

Användning av uttryck och innebörd i relation till uppfattning av ett fysikaliskt fenomen och dess didaktiska implikationer.

C. ALVEGÅRD¹, E. ANDERBERG¹, L. SVENSSON¹ AND T. JOHANSSON²

¹*Lund University, Department of Education, Box 199, SE-22100 Lund, Sweden
christer.alvegard@ll.lu.se, elsie.anderberg@pedagog.lu.se, lennart.svensson@pedagog.lu.se*

²*Uppsala University, Box 627, Department of Philosophy, SE-75126 Uppsala, Sweden
thorsten.johansson@filosofi.uu.se*

Sammanfattning

Utbildning syftar till att främja individuell kunskapsbildning och har traditionellt tagit sin utgångspunkt i en etablerad kunskap inom en disciplin eller en praktisk kunskapstradition. Både den form i vilken kunskapen har funnits given och sättet att förmedla kunskapen har huvudsakligen varit språkliga. Trots att den givna kunskapen kanske inte har uppfattats som lika med den språkliga form i vilken den finns tillgänglig, så har inte relationen mellan kunskapens innehåll och dess språkliga form problematiserats i någon nämnvärd omfattning.

I denna rapport presenterar vi empiriska resultat från en undersökning där relationen mellan uppfattning/innehåll, innebörd och uttryck problematiserats. Ämnet är klassisk mekanik, i vilket många uttryck är gemensamma med uttryck som användes i ett vardagligt sammanhang. I den disciplinära kontexten ges uttrycken dock en mer ”väldefinierad” och strikt innebörd, som dessutom kan skilja sig från den vardagliga. Således är det problematiskt, från ett undervisningssammanhang, om studenterna stimuleras att lära sig uttryck som om de själva kunde kodifiera deras disciplinära innebörd. Då kunskap bildas måste relationen mellan ett uttryck och dess innebörd skapas, prövas och återskapas genom tänkande och lärande. I semi-strukturerade samtal ombads 24 civilingenjörsstuderande på en maskintekniklinje att förklara vad som händer i en vardaglig fysikalisk situation. Studentens beskrivning/förklaring följdes av hans/hennes reflektion över relationen mellan använt uttryck och dess funktion. Karaktären på materialet gjorde det naturligt att välja tre komponenter att analysera, uttryck, dess innebörd(er) och innehållet i förklaringen/beskrivningen. Resultatet handlar om dessa komponenter och en kategorisering av sambandet mellan uttryck och innebörd, såsom det framstår inom väl avgränsade sekvenser (fokuseringssekvenser), och relationen mellan dessa sekvenser och uppfattning/innehåll baserat på samtalen som helheter.

