Science*, 40(3), 589-606.
- Pang, Ming Fai & Marton, Ference (2003). Beyond "lesson study": comparing two ways of facilitating the grasp of some economic concepts. *Instructional Science*, 31(3), 175-194.
- Pang, Ming Fai & Marton, Ference (2005). Learning theory as a teaching resource: enhancing students' understanding of economic concepts. *Instructional Science*, 33(2), 159-191.
- Parkinson, Eric (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.
- Parkinson, Eric (2007). Practical modeling and hypothesis testing in primary design and technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 17(3), 233-251.
- Polanyi, Michael (1967). *The tacit dimension*. London: Routledge.
- Rasinen, Aki (2003). An analysis of the technology education curriculum of six countries. *Journal of Technology Education*, 15(1), 31-47.
- Rennie, Léonie J. (2001). Teacher collaboration in curriculum change: the implementation of technology education in the primary school. *Research in Science Education*, 31(1), 49-69.

- Rogers, Geoff & Wallace, John (2000). The wheels of the bus: children designing in an early years classroom. *Research in Science & Technological Education*, 18(1), 127-136.
- Ropohl, Günther (1997). Knowledge types in technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(1-2), 65-72.
- Roth, Wolff-Michael (1995). From “wiggly structures” to “unshaky towers”: problem framing, solution finding, and negotiation of course of actions during a civil engineering unit for elementary students. *Research in Science Education* 25(4) 365–382.
- Roth, Wolff-Michael (1996). Learning to talk engineering design: results from an interpretive study in a grade 4/5 classroom. *International Journal of Technology and Design Education*, 6(2), 107-135.
- Roth, Wolff-Michael (1998). *Design communities*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Rowell, Patricia M. (2004). Developing technological stance: children’s learning in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 14(1), 45-59.
- Runesson, Ulla (2005). Beyond discourse and interaction. Variation: a critical aspect for teaching and learning mathematics. *Cambridge Journal of Education*, 35(1), 69-87.
- Runesson, Ulla (2008). Learning to design for learning: the potential of Learning Study to enhance teachers’ and students’ learning. I: P. Sullivan and T. Wood (Eds.), *Knowledge and beliefs in mathematics teaching and teaching development*, 153-172. Rotterdam: Sense Publishers.
- Runesson, Ulla (2011). Lärares kunskapsarbete: exemplet learning study. I: E. Forsberg (Red.), *Lärare som praktiker och forskare: om praxisnära forskningsmodeller*. *Forskning om undervisning och lärande* 5, 7-17.
- Runesson, Ulla & Gustafsson, Gerd (2012). Sharing and developing knowledge products from Learning Study. *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 1(3), 245-260.
- Ryle, Gilbert (1949/1966). *The concept of mind*. Aylesbury: Penguin books.
- Rønholt, Helle, Holgersen, Sven-Erik, Fink-Jensen, Kirsten & Nielsen Anne Maj. (2003). *Video i pædagogisk forskning: Krop og udtryk i bevægelse*. København: Forlaget Hovedland, Københavns universitet.
- Saugstad, Tone (2002). Educational theory and practice in an Aristotelian perspective. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 46(4), 373-390.
- Schatzberg, Eric (2006). Technik comes to America: changing meanings for technology before 1930. *Technology and Culture*, 47(3), 486-512.
- Schön, Donald A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Sherman, T. M., Sanders, M. & Kwon, H. (2010). Teaching in middle school technology education: a review of recent practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(4), 367-379.
- Simondon, George (1958). *On the mode of existence of technical objects*. Paris: Aubier, Editions Montaigne.
- Siraj-Blatchford, John & MacLeod-Brudenell, Iain (1999). *Supporting science, design and technology in the early years*. Buckingham: Open university press.
- Sjøberg, Svein (2000). *Naturvetenskap som allmänbildning: En kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.
- Skogh, Inga-Britt (2001). *Teknikens värld – flickors värld: En studie av yngre flickors möte med teknik i hem och skola*. Doktorsavhandling. Lärarhögskolan i Stockholm: HLS Förlag.

