

Eva Björkholm är doktorand i utbildningsvetenskap med inriktning mot praktiska kunskapsstraditioner vid Centrum för de humanistiska ämnenas didaktik, Stockholms Universitet. Hon är adjunkt vid Skolan för teknikvetenskaplig kommunikation och lärande vid KTH och undervisar i teknik och teknikedaktik i förskolläro- och grundläroutbildningen. Hon har en bakgrund som grundskollärare åk 1–7 med inriktning mot matematik, naturvetenskap och teknik.

EVA BJÖRKHOLM

Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholms Universitet
evabjork@kth.se

Teknik i de tidiga skolåren – om vad det innebär att kunna konstruera en länkmekanism

Abstract

This study within primary technology education aims at exploring the capability to construct a specific linkage mechanism. The study reported was integrated in a Learning study, a kind of design experiment inspired by the Japanese Lesson Study, and was carried out in collaboration with two primary school teachers and their two classes, a preschool class and a grade one class. The study reports on the analysis of the video-recorded pre- and post-test. The tests were analysed phenomenographically resulting in four categories describing qualitatively different ways of experiencing the object of learning. The categories were then analysed in terms of critical aspects, describing aspects necessary to discern for this group of students in order to learn how to construct a linkage mechanism. The result indicates the importance of discerning the two joints and their different characteristics in terms of a fixed and a moving joint as well as the placement of the moving joint in relation to the resulting movement.

INLEDNING

I teknikämnetts undervisningspraktik är konstruktionsarbete med mekanismer vanligt förekommande, något som även är synligt i läromedel (Norkvist & Powell, 1997; Sjöberg, 2012). I ämnetts kursplan (Skolverket, 2011) utgör dessutom mekanismer ett centralt innehåll genom hela grundskolan, i lågstadiet benämns innehållet *enkla mekanismer*. Eleverna skall enligt styrdokumentet kunna identifiera och analysera mekanismer i befintlig teknik och även kunna utföra egna konstruktioner som innehåller mekanismer.

Mekaniska anordningar har sedan länge utnyttjats av människan för att vinna kraft eller åstadkomma och överföra rörelser av olika slag (Sundin, 2006). I befintliga föremål är de mekaniska delarna ofta väl synliga i sin uppbyggnad, vilka därigenom blir möjliga att både undersöka och förstå, till skillnad mot de så kallade svarta lådor innehållande elektroniska komponenter som finns i många maskiner (Sjögren, 1997). Mekanismer, som utgör ämnesinnehållet i denna studie, kan definieras som ett mekaniskt system bestående av några delar som är förbundna med varandra och samverkar i syfte att överföra och omvandla rörelse (Waldron & Kinzel, 2004). Mekanismer förändrar en ingående kraft och rörelse (input) till en önskad utgående kraft och rörelse (output). En särskild typ av mekanism

är länkmekanismen som består av länkar (en eller flera) som förbinder två eller flera komponenter så att rörelse överförs från en drivande till en resulterande rörelse (Uicker, Pennock & Shigley, 2011).

Samtidigt som mekanismer är ett vanligt förekommande innehåll i skolans teknikundervisning är forskning som fokuserar på detta kunskapsinnehåll ur ett didaktiskt perspektiv mycket begränsad. Chatoney (2009) har observerat teknikundervisning där 5-åringar konstruerade rörliga figurer, vilket visade att barnen satte ihop delarna i konstruktionen utifrån figurens utseende och uppvisade svårigheter med att fästa de delar som enbart hade en teknisk funktion på ett sätt så att rörelse skapades. Barnens förmåga att tala om sina tekniska lösningar var begränsad och Chatoney betonar lärarens avgörande roll i att stimulera och utveckla det ämnesrelaterade språket. Enligt Parkinson (1999) försvåras utvecklingen av ett tekniskt språk för skolbruk av att begrepp inom området mekanismer används på olika sätt i läromedel och lärarmaterial riktade mot yngre elever. Mot bakgrund av den tidigare forskningen framstår det därmed som angeläget att utveckla kunskap om innehållet mekanismer i grundskolans tidigare år i relation till lärarens teknikdidaktiska arbete i klassrummet.

BEHOV AV UTVECKLING AV TEKNIKUNDERVISNINGENS LÄRANDEOBJEKT

Teknikundervisningen i den svenska grundskolan har till stor del fokuserat på praktiskt arbete, ofta i en problemlösande process, där eleverna konstruerar olika artefakter. Ämnets arbetsformer har av tradition fått stå i centrum och det som eleverna skall lära sig har i liten utsträckning fokuserats (Bjurulf, 2008; Klasander, 2010). I den internationella diskussionen kring ämnet uppmärksammas likaså avsaknaden av explicita mål för elevernas lärande i teknikundervisningen (Lunt, 2011; McCormick, 2004; Siraj-Blatchford & MacLeod-Brudenell, 1999).

Frågan om hur teknisk kunskap kan förstås har börjat uppmärksammas sedan bara några få decennier tillbaka i såväl filosofiska som teknikdidaktiska sammanhang (McCormick, 2004; Mitcham, 1994). Idag finns en konsensus bland teknikfilosofer och de flesta teknikdidaktiker kring en syn på teknisk kunskap som en särskild slags kunskap, även om uppfattningar om teknik som tillämpad naturvetenskap fortfarande kvarstår (de Vries, 2003). I diskussion om den tekniska kunskapens särart lyfts såväl explicita som implicita former av kunskap fram. Teknisk kunskap beskrivs som bestående av såväl teoretisk påståendekunskap som procedural kunskap vilken innehåller tysta dimensioner och således inte kan uttryckas så enkelt i ord (de Vries, 2003; McCormick, 1997; Ropohl, 1997; Vincenti, 1990). I den tekniska praktiken har implicita erfarenhetsgrundade kunskaper som tumregler utvecklats just för att de fungerar och är användbara, utan att man därför behöver eller kan förklara detta vetenskapligt. I boken *The concept of mind* går Gilbert Ryle (1949/2009) till angrepp mot vad han kallar den intellektualistiska myten som bygger på antagandet om att mentala processer är överordnade de fysiska, handlingsmässiga processerna. Tänkandet eller teoretiserandet ses som den primära aktiviteten som åtföljs av mer eller mindre intelligenta handlingar. Enligt Ryle (1949/2009, s. 15) finns det dock många aktiviteter som varken är ett teoretiserande eller ett resultat av ett teoretiserande. Teoretiserandet är i stället en praktik, en handling bland andra som i sig själv kan vara utfört på ett mer eller mindre intelligent/skickligt sätt (Ryle, 1949/2009, s. 16). Intelligent/skicklig praktik är således inte sprungen ur teorin, istället är tanke och handling två sidor av samma sak. Detta innebär att de traditionella uppdelningarna mellan teori och praktik, tänkande och görande, mentala och fysiska förmågor upplöses. I den här studien fokuseras på förmågan att konstruera en länkmekanism, ett kunnande som tar sig uttryck i praktisk handling. En utgångspunkt, grundat på Ryle's perspektiv, är att detta kunnande betraktas som en helhet där ingen uppdelning görs mellan tanke och handling.

Lärare behöver i undervisningen skapa förutsättningar för eleverna att lära sig det som eftersträvas, i detta fall att konstruera en mekanism. Ytterligare en utgångspunkt i studien är att detta kunnande lättare kan utvecklas om eleven ges möjlighet att urskilja särskilda aspekter av lärandeobjektet (Marton & Pang, 2006; Marton & Tsui, 2004). Lärandeobjektet behöver packas upp så att det kunnande som lärandeobjektet konkret innebär kan analyseras och beskrivas (Carlgrén, 2005; Carlgrén, Ahl-

strand, Björkholm & Nyberg, under utgivning). Genom att undersöka elevers olika sätt att konstruera en länkmekanism kan aspekter identifieras som eleverna behöver urskilja för att utveckla kunnandet ifråga.