Introduktion

Utgångspunkten för vår undersökning är fenomenografien (Marton, 1981; Marton & Booth, 1997; Svensson, 1997). Inom denna forskningsinriktning har den individuella relationen till enskilda företeelser inom kunskapens fält fokuserats. Tidigare forskningen har dock i mycket liten utsträckning uppmärksammat samspelet mellan kunskapsbildning och språkanvändning ur den lärandes perspektiv. Vår undersökning behandlar funktionen av användande av språkliga uttryck då det gäller att uttrycka sin individuella inriktning i sitt tänkande om en fysikalisk händelse och dess uppfattade innehåll. I denna undersökning använder vi som kunskapsobjekt två fall av fysikalisk händelse, dels att kasta en boll och vad som händer med bollen, dels en puck som slås till med en ishockeyklubba och vad som händer med pucken. Utifrån mekanikens ämnesteorier förväntas dessa händelser uppfattas och beskrivas/förklaras på ett bestämt sätt. Inom mekanikens teori finns det en enhet mellan hur dessa händelser uppfattas och vilka språkliga uttryck som används och med vilken innebörd. Av denna anledning ses i allmänhet studenters sätt att uttrycka sig inte som ett språkligt problem utan som ett kunskapsproblem, de har helt enkelt inte tillägnat sig den teoretiska kunskapen inklusive dess språk (Viennot, 1979; Svensson, 1989; Carmichael et al., 1990; Hestenes et al., 1992; Pfundt & Duit, 1994; McDermott & Redish, 1999). Men enheten mellan språkliga uttryck och deras disciplinära innebörder, kan inte förutsättas finnas i de studerandes beskrivningar/förklaringar. En orsak till detta är att den klassiska mekanikens teori har utvecklats under lång tid på ett explicit och kollektivt sätt, som lett fram till val av bestämda uttryck, och en hög grad av precisering av dessas innebörder. Då teoriutvecklingen även haft en generell teori som mål har en hög grad av konsistens i användningen av uttryck och innebörder vid beskrivning/förklaring av mekaniska fenomen erhållits. De studerande möter denna teori i en färdig abstrakt form med ett begränsat antal illustrationer av dess användning. Även om denna teori inte är helt ny för dem, har deras förståelse av teorin rimligtvis inte den precision i innebörd, och ännu mindre den konsistens i användning av teorin i sig antas representera. Alltså kan vi inte förvänta oss en klar enhet i överensstämmelse med mekanikens teori mellan språkliga uttryck, dessas innebörd(er) och innehåll i uppfattningar av mekaniska fenomen hos studenter. Sätten att kombinera och förena uttryck, innebörd och uppfattning är inte generella utan individuella.

Som ovan påpekats har relationen språkanvändning och kunskapsbildning inom den fenomenografiska forskningen om lärande inte blivit närmare belyst. Fenomenografisk forskning om lärande syftar inte i första hand till att analysera och beskriva

begreppsutveckling och samtalsutveckling. Man anser inte att kunskapsbildning sker genom strukturering och omstrukturering av begrepp, som i det kognitiva perspektivet, eller genom att tematiska samtalsmönster urskiljs, som i ett sociokulturellt perspektiv. Inte heller ansluter man sig till att begrepp representeras av inre mentala strukturer eller diskurser. Inom fenomenografin intresserar man sig för att analysera och beskriva hur individer uppfattar (erfar eller förstår) något, hur relationen mellan individ och yttre verklighet konstitueras. Det är innehållet i uppfattningen som uttrycker kunskapsbildningen.

Vi har använt begreppen uppfattande och uppfattning för att beteckna karaktären hos det meningsskapande, som utgör grunden för kunskapsbildning (Svensson, 1984, s. 12)

Intressant och av stor betydelse i pedagogiska sammanhang är studenters reflektion kring språkanvändningens funktion, hur den identifieras och förändras i relation till kunskapsbildning om objekt (Anderberg, 1999, 2000, 2003). Reflektion över språkanvändningens funktion leder bort från ett lingvistiskt språkbegrepp, eftersom språkanvändningens funktion är mer avhängig språkanvändningens interna grund än den externa grunden. Genom att utgå från en alternativ språksyn, den intentionala-expressiva, lämnas utrymme för att belysa komplexiteten och mångtydigheten vad avser relationen mellan språkanvändning och kunskapsbildning och möjligheter öppnas att problematisera relationen som intern och som funktionell.

Datainsamling och samtalsstruktur

Alla samtal hade samma struktur. Denna struktur, som har utvecklats i samband med tidigare empiriska undersökningar inom andra ämnen (Anderberg, 1999, 2000, 2003), syftar till att fokusera intentionala-expressiva relationer mellan kunskapsbildning och språkanvändning ur den lärandes perspektiv.

1. Ingångsfråga

I inledningen av samtalet ombeds studenten att beskriva/förklara en given fysikalisk händelse. Problemet formulerades här såsom ”Vad händer när du slår till en puck på isen?” eller ”Beskriv vad som händer om du kastar en boll snett upp i luften?”