- Skolinspektionen (2014). *Teknik – gör det osynliga synligt: Om kvaliteten i grundskolans teknikundervisning*. Skolinspektionens rapport 2014:04. Stockholm.
- Skolverket (2011a). *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet*. Stockholm: Fritzes.
- Skolverket (2011b). *Kommentarmaterial till kursplanen i teknik*. Stockholm: Fritzes.
- Skolverket (2014). Redovisning av uppdrag om hur stor del av undervisningen som bedrivs av behöriga lärare. Redovisning av regeringsuppdrag. Dnr 2014:00624. www.skolverket.se
- Solomon, Joan & Hall, Sue (1996). An inquiry into progression in primary technology: a role for teaching. *International Journal of Technology and Design Education*, 6(3), 263-282.
- SOU 1992:94. *Skola för bildning: Huvudbetänkande av Läroplanskommittén*. Stockholm: Norstedts tryckeri.
- Staudenmaier, John (1985). *Technology's storytellers: Reweaving the human fabric*. Cambridge, Massachusetts: Society for the history of technology and the M.I.T. Press.
- Stein, Sarah J., Ginns, Ian S. & McDonald, Christine V. (2007). Teachers learning about technology and technology education: insights from a professional development experience. *International Journal of Technology and Design Education*, 17(2), 179-195.
- Stevenson, John (2004). Developing technological knowledge. *International Journal of Technology and Design Education*, 14(1), 5-9.
- Stigler, James W. & Hiebert, James (1999). *The teaching gap*. New York: Free Press.
- Stiles, William B. (2009). Logical operations in theory-building case studies. *Pragmatic Case Studies in Psychotherapy*, 5(3), 9-22.
- Svensson, Maria (2011). Tekniska system i grundskolan: kritiska aspekter som didaktisk möjlighet. *NorDiNa*, 7(2), 111-125.
- Svensson, Maria & Ingerman, Åke (2010). Discerning technological systems related to everyday objects: mapping the variation in pupils' experience. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(3), 255-275.
- Svensson, Maria, Zetterqvist, Ann & Ingerman, Åke (2012). On young people's experience of systems in technology. *Design and Technology Education: An International Journal*, 17(1), 66-77.
- Teknikföretagen (2005). *Alla barn har rätt till teknikundervisning! – En rapport om teknikämnet i dagens grundskola*. Stockholm: Teknikföretagen.
- Teknikföretagen & CETIS (2012). *Teknikämnet i träda: Teknikföretagens och CETIS rapport om teknikundervisningen i grundskolan*. Stockholm: Teknikföretagen.
- Tempte, Thomas (1997). *Lilla arbetets ära: Om hantverk, arbete, några rekonstruerade verktyg och maskiner*. Stockholm: Carlsson Bokförlag.
- Twyford, John & Järvinen, Esa-Matti (2000). The formation of children's technological concepts: a study of what it means to do technology from a child's perspective. *Journal of Technology Education*, 12(1), 32-48.
- Van Eijck, Michiel & Claxton, Nicholas X. (2008). Rethinking the notion of technology in education: techno-epistemology as a feature inherent to human praxis. *Science Education*, 93(2), 218-232.
- Vetenskapsrådet (2002). *Forskningssetiska principer inom humanistisk-samhällsvetenskaplig forskning*. Stockholm.
- Vikström, Anna, Billström, Anna, Fazeli, Parviz, Holm, Monica, Jonsson, Kerstin, Karlsson, Gunilla & Rydström, Peter (2013). *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 2(1), 26-40.

- Vincenti, Walter (1991). *What engineers know and how they know it: Analytical studies form the aeronautical history*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Webster, Alistair, Campbell, Carol & Jane, Beverley (2006). Enhancing the creative process for learning in primary technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 16(3), 221-235.
- Wernberg, Anna (2009). *Lärandets objekt: Vad elever förväntas lära sig, vad görs möjligt för dem att lära och vad de faktiskt lär sig under lektionerna*. Doktorsavhandling. Umeå: Umeå Universitet.
- Wessén, Elias (2002). *Våra ord, kortfattad etymologisk ordbok*. Stockholm: Norstedts Ordbok.

Bilaga 1: Information till vårdnadshavare samt fullmaktsblankett

Till föräldrar i klass x på X-skolan

Hej!

Jag heter Eva Björkholm och är forskarstuderande på Stockholms Universitet. I mitt avhandlingsarbete intresserar jag mig för undervisningen i teknik i de tidiga skolåren. Jag är intresserad av innehållet i undervisningen och hur undervisningen kan utformas så att den främjar lärandet i teknik. Under denna termin kommer jag, inom ramen för mitt avhandlingsarbete, att genomföra en studie tillsammans med A och B [lärarnas namn, min anmärkn.] på X-skolan med syftet att utveckla undervisning och lärande i teknik. Vi kommer att genomföra olika aktiviteter i klassen som fokuserar på ett visst innehåll i teknikämnet. För att dokumentera detta arbete kommer jag att använda videofilmning och ljudupptagning. Jag kommer även att samla in material som t.ex. arbetsblad eller liknande. Jag vill särskilt betona att forskningsfokus inte ligger på enskilda individer utan på övergripande aspekter när det gäller undervisning och lärande.

Resultatet kommer att presenteras i en doktorsavhandling, där kommer inga foton eller filmsekvenser att förekomma och alla deltagares namn kommer att vara oidentifierade. Under min forskarutbildning skulle jag dock uppskatta att få använda utvalda filmsekvenser vid seminarier för att t.ex. diskutera möjliga analysresultat. I ett vidare utbildningssyfte vore det även önskvärt att vid något enstaka tillfälle få visa några korta filmsekvenser på skolan, universitet eller på en konferens. För övrigt kommer personuppgifter och andra uppgifter som möjliggör identifiering att behandlas konfidentiellt och under tystnadsplikt i enlighet med personuppgiftslagen.

Jag lovar att projektet kommer att genomföras i enlighet med Vetenskapsrådets forskningsetiska principer för humanistisk-samhällsvetenskaplig forskning. Alla originaldokument (filmer, ljudinspelningar, pappersdokument) och arbetskopior kommer att förvaras oåtkomliga för obehöriga. Medverkan i studien är frivillig och deltagarna kan när som helst under projektet avbryta sin medverkan.

Hör gärna av er via mail eller telefon om ni har några frågor. På nästa sida finns en fullmakt som jag ber er skriva på och lämna till klassläraren så snart som möjligt.

Vänliga hälsningar

Eva Björkholm

E-post: evabjork@kth.se

Tel: 070-361 3745

Fullmakt

Denna fullmakt avser tillstånd för Eva Björkholm att använda video- och ljudinspelning för att dokumentera aktiviteter i klassen där ditt barn medverkar samt tillstånd att använda materialet för den ovan beskrivna forskningen och utbildningssyfte. Kryssa för ett av nedanstående alternativ och skriv under.

Elevens namn:

- Jag ger mitt medgivande till elevens medverkan i forskningsprojektet
- Jag ger inte mitt medgivande till elevens medverkan i forskningsprojektet

Datum: _____

Underskrift av målsman:

Lämnas till klassläraren så snart som möjligt

Tack!