Syftet med denna artikel är att utveckla och beskriva innebörder av lärandeobjektet att konstruera en länkmekanism för att därigenom bidra till utvecklingen av teknikdidaktik för undervisning i de tidiga skolåren. Lärandeobjektet är exempel på ett praktiskt kunnande som elever skall utveckla vilket även innefattar dimensioner som inte så enkelt kan uttryckas i ord. I förlängningen syftar studien att bidra till att möjliggöra för lärare att utforma undervisning som underlättar elevers lärande av detta innehåll samt att tala om och bedöma elevers kunnande.

METODOLOGISKA ÖVERVÄGANDEN

I följande avsnitt beskrivs studiens sammanhang, dess genomförande samt metoder för datainsamling och analys.

Studiens sammanhang

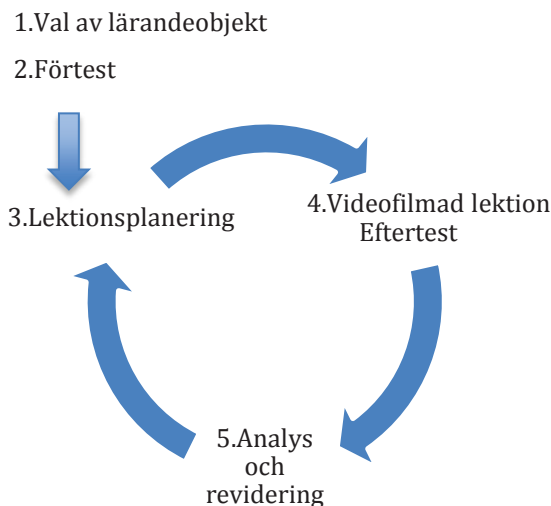
Den här studien ingår i en större forskningsstudie där *Learning Study* används som forskningsansats. Delstudiens empiriska material är hämtat från denna *Learning study*, men det är inte en *Learning study* som presenteras här. I denna delstudie fokuseras innebörder av det lärandeobjekt som också den övergripande *Learning studyn* fokuserar, det vill säga det specifika lärandeobjekt som eleverna skall utveckla kunskap om. Detta innebär att det är utforskandet av själva lärandeobjektets innebörd i termer av vad detta kunnande innebär ur elevernas perspektiv och vilka aspekter som de behöver urskilja för att utveckla kunnandet som fokuseras. I artikeln analyseras enbart data från för- och eftertest, men studiens genomförande beskrivs kortfattat för att ge läsaren en bakgrund och förståelse för det empiriska materialet¹.

Lärandeobjektet – vad det innebär att kunna detta och hur man kan möjliggöra detta lärande - är centralt i en *Learning study* (Marton & Tsui, 2004; Pang & Lo, 2012; Runesson, 2011). Lärandeobjektet utgörs av en förmåga som väljs utifrån lärares erfarenheter av något som innebär svårigheter för elever att lära (Marton & Pang, 2006). *Learning study* som forskningsansats utgår på så sätt från frågor som är centrala för lärare i undervisningen (Carlgren, 2012; Runesson, 2011). I en *Learning study* samarbetar lärararbetslag och forskare i en process bestående av cykliskt upprepande steg där praktiken interagerar med teorin och där undervisningen och elevers lärande analyseras noggrant och systematiskt (Marton & Lo, 2007; Marton & Pang, 2006). Iterativiteten är ett centralt karaktärsdrag, där resultaten av en cykel ligger till grund för revideringen av nästa cykel, vars resultat i sin tur utgör grunden för revideringen av nästa (Marton & Lo, 2007). *Learning study* har visat sig bidra till såväl elevers ökade lärande som lärares professionella utveckling och forskares lärande (Lo & Marton, 2012).

En *Learning study* inleds med att lärare och forskare kommer överens om ett lärandeobjekt. Därefter konstrueras ett förtest för att kartlägga elevernas förkunskaper. Baserat på resultatet av förtestet och med användning av variationsteorin som teoretiskt redskap (en teori om lärande som utvecklats ur den fenomenografiska forskningen vilken kommer att beskrivas senare) planeras sedan lektionen. I Figur 1 illustreras illustreras de olika stegen i en *Learning study*.

Punkterna 3–5 beskriver en så kallad cykel som genomförs med en lärare och en grupp elever. Nästa cykel genomförs i en annan elevgrupp och med en annan lärare.

¹ Det betyder att varken elevernas lärande eller analysen och revideringen av lektionerna redovisas här, även om den genomförda *Learning studyn* innefattade alla dessa steg.



Figur 1. Översikt av Learning study.

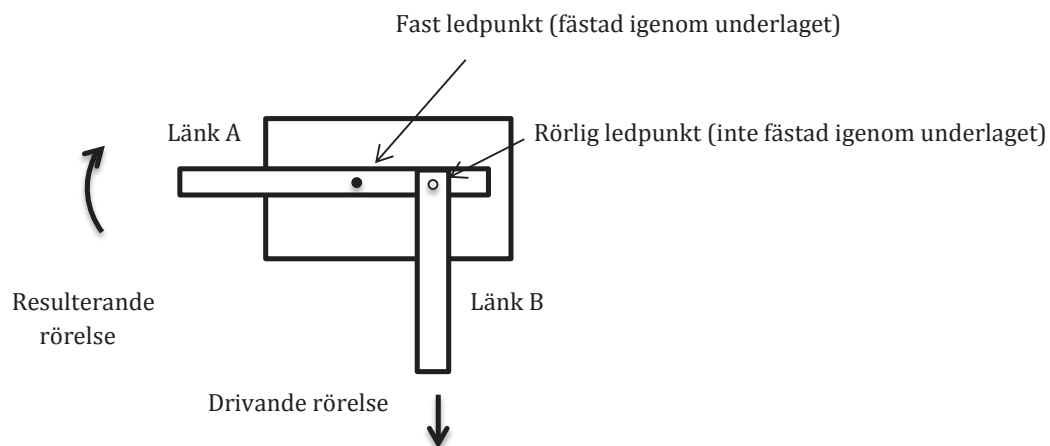
Initiativet till denna Learning study togs av mig i min roll som forskare. En lärare som uttalat behov och intresse av att utveckla sin teknikundervisning hade tidigare kontaktat mig och denna lärare var positiv till att medverka i studien. Läraren samt en kollega på samma skola, här kallade Carin och Ulla, deltog i studien tillsammans med mig som forskare. De två lärarna hade 6-7 års erfarenhet inom yrket. Carins lärarutbildning var specialiserad mot teknik, motsvarande ett års heltidsstudier och hon hade under sina år som lärare regelbundet undervisat i ämnet. Ulla hade ingen utbildning i teknik, men viss erfarenhet av undervisning relaterad till teknikämnet. Ingen av lärarna hade någon tidigare erfarenhet av Learning study. Carins och Ullas respektive klasser bestod av en förskoleklass (25 elever) och en klass i årskurs 1 (24 elever), totalt 49 elever. Studien genomfördes under höstterminen, vilket innebar att eleverna som var 6 respektive 7 år nyligen börjat i förskoleklass respektive årskurs 1.