2. Analys av funktionen av använda uttryck och innebörder.

Forskaren väljer några uttryck som använts av studenten, och som kan antagas vara nyckeluttryck för att avtäckta studentens uppfattning av fenomenet och hans/hennes innebörd(er) av uttrycket. Studenten ombeds att reflektera kring dessa uttryck på följande sätt:

- Artikulera relationer mellan använt uttryck och dess innebörd(er).

- Explorera dessa relationer och deras funktion i relation till den givna fysikaliska problemställningen.
- Identifiera relationer mellan använda uttryck och innebörder och deras funktion genom att urskilja skillnader som är relaterade till uppfattningen av fenomenet.

Denna del av samtalet upprepas för ett antal av de använda uttrycken. I analysen har dessa delar kallats fokuseringssekvenser.

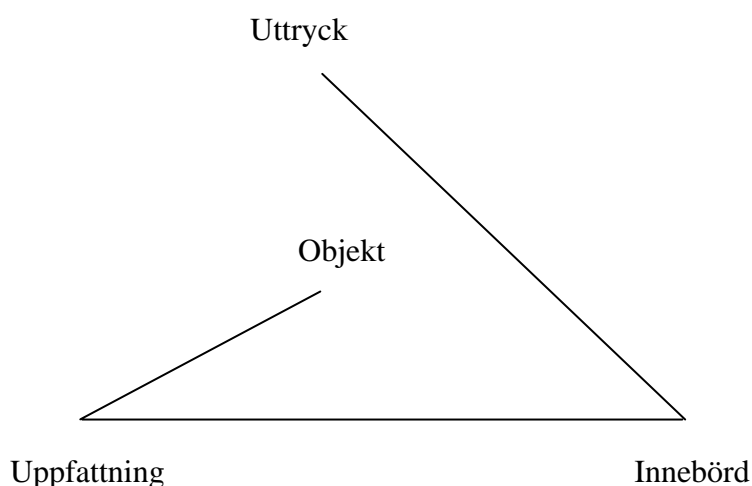
3. Ursprungsfrågan

Ett återvändande till ingångsfrågan, som upprepas.

Analys och resultat

Även om samma samtalsstruktur användes i alla samtal, utvecklades processen i samtalen på olika sätt (Anderberg et al., 2005a), vilket återspeglas i våra resultat. Karaktären på materialet gjorde det naturligt att analysera tre komponenter, uttryck, innebörd och uppfattning/innehåll samt deras relationer, allt utifrån ett studentperspektiv. Relationerna är objektmedierade, de är relaterade till en speciell kunskapsfråga. Det är de olika karaktärerna av samspelet mellan komponenterna som ger en bild av det material vi bearbetat. Denna bild beskriver i sin tur samspelet mellan språkanvändning och kunskapsbildning ur ett lärandeperspektiv. En bild som ger en omtolkning av relationen språkanvändning och kunskapsbildning, där samspelet mellan uttryck, innebörd och innehåll inte blir något som sammanfaller utan problematiseras ur den lärandes perspektiv. Fig. 1 illustrerar komponenterna och deras relationer i den lärandes uttryckande av innebörd och uppfattning/innehåll genom användande av uttryck.

Figur 1. Komponenter och deras relationer i sammanhang av att uttrycka kunskap om ett objekt.



Med uppfattning (conception) avses:

A conception is a way of seeing something, a qualitative relationship between an individual and some phenomenon. A conception is not visible but remain tacit, implicit, or assumed, unless it is thematized by reflection (Johansson, Marton & Svensson, 1985, s. 236)

Det har varit tydligt att innehåll som har karaktären av en helhet inrymmer tysta dimensioner av denna helhet. Det är därför vi finner att uppfattning bäst uttrycker den innehållsliga komponenten. Inte uppfattningar i termer av helhets-kvaliteter utan mer öppna, eftersom syftet inte varit att utföra en fenomenografisk undersökning av uppfattningar som sådana.

Huvudresultat

Från materialet är det uppenbart att innebörd konstitueras både i relation till studentens beskrivning/förklaring och det valda uttrycket. Skillnader i innebörd av ett och samma uttryck, mellan uttryck och i relation till förklaringar är centralt i materialet.

Naturvetenskapliga modeller byggs upp kring, och med hjälp av, ett antal konstrukter uttryckta i tekniska termer. Uttryck av denna typ kallar vi typ A (exempelvis ”kraft” och ”rörelsemängd”). De fokuserade uttrycken består vanligen av mer än ett ord och mindre än en mening. Om dessa uttryck innehåller uttryck av typ A kallar vi dem typ B (exempelvis ”givits en kraft”), om de inte innehåller sådana uttryck kallar vi dem typ C (exempelvis ”flyga”). Oberoende av typ av uttryck gavs de av studenterna disciplinära eller icke-disciplinära innebörder (några få gånger var det inte möjligt att klargöra innebörden, då denna t.ex. skiftade inom en fokuseringssekvens). Undersökningens huvudresultat kan sammanfattas som i tabell 1, där endast innebörder direkt relaterade till ursprungsfenomenet har tagits med.

Tabell 1. Relationer mellan uppfattning, innebörd och uttryck i samtalen.

Samtal	Intentionalt-expressivt						Lexikalt				
Uppfattning	Disciplinär (10 samtal)			Ick-disciplinär (19 smtal)			(6 samtal)				
Innebörd av uttryck	Disciplinär		*	Disciplinär		*	Ick-disciplinär				
Uttryck	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C

- A Uttryck av typ A
- B Uttryck av typ B (uttryck innehållande både uttryck av typ A och andra uttryck)
- C Uttryck av typ C (uttryck inte innehållande något uttryck av typ A)
- * Uttryck ej relevanta att karaktärisera

Gemensamt för alla samtal är att studenten tycktes eftersträva ett förståeliggörande av fenomenet, en sorts konsistens samt en förklaring som skulle resultera i det upplevda utfallet av det aktuella fenomenet. Relationen mellan uppfattning och innebörd var, från studentens

synpunkt internt rationell, och mycket ”tätare” än den ibland ganska ”slumpartade” relationen mellan uttryck och innebörd.

Disciplinär uppfattning

I denna kategori har samtal placerats där uppfattningen av det ursprungligen formulerade fenomenet var disciplinärt. I vissa fokuseringssekvenser behandlades dock uttryck vars innebörd(er) inte var direkt kopplade till innehållet i förklaringen av ursprungsfenomenet. Om innebörder av dessa uttryck var icke-disciplinära pekar det på att studenten har vissa “problem” med teorin som helhet, även om uppfattningen av det aktuella fenomenet inte direkt påverkades. Samtalen som uttrycker en disciplinär uppfattning av fenomenet kan grupperas i undergrupper enligt:

- Samtal där samtliga använda innebörder är disciplinära.
- Samtal där någon/några innebörd(er), inte direkt kopplade till ursprunglig förklaring, är icke-disciplinär(a).

Karaktären på samtalen skiljer sig åt. Samtalen i den första undergruppen uppvisar en stabilitet både vad avser innebörder och uppfattning av fenomenet. De ger dessutom uttryck för att det fysikaliska fenomenet upplevs som ett verkligt fenomen, som ges en disciplinär abstraktion, och inte som ett problem formulerat inom en model. Beskrivningarna och förklaringarna är klara och koncisa, fokuseringssekvenserna är upplysande och bekräftande. Det använda språket var dock ibland lite “slarvigt”, vilket är normalt bland fysiker, men använda uttryck användes med disciplinära innebörder.