Val av lärandeobjekt

Valet av lärandeobjekt baserade sig dels på de erfarenheter av undervisning inom området mekanismer i de tidiga skolåren som lärarna och forskaren, hädanefter kallad lärar-forskargruppen, hade och dels på forskarens erfarenheter av undervisning av detta innehåll i lärarutbildningen. Vi hade observerat de svårigheter elever och studenter uppvisat i konstruerandet av länkmekanismer (Marton & Pang, 2006), särskilt med att sammanfoga delar av ett material så att rörelse överfördes. Ytterligare en utgångspunkt för valet av lärandeobjekt var dess tydliga koppling till innehållet i teknikkursplanen i *Lgr 11* (Skolverket, 2011).

I syfte att avgränsa lärandeobjektet valde lärar-forskargruppen en specifik mekanism, en länkmekanism med två ledpunkter (Figur 2). Denna typ av mekanism hör till de vanligt förekommande i teknikundervisningen med yngre elever. Lärandeobjektet i studien kan formuleras som "att konstruera en länkmekanism med två ledpunkter". För att särskilja de två länkarna i konstruktionen benämns de länk A respektive länk B.

Länkmekanismens funktioner är förutom att överföra rörelse från en plats till en annan, även att omvandla den ingående rörelsens riktning. Att kunna konstruera den specifika länkmekanismen innebär att kunna sammanfoga de ingående komponenterna på ett sätt så att dessa tekniska funktioner uppfylls.



Figur 2. Länkmekanismen.

Förtest och eftertest

Förtestet utformades utifrån lärar-forskargruppens antaganden om vad som skulle täcka in elevernas varierade kunskaper i relation till lärandeobjektet (Marton & Tsui, 2004). Elevernas uppgift bestod i att fästa samman färdiga delar av papper med påsnitar och snöre till en mekanism som både överförde och omvandlade den drivande rörelsen (Figur 3). Eleverna kunde också få hjälp med ytterligare håltagning om de önskade. Uppgiften ramades in som ett problem, där barnen fick i uppdrag att hjälpa en enarmad clown att få ytterligare en arm som skulle kunna röra sig i uppåtgående riktning då snöret/pappersremsan drogs nedåt. Tanken med uppgiften var att eleverna skulle kunna relatera till eventuella egna erfarenheter av mekaniska anordningar som exempelvis sprattelgubbar. För att sätta fokus på själva konstruerandet av mekanismen fick eleverna ett färdigt material, eftersom många barn i denna ålder (6–7 år) har vissa svårigheter både med att klippa med sax och att knyta.



Figur 3. Material vid för- och eftertest.

Förtestet genomfördes i fyra omgångar med grupper om 12-13 elever vardera, där eleverna arbetade i par med materialet. Efter en kort introduktion av läraren delades materialet ut och eleverna arbetade sedan med problemuppgiften under cirka 15 minuter. Eleverna tog sig an uppgiften genom att nästan uteslutande börja med att fästa armen med en påsnit så att den kunde vridas kring en punkt. Detta innebar inte några svårigheter för de flesta elever, förutom ett fåtal som inte kunde fästa ihop delarna med hjälp av påsnitar. Detta hinder visade sig främst i förskoleklassen, men uppmärksammades inte omgående av lärar-forskargruppen vilket medförde att dessa elever fick problem med att överhuvudtaget fästa ihop delarna. Under förtestets gång lärde sig dock alla elever detta. Nästan alla elever hade dock svårigheter med att konstruera den eftersträvade mekanismen, vilket jag återkommer till i resultatredovisningen. Eftertestet var utformat och genomfördes på samma sätt som förtestet.

Lektioner

Planeringen av den första lektionen baserades på resultatet från förtestet där lärar-forskargruppen identifierat tre aspekter som var kritiska i förhållande till elevgruppen för att utveckla det specifika kunnandet (Marton & Tsui, 2004). Vid denna tidpunkt användes begreppen vridningspunkt respektive angreppspunkt istället för fast och rörlig ledpunkt eftersom dessa termer var bekanta från undervisningen i naturvetenskapliga ämnen. De kritiska aspekterna formulerades som:

K1/ Antalet punkter i relation till en vridning.

K2/ Att kunna separera angreppspunkt från vridningspunkt.

K3/ Angreppspunktens placering i relation till rörelsen.

Ytterligare en kritisk aspekt identifierades under lärar-forskargruppens möte under cykel 1 vid analysen av det filmade eftertestet, nämligen: Angreppspunktens förankring i relation till underlaget. Denna aspekt, som vi tidigare inte tänkt på, uppfattades som mindre komplex än K3 eftersom den var central för att mekanismen överhuvudtaget skulle kunna överföra rörelse. Den fick därför beteckningen K2b.

Lektionen varade cirka 40 minuter och genomfördes i halvklasser, motsvarande 12-13 barn i varje grupp. Den inleddes med att läraren visade en pedalhink med dess mekanism som överför rörelsen från pedalen till locket, därefter varvades lärarledda genomgångar med elevernas praktiska problemlösande och gemensamma uppföljningar av elevernas olika lösningar. Eleverna arbetade parvis med ett av oss tillverkat icke-föreställande material av papp och påsnitar (Figur 4).



Figur 4. Lektionsmaterial.

De efterföljande lektionerna utformades så att eleverna skulle ges möjlighet att urskilja samtliga identifierade kritiska aspekter. Studien genomfördes under totalt fyra cykler, där lektionen reviderades utifrån resultatet av analysen av lektionen och eftertestet i varje cykel (Marton & Tsui, 2004).

Datainsamling och analys

Läro-forskargruppen träffades vid 6 tillfällen under studiens gång. Varje möte varade cirka 1,5 timme och dokumenterades med hjälp av ljudupptagning. För- och eftertesterna videofilmades av forskaren med en handhållen videokamera där så mycket som möjligt av elevparens arbetsprocesser eftersträvades att fångas. Detta innebär att ett specifikt elevpars hela arbetsprocess från början till slut inte dokumenterades, men att istället nedslag av skiftande längd gjordes i alla elevers process. Även elevernas slutprodukter insamlades vilket resulterade i totalt 24 modeller från förtestet, men endast 21 modeller från eftertestet på grund av sjukfrånvaro. Lektionerna videofilmades av forskaren med en handhållen videokamera med fokus på interaktionen mellan lärare och elever samt elevernas praktiska hanterande med lektionsmaterialet.

Under studiens genomförande har en stor del av det filmade materialet bearbetats gemensamt i läro-forskargruppen. För att underlätta tidsmässigt för lärarna har jag vid några tillfällen på förhand valt ut ett antal filmsekvenser som jag betraktat som centrala för utvecklingen av innebörder av lärandeobjektet. Videofilmerna från för- och eftertest analyserades med fokus på elevernas olika svårigheter med att konstruera länkmekanismen (Marton & Tsui, 2004). Elevernas praktiska hantering av materialet, deras samtal och de färdiga produkterna analyserades av läro-forskargruppen. Utifrån vår förståelse av vari elevernas svårigheter bestod formulerades aspekter som var nödvändiga för eleverna att urskilja för att konstruera länkmekanismen. Som jag tidigare beskrivit formulerades dessa aspekter preliminärt efter analysen av förtestet, men de kompletterades med ytterligare en aspekt som vi identifierade vid analysen av filmen från eftertestet i cykel 1.