Vad beträffar samtalen i den andra undergruppen äger de inte samma klarhet och precision som de i den första undergruppen, även om använda uttryck inte skiljde sig åt mellan grupperna. Dessutom karaktäriserades dessa samtal ofta av förändring eller utveckling (Anderberg et al., 2005a). Det kunde var mot mer fullständiga förklaringar, eller en utveckling från en beskrivning av rörelsen som sådan till att identifiera orsakerna eller från en icke-disciplinär till en disciplinär uppfattning.

Ett exempel på samtal som placerats i den andra undergruppen, då inte alla innebörder är disciplinära, är samtalet med Patrik. Ursprungsförklaringen innehåller:

...Till slut så kommer vertikalhastigheten att vara noll, och den kommer att vända neråt igen då, bollen. Då kommer den vertikala hastigheten att öka på grund av gravitationsaccelerationen. Sedan kommer den att slå i marken igen en bit bort.

I citatet avses antingen att en hastighet ändras p.g.a. en acceleration, accelerationen är då orsak och hastighetsförändringen resultat, eller så ger han uttrycket ”gravitationsacceleration”

den ämnesmässiga innebörden kraft. Något senare i samtalet fokuseras uttrycket ”gravitationsacceleration”.

I: Kan du använda något annat ord för gravitationsacceleration?

R: Tyngdkraften är det väl egentligen då. Det är ju ingen acceleration eller hastighetsökning, men det är i alla fall namnet på kraften och det kanske inte är helt och hållet rätt men det ligger nära till hands att säga tyngdkraft. Tyngdkraften påverkar bollen.

I: Så, hur uppfattar du skillnaden mellan tyngdkraft och gravitationsacceleration?

R: Gravitationsacceleration är lite mer korrekt. Tyngdkraften är mer allmänt, som de flesta förstår. Tyngdkraften påverkar bollen så att den åker ner till jorden igen. Det är ingen som ifrågasätter det, tror jag.

Denna sekvens är tvetydig, den kan tyda på att han med uttrycket ”gravitationsacceleration” avser acceleration p.g.a. tyngdkraften. Detta innebär då, i det första citatet ovan, att hastigheten ökar p.g.a. accelerationen p.g.a. tyngdkraften, dvs. accelerationen orsakar en hastighetsökning istället för att vara en hastighetsökning. Den andra tolkningen är att han uttrycker den fysikaliska innebörden tyngdkraft med två olika uttryck, ”tyngdkraft” och ”gravitationsacceleration”. Senare i samtalet uttalas:

I: Men hur förhåller sig uttrycken gravitation och gravitationsacceleration till varandra? Du använder ju båda två.

R: Gravitation är ju en kraft som påverkar föremålen, bollen. En acceleration kommer ju från en kraftpåverkan. Föremålet befinner sig inte i jämvikt så det blir ju en acceleration. Det är ett resultat av kraft kan man väl säga.

Här har kontexten för Patrik skiftat, så citatet ger ingen ledning till använd innebörd av uttrycket ”gravitationsacceleration” i den ursprungliga förklaringen. Samtalet som helhet pekar dock på att han har en disciplinär uppfattning av det formulerade ursprungliga fenomenet, varför det placerats i denna grupp. För ytterligare exempel med diskussioner hänvisas till Anderberg et al (2005b) och Alvegård et al (2005, 2006)

Icke-disciplinär uppfattning

Från den lärandes synpunkt fanns en sorts konsistens och intern logik samt en önskan att förståeligöra fenomenet, trots att uppfattningen av detta var icke-disciplinär. En given uppfattning omfattade ofta bara delar av fenomenet eller saknade generaliserbarhet. Många av de uttryckta uppfattningarna har innehåll med drag av Newtons mekanik, av tidigare modeller liksom av vardagsuppfattningar. Nedan ges ett par kortare exempel som visar på karaktären av samtalen, för ett fylligare material hänvisas till Anderberg (Anderberg et al., 2005b) och Alvegård (Alvegård et al., 2005, 2006)

Samtalet med Amanda tyder, som helhet, på att hennes syn på fysikens teoribildning är starkt påverkad av en vardagssyn, som t.ex. att ”gravitationskraften hjälper till”. Uttrycken som fokuseras har ofta innebörder andra än de fysikaliska. Uttrycksmässigt finns en pendling

mellan säkerhet och osäkerhet. Säkerheten ligger i att hon för sig själv verkar ha konstruerat en någorlunda motsägelsefri och fungerande förklaring för den specifika frågeställningen. Osäkerheten uttrycktes med ord som ”kanske”, ”antagligen” eller ”det kanske är fel”, eller genom att hon refererar till många olika uttryck samtidigt.

...Den [bollen] får en viss energi i början, får acceleration och en hastighet. (Paus). Som gör att den kan färdas genom luften. Den får en kraft.

I ett andra samtal med Amanda avseende ”pucken” ger hon förklaringen till varför friktionen mellan pucken och isen blir större ju längre pucken färdas:

R: Det är väl i början när hastigheten är väldigt hög så blir det lättare för den [pucken] att övervinna friktionen. Den borde väl vara konstant egentligen, men det kan den ju aldrig vara eftersom isen är ju så olika på varje plats. Så det kommer att ändras.

Amanda startar här från den vardagliga situationen, där friktionskoefficienten kan vara hastighetsberoende bl.a. på grund av att puckens påverkan på isen kan bero av dess hastighet. Därefter refererar hon en teoretisk approximation, för att slutligen hänvisa till isens lokalt varierande karaktär.

Cecilia laborerar med olika uttryck, ”kraft”, ”initial kraft” och ”yttre kraft” då hon beskriver tillslaget av pucken och dess rörelse:

Ja, det [att pucken till slut stannar] beror ju på de yttre påverkande krafterna. Och dessa krafter påverkar pucken hela tiden med samma kraft, medan den här kraften som man fått från själva pucktillslaget eller vad man ska säga, är en initial kraft, en kraft som bara verkar vid ett litet tillfälle, så den kraften kommer att förbrukas allt eftersom. Och därigenom kommer tillslut friktionskraften som är den största som påverkar det hela, att vara lika stor som de krafterna, eller den kommer att ta ut de krafterna vid ett visst läge, men den kommer aldrig att påverka pucken så att den börjar åka åt friktionens riktning.

Vid tillslaget av pucken verkar en ”initial kraft” under ett kort tidsintervall, denna ”kraft” kommer sedan att ”innehållas” i pucken och minska (”förbrukas”) p.g.a. ”yttre krafter”. Cecilias innebörd av ”initial kraft” bör i vissa avseenden jämföras med den fysikaliska innebörden av ”kraft”, medan innebörden av ”kraften som innehålls i pucken” har vissa likheter med fysikens rörelsemängd eller kinetiska energi och slutligen är innebörden av ”yttre kraft” att jämföras med den fysikaliska innebörden av uttrycket ”kraft”.

Valet av uttrycket ”yttre kraft” är ett exempel på att studenterna ibland använder ämnesmässiga uttryck från andra delar av disciplinen och ger dem andra än de ämnesmässiga innebörderna, ett annat sådant uttryck är ”inre kraft”. Dessa uttryck användes inom ämnet då man betraktar partikelsystem, utsträckta kroppar eller system av kroppar. En yttre kraft är en kraft som påverkar systemet eller den utsträckta kroppen som helhet, medan inre krafter uttrycker växelverkan mellan systemets beståndsdelar. Cecilia sätter däremot ”yttre kraft” i motsatsförhållande till ”kraften” som pucken/bollen erhållit i tillslag respektive ”kastandet”.