Efter att studien avslutats har datamaterialet bearbetats och analyserats mer noggrant av mig än vad som var möjligt under studiens gång. Allt filmat material från för- och eftertest har transkriberats i sin helhet. Med utgångspunkt i Ryle's (1949/2009) perspektiv på handlingar som en helhet av tanke-mässiga och handlingsmässiga processer, har i transkripten såväl ordhandlingar som kroppsliga handlingar angetts. Detta innebär att verbala yttranden har återgivits ordagrant och att utsagor som är uttalade med eftertyck har skrivits ut med fet stil. Dessutom har olika kroppsliga uttryck och det fysiska hanterandet av artefakter angetts med fokus på val och hanterande av komponenter, sätt att sammanfoga dessa och testning av funktion.

En metod för att systematiskt undersöka olika sätt att uppfatta, förstå eller erfara det som skall läras är att utföra en fenomenografisk analys av de lärandes erfارande av fenomenet i fråga (Marton, 1981; Marton & Booth, 1997). Ett grundantagande i fenomenografin är att människor erfara fenomen i omvärlden på ett begränsat antal, kvalitativt skilda sätt. I fenomenografiska studier tas ett *andra ordningens perspektiv*, vilket innebär att det är människors erfارande av världen som studeras, till skillnad från första ordningens perspektiv där världen och olika fenomen i sig utgör forskningsobjektet (Marton, 1981). Ett särskilt sätt att erfara innebär erfارande av objektet *som* något, vilket innebär erfارande av mening och att vissa aspekter av objektet fokuseras och hamnar i förgrunden. Olika sätt att erfara ett fenomen eller objekt härrör från olikheter i vilka aspekter av fenomenet som urskiljs och uppmärksammas samtidigt.

Det transkriberade videomaterialet från för- och eftertest har analyserats med hjälp av fenomenografisk analys med avseende på kvalitativt olika sätt att erfara konstruerandet av den specifika länkmekanismen (Marton 1981, 1994). Till skillnad från datamaterial i form av intervjuer, som oftast används i fenomenografiska studier, analyseras handlingar i denna studie, vilket uppmärksammas som ett gångbart alternativ (Carlgen et al., under utgivning; Marton, 1994). Elevernas olika sätt att erfara

lärandeobjektet har i analysen betraktats som olika sätt att kunna konstruera länkmekanismen. Datamaterialet har genomlästs ett flertal gånger där skillnader mellan elevers olika sätt att konstruera länkmekanismen har fokuserats (Marton, 1994), vilket innefattar skilda sätt att såväl välja ingående komponenter som att sätta samman dem och att värdera funktionen. Ett antal kvalitativt skilda sätt att erfara lärandeobjektet identifierades inledningsvis i materialet från förtestet, där flera olika slags erfarenanden kunde identifieras i elevparens arbetsprocesser (Marton, 1981, 1994). De skilda sätten att erfara lärandeobjektet kategoriserades och prövades därefter igen mot materialet. Min kategorisering diskuterades under forskningsseminarier, kategorierna och deras inbördes ordning reviderades och prövades återigen tills de var konsistenta i relation till datamaterialet (Marton, 1994). Namnen på kategorierna har ändrats och prövats mot delar av datamaterialet tills jag funnit benämningar som fångar variationen i elevgruppens olika sätt att erfara fenomenet. Analysen av datamaterialet från förtestet resulterade i ett utfallsrum bestående av ett antal beskrivningskategorier. Dessa prövades sedan mot de fyra eftertesterna, i det här sammanhanget betraktade som en helhet. I detta material urskiljdes både en större variation av elevers erfarenanden och en högre andel mer komplexa sätt att erfara fenomenet än i förtestet. Kategoriseringen prövades återigen tills allt datamaterial kunde inrymmas i beskrivningskategorierna (Marton, 1994; Marton & Booth, 1997).

Därefter analyserade jag kategorierna i termer av strukturella aspekter vilket innebär att de aspekter som hamnade i förgrunden av uppmärksamheten fokuserades (Marton & Booth, 1997; Marton & Pong, 2005). Skillnaden mellan kategorierna avseende de strukturella aspekterna förstods som kritiska aspekter, vilka var nödvändiga för eleverna att urskilja för att utveckla ett mer komplext kunskande. Enligt variationsteorin krävs variation för att kunna urskilja något på ett visst sätt. Variation är således nödvändig för lärande och det krävs att vissa dimensioner som är kopplade till de kritiska aspekterna av lärandeobjektet varierar mot en bakgrund av andra aspekter av lärandeobjektet som hålls konstanta (Marton & Pang, 2006). De dimensioner av variation som möjliggjorde urskiljandet av de kritiska aspekterna identifierades också i materialet (Marton & Booth, 1997).

Under hela studien har de etiska riktlinjer som formulerats av Vetenskapsrådet (2002) beaktats, vilket innebär att elevernas vårdnadshavare inledningsvis informerades skriftligt om studien. De två elever som inte gavs tillstånd att medverka placerades tillsammans i klssrummet och filmades inte. Vidare är namnen på lärare och elever fingerade så att enskilda personer inte kan identifieras.

RESULTAT

Inledningsvis presenteras resultatet av den fördjupade analysen av elevernas erfarenande av lärandeobjektet som det kom till uttryck i för- och eftertest. Därefter redogör jag för de kritiska aspekter som identifierats genom analys av beskrivningskategorierna.

Elevernas sätt att erfara konstruerandet av en länkmekanism

I detta avsnitt redogörs för de fyra kategorier som den fenomenografiska analysen av förtest och eftertest resulterade i, vilka beskriver elevernas kvalitativt skilda sätt att erfara fenomenet "att konstruera en länkmekanism". De identifierade kategorierna är logiskt relaterade till varandra och hierarkiskt ordnade (Marton, 1994; Marton & Booth, 1997) där A beskriver det minst komplexa sättet att erfara, kategori D det mest komplexa och där de mindre komplexa sätten innefattas i de mer komplexa:

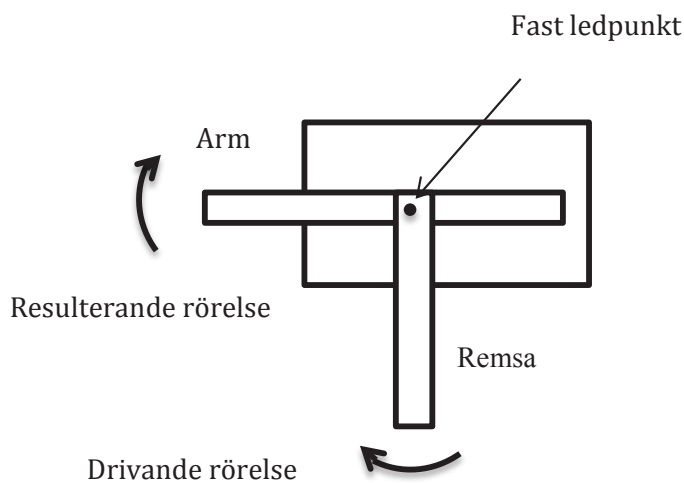
- A/ Testa komponenter
- B/ Ge plats för ett maskineri
- C/ Styra ett maskineri
- D/ Bygga ett maskineri

För att kommunicera resultaten tydligt har jag strävat efter att beskriva de kvalitativt olika sätten att erfara så rikt som möjligt och med illustrerande exempel från datamaterialet. I exemplen åtskiljs verbala utsagor från fysiska handlingar genom att de fysiska uttrycken anges med kursiverad stil. Bilder

på de färdiga modellerna visar hur eleverna har konstruerat mekanismen. För att förtydliga detta har även schematiska illustrationer infogats. Där benämns länk A ”arm” och länk B kallas för ”remsa”.

A/ Testa komponenter

Armen fästs i det enda hål som finns i underlaget. Kring de övriga delarnas (remsa/snöre) tekniska funktion finns ingen klar bild. Dessa fästs också i den enda punkten i underlaget. Delarna kan vridas runt denna punkt, den fasta ledpunkten. All rörelse, både den drivande och den resulterande, sker således kring en enda punkt, likt en vindsnurra eller ett hjul (Figur 5).



Figur 5. Illustration av typisk konstruktion i kategori A.

Detta sätt att erfara konstruerandet av länkmekanismen var det vanligast förekommande i förtestet i båda åldersgrupperna (Figur 6). Funktionen testas genom att vrida runt remsan/snöret och undersöka om rörelsen överförs till armen, vilket den ibland gör genom att delarna fastnar i varandra. I följande exempel från förtestet i åk 1 värderas detta som en lyckad rörelseöverföring.

Fabian: *Håller i snöret, gubben vars arm är fästad med påsniten med snöre genom kroppen ligger på bordet. Ok, vänta jag testar, jag testar. Vrider armen i läge, drar i snöret uppåt. Det går inte. Elsa trycker gubben mot bordet. Ja, man kanske kan snurra på den. Roterar snöret och armen följer med.*

Elsa: *Så! Ja! Lyfter sin egen arm något.*

Fabian: *Fortsätter att rotera snöret. Vi ska (ohörbart) på den också, så drar vi ner armen, man kan snurra. Snurrar snöret runt påsniten och armen rör sig något. Nu förstår jag. Snurrar snöret flera varv och armen följer med.*

Elsa: *Ja! Vänder sig mot läraren. Vi har gjort en sprattelgubbe.*

Fabian: *Vi är klara.*

Testningen av funktionen leder dock ibland till varierade resultat, vilket visas i nästa exempel.

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 klara' 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 upp armen 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. (förttest åk 1)



Figur 6. Eleve exempel kategori A (förskoleklassen).

Ett annat sätt att testa funktionen är att rycka kraftigt i snöret i nedåtgående riktning och se efter om rörelsen överförs till armen. Rycket åstadkommer en liten och knyckig rörelse av armen i uppåtgående riktning, vilket värderas positivt.

Clara håller i gubbens kropp och arm i ena handen och påsniten med snöre i den andra. Sätter fast armen på gubben med påsniten med snöret.

/../

David: Rycker kraftigt nedåt och armen rör sig lite grann uppåt. Den åker upp. (förttest förskoleklassen)

Här finns en antydning till att skapa en rörelseomvandling genom att den nedåtgående rörelsen omvandlas till en uppåtgående. Det är endast då snöret används i konstruerandet som funktionen testas på detta sätt. Följande exempel visar också ett erfalande som öppnar upp för att använda flera fästpunkter.

Gina håller i gubben som ligger på bordet, gubbens arm är fästad igenom hålet på kroppen med påsnit med snöre, drar i snöret nedåt, håller upp gubben och drar snöret nedåt men armen rör sig inte.

Otto: Den kanske behöver en till. Lutar huvudet mot bordet och tittar på gubben underifrån.

Gina: En till vaddå?

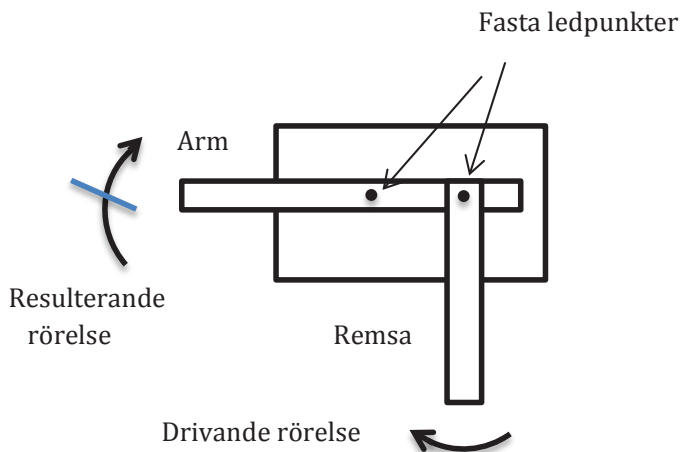
Otto: En till sån där. Nickar mot gubben.

Gina: Tar påsniten på bordet. Men då åker den ju inte alls. Jaha, nu förstår jag. Börjar lossa på sniten som sitter igenom gubben. (förttest åk 1)

Eleverna lyckas dock inte lösa problemet med att konstruera två fästpunkter, de behåller istället den ursprungliga lösningen med en enda centrerad fästpunkt.

B/ Ge plats för ett maskineri

Den drivande rörelsen riktas mot en annan punkt än den resulterande, på så sätt skapas plats för både input och output samt för mekanismen som ska överföra rörelsen (Figur 7). Remsan och armen fästs ihop i samma punkt igenom underlaget och armen förankras sedan i en ytterligare punkt igenom underlaget genom att ett nytt hål görs i underlaget. Detta får till följd att remsan/snöret går att vrida, men armen låses fast (Figur 8).



Figur 7. Illustration av typisk konstruktion i kategori B.

Fastsättningen av delarna omöjliggör en rörelseöverföring. När funktionen testas blir orörligheten uppenbar och denna lösning värderas som icke fungerande. Följande exempel illustrerar detta erförande.

Julia och Kalle håller båda i gubben 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. Neej.

Kalle: Den har fastnat.

Julia: Nej, den funkade inte alls. (förtést åk 1)

Eleverna i exemplet ovan skapar förutsättningar för att utveckla modellen till att överföra rörelse genom att den ena ledpunkten är synlig. Två olika punkter för input och output skapas även i nästa exempel genom att snöret viras runt en del av armens rundel.

Påsniten med snöret är fästad i samma punkt som armen igenom underlaget. Snöret är virat runt en del av armens rundel. Ida drar snöret nedåt och armen går uppåt upprepade gånger. (förtést åk 1)

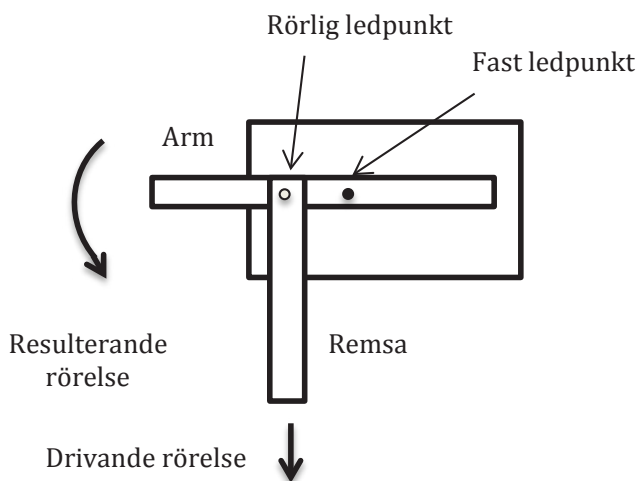
Angreppspunkten blir därmed en annan än vridningspunkten.



Figur 8. Elevexempel kategori B (förskoleklassen).

C/ Styra ett maskineri

Avståndet mellan input och output är kort och innehåller få mellanled, den ingående rörelsen har även samma riktning som den resulterande. Armen fästs i underlaget i en fast ledpunkt, dessutom sätts den ihop med remsan/snöret i en annan punkt som inte fästs i underlaget. Denna punkt är således en rörlig ledpunkt, vilken möjliggör en rörelseöverföring (Figur 9).



Figur 9. Illustration av typisk konstruktion i kategori C.

Den rörliga ledpunkten är oftast väl synlig genom att den hamnar vid sidan av själva underlaget (Figur 10). Exempel på sådana lösningar är armens placering i underlaget så att en del av överarmen sticker ut och möjliga ledpunkter därmed blir synliga.

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 förskoleklass)



Figur 10. Elevexempel kategori C (åk 1).

En annan lösning är att snöret knyts kring armens nedre del och rörelsen överförs genom att dra i snöret, vilket påminner om rörelseöverföringen i en marionettdocka.

Lina: *Tar påsniten med snöret och håller upp.* Den här ska vi ha, eller hur?

Markus: Nej, det ska vi inte.

Lina: Det är klart vi ska använda den här.

Markus: *Lägger gubben på bordet, tar en påsnit /../ fäster armen i underlaget med påsniten.*

Kolla, då behöver vi bara knyta handen.

Lina: Men vi måste ju ha snöret.

Markus: Kolla. *Tar påsniten med snöret.* Man knyter runt handen. *Håller fast snöret mot armen och rör det fram och tillbaka, vänder på snöret så påsniten hamnar vid armen.* Eller man knyter runt handen. Ska jag visa?

Lina: Ja, jag vet! *Ställer sig upp snabbt.*

/../

Lina och Markus hjälps åt att fästa påsnitens ben runt gubbens handled. De drar i snöret uppåt och neråt och armen följer med. Båda skrattar och går till läraren och visar. (förtest åk 1)

Ibland fästs den rörliga ledpunkten innanför själva figurens yttre ramar, den sitter alltså inte i några delar som sticker ut utanför underlaget. På så sätt skapas så att säga luft i konstruktionen så att utrymme för rörelsen ges. Den rörliga ledpunkten är dock på samma sida som den resulterande rörelsen, vilket innebär att den drivande rörelsen överförs med hjälp av mekanismen men dess riktning förändras inte. Den resulterande rörelsen har således samma riktning som den drivande.

Tina drar uppåt och nedåt i snöret som är fästad i armen i en rörlig ledpunkt men på samma sida som den resulterande rörelsen. Armen rör sig i samma riktning som den ingående rörelsen.

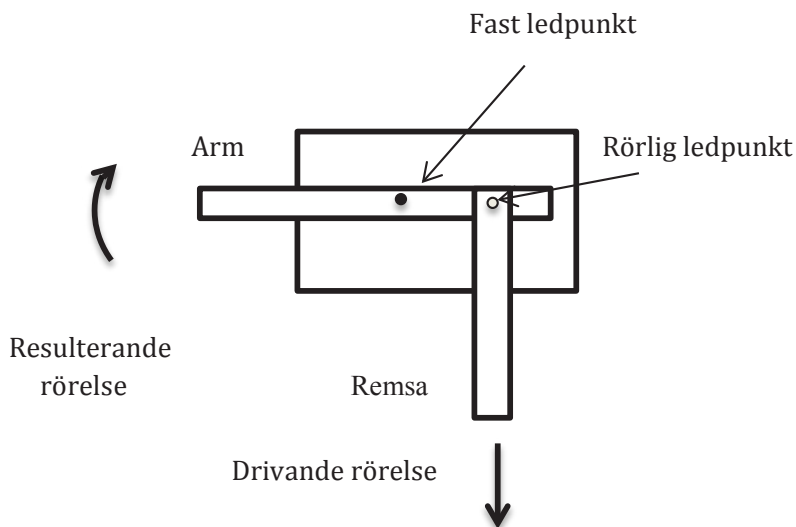
Sonja: Kolla, vi har klarat det, vi har klarat det, vi har klarat det! (förtest åk 1)

Vid testningen av funktionen uppmärksammas inte den resulterande rörelsens riktning.

D/ Bygga ett maskineri

De olika delarnas tekniska funktioner fokuseras i konstruerandet av mekanismen. En åtskillnad mellan fast och rörlig ledpunkt görs och den rörliga ledpunkten placeras innanför underlagets utbredning (Figur 11), vilket gör att den rörliga ledpunkten är svår att urskilja och nästan blir osynlig. Det krävs att man vänder ut delar av den fastsatta armen för att kunna fästa remsan/snöret i den rörliga ledpunkten. Den rörliga ledpunkten placeras dessutom på motsatt sida om den resulterande rörelsen vilket innebär att den drivande rörelsen som eleven styr både överförs och förändrar riktning med hjälp

av mekanismen. Till skillnad från att styra rörelsen som en marionettdocka placeras den drivande rörelsen på andra sidan om den fasta ledpunkten (Figur 12).



Figur 11. Illustration av typisk konstruktion i kategori D.

Nina: Jag undrar, hur ska vi göra nu? *Håller remsan i höger hand och trycker den mot gubben som ligger framför henne på bordet, armen sitter fast med en påsnit i underlaget, Nina tar remsan i vänster hand och trär en påsnit igenom hålet i remsan.*

Nina: Vi sätter i den så kanske? *Håller fram remsan mot Olle. Så kanske vi kan sätta ut den så? Visar med handen på gubben och tittar mot Olle.*

Nina håller i remsan och spänner ut påsnitens ben, lägger remsan mot axelrundeln, lyfter på den och fäster påsniten medan Olle tittar på. Nina håller upp gubben, vänder framsidan mot sig och testar att dra i remsan. (förstest förskoleklass)



Figur 12. Eleve exempel kategori D (åk 1).

Den rörliga ledpunktens läge i förhållande till den fasta ledpunkten uppmärksammas särskilt när funktionen testas och det visar sig att den drivande rörelsen har samma riktning som den resulterande rörelsen. Nästa exempel illustrerar hur insikten om att mekanismen inte omvandlar den drivande rörelsens riktning leder till ett förändrat sätt att fästa ihop delarna.

Per: Vi måste flytta den här dit. *Tar bort påsniten.*

Rosa: Hur vet du det?

Per: För att.

Rosa: Du tror det.

Per: För jag **vet** det. *Tar loss armen och fäster remsan i armen på andra sidan mittpunkten.*

Rosa: Hur vet du det?

Per: För när man drar i snöret neråt så ska armen gå uppåt, sa Ulla (lärarens namn). (eftertest åk 1)

I nästa exempel från eftertestet i förskoleklassen visar Tove och Unn upp sin modell för läraren som ger dem ytterligare en utmaning.

Läraren: Armen hänger neråt och nu drar jag försiktigt. *Drar i snöret.* Den åker upp men bara liksom till höfthöjd typ, upp till magen. Kan ni ordna så att armen går wutsch? *Slänger upp sin arm.*

Tove: (ohörbart)

Läraren: Ja, kan ni ordna det?

Tove: Japp.

/../

Tove: Oj, kolla här. *Håller i gubben och drar i remsan nedåt.* Drar neråt (skrattar).

Läraren: Ok, kan ni få armen och remsan rakt ner?

Tove: Ja, kolla här.

Läraren: Så testar vi. *Tove drar i remsan och armen åker upp högt.* Men! Armen neråt, sätt den neråt då. Jag håller bara så får ni. Hur skulle man göra med remsan, skjuta uppåt eller?

Tove: Neråt. *Drar i remsan nedåt.*

Läraren: Hohohohoho, snyggt! (skrattar) Jättebra jobbat.

Tove: Den kommer ända in på kanten.

Läraren: Han nästan slår sig själv.

Tove: Hehe (skratt).

Här konstruerar eleverna en mekanism som även förändrar rörelsens storlek, vilket innebär ytterligare grad av komplexitet.

Kritiska aspekter

De identifierade beskrivningskategorierna har analyserats med avseende på strukturella aspekter, vilka anger vad som sätts som förgrund i respektive sätt att erfara (Marton & Pong, 2005). Skillnaden mellan kategorierna avseende de strukturella aspekterna ses som kritiska för att kunna erfara fenomenet på ett mer komplext sätt. Vidare är dimensioner av variation nödvändiga för att kunna urskilja de kritiska aspekterna (Marton & Booth, 1997) (Tabell 1). Dimensionerna av variation måste varieras mot bakgrund av andra aspekter som hålls kontanta i undervisningen för att det skall vara möjligt att urskilja de kritiska aspekterna (Marton & Pang, 2006). För att en elev exempelvis skall urskilja aspekten antal ledpunkter krävs att en ledpunkt konstrasteras mot två ledpunkter samtidigt som andra aspekter som inte är kritiska för eleven hålls konstanta (Marton & Tsui, 2004). I en klassrumssituation med en specifik elevgrupp förekommer flera aspekter samtidigt som är kritiska för olika elever genom att de ännu inte urskilts av eleverna, vilket innebär att lärandeobjektet är både dynamiskt och föränderligt.

De kritiska aspekter som identifierats genom metaanalysen av de fenomenografiska kategorierna skiljer sig något från de som lärar-forskargruppen inledningsvis uppmärksammade. De kritiska aspekterna a/antal ledpunkter, och b/rörliga ledpunktens förankring i underlaget, motsvarar de tidigare identifierade aspekterna K1 respektive K2b. Dessa innefattar sammantaget de två ledpunkternas olikheter i termer av rörlig och fast ledpunkt. Båda aspekterna handlar således om att separera rörlig led-

Tabell 1. Sammanfattning av beskrivningskategorier, strukturella aspekter, kritiska aspekter och dimensioner av variation.

Erfarande av konstruerandet av länkmekanismen som:	Strukturella aspekter	Kritiska aspekter	Dimensioner av variation
A/ att testa komponenter	en ledpunkt		
		a/antal ledpunkter	en/två
B/ att ge plats för ett maskineri	två ledpunkter		
		b/rörliga ledpunktens förankring i underlaget	förankring/ej förankring i underlaget
C/ att styra ett maskineri	rörlig ledpunkt ej förankrad i underlaget		
		c/rörliga ledpunktens placering i förhållande till den resulterande rörelsen	samma/motsatt sida om den resulterande rörelsen
D/ att bygga ett maskineri	rörlig ledpunkt placerad på motsatt sida om den resulterande rörelsen		

punkt från fast ledpunkt, eller med andra ord angreppspunkt från vridningspunkt, vilket motsvarar den tidigare identifierade kritiska aspekten K2. Dessutom motsvaras aspekten c/rörliga ledpunktens placering i förhållande till den resulterande rörelsen, av aspekten K3.

Sammanfattningsvis kan innebörden av att kunna konstruera länkmekanismen beskrivas som att samtidigt urskilja de två ledpunkterna och deras olika karaktär i termer av en fast och en rörlig ledpunkt. Länk A är fästad i den fasta ledpunkten vilket innebär att den är fästad i underlaget (Figur 2). Länk A och B är sammanfogade i en rörlig ledpunkt vilket innebär att de bara sitter ihop med varandra och inte igenom underlaget. Det är också nödvändigt att urskilja att den rörliga ledpunkten placeras på motsatt sida om den resulterande rörelsen.

DISKUSSION

Den här studien syftade till att utveckla och beskriva innebörden av lärandeobjektet att konstruera en länkmekanism för att därigenom bidra till utvecklingen av teknikdidaktik för undervisning i de tidiga skolåren. De kategorier som den fenomenografiska analysen resulterade i var: A/ att testa komponenter, B/ att ge plats för ett maskineri, C/ att styra ett maskineri, och D/ att bygga ett maskineri. Den stigande komplexiteten i elevernas sätt att erfar konstruerandet av den rörelseöverförande mekanismen kan förstås som att mer och mer utrymme lämnas till de tekniska komponenterna att uppfylla funktionen och att därmed direktkontakten med främst output-delarna minskar. Att fästa armen i underlaget och få den i rörelse genom att själv greppa den och styra rörelsen innebar inte några svårigheter för eleverna. Då finns en kroppslig kontroll av både input och output. Ett mer komplext sätt av konstruerande är att styra rörelsen med hjälp av ett mellanled, till exempel en remsa eller ett snöre,

vilket innebär att avståndet mellan den egna input-rörelsen och output ökar och att en komponent ska uppfylla funktionen att överföra rörelsen. I det mest komplexa sättet att erfarra konstruerandet av rörelseöverföringsmekanismen ökar avståndet mellan output och input då mellanledet består av flera komponenter och input- och output- rörelsen dessutom har motsatta riktningar.

Utifrån elevernas kvalitativt olika sätt att kunna konstruera mekanismen har aspekter urskilts vilka framträder som kritiska för att de ska utveckla det specifika kunnandet. Innebörden av att kunna konstruera länkmekanismen kan beskrivas som att samtidigt urskilja de två ledpunkterna och deras olika karaktär i termer av en fast och en rörlig ledpunkt. För att omvandla input-rörelsens riktning är det också nödvändigt att urskilja att den rörliga ledpunkten placeras på motsatt sida om output-rörelsen. En aspekt som i studien framträder som kritisk för de flesta elever och som vi i lärar-forskargruppen inledningsvis inte tänkt på men identifierade under loppet av studien, handlar om att urskilja den rörliga ledpunkten. Elevernas konstruerande av en rörlig ledpunkt innebar en del praktiska svårigheter i form av att komma åt och hantera mindre delar och urskilja de olika lagren i konstruktionen. Svårigheten att urskilja denna aspekt kan förstås utifrån den dolda placeringen samt dess enbart tekniska funktion som riskerar att hamna i bakgrunden om exempelvis utseendet främst fokuseras, vilket kan ha varit möjligt i denna studies för- och eftertest och som även Chatoney (2009) visat. Föreliggande studie bidrar dock även till att precisera vilka aspekter av konstruktionen som är kritiska för eleverna att urskilja för att de skall utveckla sitt kunnande. Den fenomenografiska analysen har bidragit till en förståelse av de kritiska aspekterna som tar sin utgångspunkt i elevernas olika sätt att erfarra lärandeobjektet (Marton, 1994). På så sätt har det kunnande som lärandeobjektet konkret innebär analyserats och beskrivits (Carlgren, 2005; Carlgren *et al.*, under utgivning).

I takt med att lärar-forskargruppens förståelse av lärandeobjektets innebörd utvecklades, uppkom under studiens gång ett behov av att benämna de kritiska aspekterna utifrån hur modellerna skulle konstrueras för att uppfylla de tekniska funktionerna. Därför ersattes benämningarna vridningspunkt och angreppspunkt av de tekniska termerna fast och rörlig ledpunkt. Genom att de kritiska aspekterna synliggörs och beskrivs med ämnesspecifika termer, vilket lyfts fram av både Chatoney (2009) och Parkinson (1999), möjliggör det för lärare att utforma undervisning som underlättar elevers lärande av detta innehåll samt att tala om och bedöma elevers kunnande (se även Svensson, 2011).

I materialet som användes i förtest och eftertest kan de möjliga fästpunkternas placering i en ring runt en mittpunkt ha verkat förvirrande för eleverna. Lektionsmaterialet gjorde det däremot möjligt att på ett tydligare sätt urskilja fästpunkternas placering på olika sidor om mittpunkten. Detta material var enklare för eleverna att arbeta med, men de svårigheter som eleverna uppvisade i förtestet kunde även urskiljas när eleverna arbetade med lektionsmaterialet, vilket bidrar till att de identifierade kritiska aspekterna på ett mer trovärdigt sätt kan betraktas som ett resultat av studien. Delar som roterar kring en enda fast punkt som t.ex. hjul eller vindsnurror har väl synliga och enkla kopplingar mellan input och output och kan företrädesvis användas i undervisningen med yngre elever. Detta kan utvecklas vidare till konstruktioner som innehåller någon synlig komponent och sammanfogning för att styra rörelse, till exempel i form av marionettdockor. Den rörliga ledpunkten i studiens mekanism, som var både dold och åstadkom en rörelseomvandling, krävde ett betydligt mer komplext konstruerande, men studien visar samtidigt att det är möjligt för så unga elever som 6-7-åringar att konstruera en länkmekanism som överför och omvandlar rörelse. Det vore dock intressant att pröva de identifierade kritiska aspekterna i andra elevgrupper och med annat undervisningsmaterial. Dessutom behövs fortsatt forskning som fokuserar på innebörder av andra lärandeobjekt inom området mekanismer i de tidiga skolåren.

Denna studie kan betraktas som en fallstudie som fokuserar ett specifikt lärandeobjekt i undervisningen med en särskild grupp elever. Frågan om hur dessa resultat kan användas av andra lärare och i andra elevgrupper är därmed högst relevant. Kullberg (2012) och Runesson och Gustafsson (2012) har visat att det är möjligt för lärare att använda kritiska aspekter som identifierats av lärare

i en Learning study för att planera och genomföra undervisning. Kritiska aspekter uppfyller därmed de kriterier för vad Hiebert, Gallimore och Stigler (2002) kallar publik professionell kunskap för lärare som kan kommuniceras mellan kollegor och byggas vidare på och utvecklas kontinuerligt. På så vis blir resultaten från denna studie, i termer av elevers olika sätt att erfara konstruerandet av en specifik länkmekanism och de kritiska aspekter som är nödvändiga att urskilja för att utveckla detta kunnande, ett bidrag till bygget av en gemensam kunskapsbas för lärare i teknik i de tidiga skolåren.

REFERENSER

- Bjurulf, V. (2008). *Teknikämnets gestaltningar: En studie av lärares arbete med skolämnet teknik*. Doktorsavhandling, Karlstad: Karlstads universitet.
- Carlgren, I. (2005). Om nödvändigheten av ett kunskapsobjekt för ett kunskapsproducerande utvecklingsarbete. I *Forskning av denna världen. 2, om teorins roll i praxisnära forskning* (s. 123-137). Stockholm: Vetenskapsrådet.
- Carlgren, I. (2012). The learning study as an approach for “clinical” subject matter didactic research. *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 1(2), 126-139.
- Carlgren, I., Ahlstrand, P., Björkholm, E. & Nyberg, G. (under utgivning). The meaning of knowing what is to be known. *Education & Didactique*.
- Chatoney, M. (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.
- de Vries, M. 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.
- Hiebert, J., Gallimore, R. & Stigler, J.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.
- Klasander, C. (2010). *Talet om tekniska system: Förväntningar, traditioner och skolverkligheter*. Doktorsavhandling, Norrköping: Linköpings universitet.
- Kullberg, A. (2012). Can findings from learning studies be shared by others? *International Journal for Learning and Lesson Studies*, 1(3), 232-244.
- Lunt, J. (2011). Research into primary-aged children’s designing. I C. Benson & J. Lunt (Red.), *International Handbook of Primary Technology Education* (s. 247-259). Rotterdam: Sense Publishers.
- Lo, M. L. & Marton, F. (2012). Towards a science of the art of teaching. *International Journal for Learning and Lesson Studies*, 1(1), 7-22.
- Marton, F. (1981). Phenomenography – describing conceptions of the world around us. *Instructional Science*, 10, 177-200.
- Marton, F. (1994). Phenomenography. I T. Husén & N.T. Postlethwaite (Red.) *International encyclopedia of education*, 2nd ed., 8 vols (s. 4424-4429). Oxford: Pergamon Press.
- Marton, F. & Booth, S. (1997). *Learning and awareness*. Mahwah, N.J.: Erlbaum Associates.
- Marton, F. & Lo, M. L. (2007). Learning from “The learning study”. *Tidskrift för lärarutbildning och forskning*, 1(14), 31-44.
- Marton, F. & Pang, M. F. (2006). On some necessary conditions of learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 193-220.
- Marton, F. & Pong, W. Y. (2005). On the unit of description in phenomenography. *Higher Education Research & Development*, 24(4), 335-348.
- Marton, F. & Tsui, A. B. (Red.) (2004). *Classroom discourse and the space of learning*. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- McCormick, R. (1997). Conceptual and procedural knowledge. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(1-2), 141-159.
- McCormick, R. (2004). Issues of learning and knowledge in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 14(1), 21-44.

- Mitcham, C. (1994). *Thinking through technology: the path between engineering and philosophy*. Chicago: Univ. of Chicago Press.
- Norkvist, H. & Powell, D. (1997). *Försök med teknik*. (1. uppl.) Stockholm: Almqvist & Wiksell.
- Pang, M. F. & Lo, M. L. (2012). Learning study: helping teachers to use theory, develop professionally, and produce new knowledge to be shared. *Instructional Science*, 40(3), 589-606.
- Pang, M. F. & Marton, F. (2003). Beyond "lesson study": comparing two ways of facilitating the grasp of some economic concepts. *Instructional Science*, 31(3), 175-194.
- Parkinson, E. (1999). Talking technology: language and literacy in the primary school examined through children's encounters with mechanisms. *Journal of Technology Education*, 11(1), 60-73.
- Ropohl, G. (1997). Knowledge types in technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(1-2), 65-72.
- Runesson, U. (2011). Lärares kunskapsarbete – exemplet learning study. *Forskning om undervisning och lärande*, 5, 7-17.
- Runesson, U. & Gustafsson, G. (2012). Sharing and developing knowledge products from Learning Study. *International Journal for Learning and Lesson Studies*, 1(3), 245-260.
- Ryle, G. (2009). *The concept of mind*. New York: Routledge. (Originalt publicerat 1949)
- Siraj-Blatchford, J. & MacLeod-Brudenell, I. (1999). *Supporting science, design and technology in the early years*. Buckingham: Open University Press.
- Sjöberg, S. (2012). *Teknik för grundskolans år 7-9*. (4. uppl.) Stockholm: Natur & Kultur.
- Sjögren, J. (1997). *Teknik – genomskinlig eller svart låda?: Att bruka, se och förstå teknik*. Doktorsavhandling, Linköping: Linköpings universitet.
- Sundin, B. (2006). *Den kupade handen: Historien om människan och tekniken*. (2., utök. uppl.) Stockholm: Carlsson.
- Skolverket (2011). *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet 2011*. Stockholm: Skolverket.
- Svensson, M. (2011). Tekniska system i grundskolan – kritiska aspekter som didaktisk möjlighet. *NorDiNa*, 7(2), 111-125.
- Uicker, J. J., Pennock, G. R. & Shigley, J. E. (2011). *Theory of machines and mechanisms*. New York: Oxford University Press.
- Vetenskapsrådet (2002). *Forskningsetiska principer inom humanistisk-samhällsvetenskaplig forskning*. Stockholm: Vetenskapsrådet.
- Vincenti, W. G. (1990). *What engineers know and how they know it: Analytical studies from aeronautical history*. Baltimore: John Hopkins Univ. Press.
- Waldron, K. J. & Kinzel, G. L. (2004). *Kinematics, dynamics and design of machinery*. (2. uppl.) Hoboken, N.J.: Wiley.