Diskussion

I denna studie, liksom i en tidigare studie med lärarstudenter, har frågor riktats till deltagarna om hur de har upplevt samtalssituationen. Överlag ger båda studentgrupperna uttryck för att de har upplevt det meningsfullt att få reflektera över sin språkanvändning och relationen till vilken roll den har för deras förståelse av det problem som varit i fokus. I båda studierna framkommer det synpunkter från flera deltagare som visar på att man upplevt det utvecklande och lärorikt och för samtidigt fram att dessa möjligheter till reflektion borde få förekomma i undervisningen. Skillnaderna mellan studenterna i denna undersökning och lärarstudenterna är främst att lärarstudenterna upplevde att sättet att belysa samspelet mellan språkanvändning och kunskapsbildning hade medfört att de hade blivit mer medvetna om att detta är viktigt att beakta inte bara för sin egen kunskapsbildning inom ämnet utan också ur ett lärarperspektiv. Det ansågs väsentligt att vara medveten om relationens komplexitet och mångtydighet och på det sättet kunna bidra med bättre beredskap i undervisningen för detta.

Den resultatbild som presenteras i denna studie visar hur flera studenter använde disciplinärt använda uttryck, som vid närmare undersökning visade sig ha icke-ämnesmässiga innebörder. Vi ser också i denna undersökning att de språkliga uttrycken som använts inte alltid visar på direkta/konsistenta relationer till innebörder och uppfattning

Komplexiteten och mångtydigheten visar sig vara avsevärt mer framträdande på uttrycksnivån än på innebörds- och uppfattningsnivån. Antagande i sociokulturella teorier om att språkliga uttryck förmedlar eller utgör en förmedlande länk till tänkande blir utifrån denna resultatbild ett mer riskfyllt antagande i lärsituationer än i andra sammanhang. Eftersom antagandet leder bort från komplexiteten och mångtydigheten av relationen mellan kunskapsbildning och språkanvändning utifrån ett aktörsperspektiv. Sätt att kommunicera kan utan större problem förmedlas eller approprieras, däremot kan inte samspelet mellan uppfattning, innebörd och uttryck förmedlas, de måste konstitueras och begripliggöras utifrån den lärandes perspektiv.

Acknowledgement

Detta projekt har haft finansiellt stöd av Vetenskapsrådet.

References

Alvegård, C., Anderberg, E., Svensson, L., & Johansson, T. (2005). *Relation between expression, meaning and conception as expressed by students when discussing an everyday mechanical situation*. Paper presented at NFPF/NERA 33rd Congress, March 10-12, 2005, Oslo.

- Alvegård, C. & Anderberg, E. (2006). *The interplay between content, language meaning and expressions*. Paper presented in the symposium The interplay between language and thought in understanding problems from a student perspective at AERA (American Educational Research Association) Annual Meeting, San Fransisco, April 8-12, 2006.
- Anderberg, E. (1999). *The relation between language and thought revealed in reflecting upon words used to express the conception of a problem*. Diss. Lund: Lund University Press
- Anderberg, E. (2000). *Word meaning and conceptions. An empirical study of relationships between students' thinking and use of language when reasoning about a problem*. *Instructional Science*. 28: 89-113
- Anderberg, E. (2003) *Språkanvändningens funktion vid utveckling av kunskap om objekt. Institutionen för pedagogik och didaktik (Göteborg Studies in Educational Sciences, 198)*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Anderberg, E., Alvegård, C., Johansson, T., & Svensson, L. (2005a). *Micro processes of learning when exploring relationships between conceptions, meanings and expressions*. Paper presented at NFPF/NERA 33rd Congress, Oslo.
- Anderberg, E., Alvegård, C., Svensson, L., & Johansson, T. (2005b). *Språkanvändning och kunskapsbildning. Pedagogiska institutionen*. (Pedagogiska rapporter nr 85, 2005). Lund: Pedagogiska institutionen.
- Carmichael, P., Driver, R., Holding, B., Phillips, I., Twigger, D., & Watts, M. (1990). *Research on students' conceptions in science: A bibliography*. Leeds, UK: Centre for Studies in Science & Mathematics Education, University of Leeds.
- Hestenes, D., Wells, M. and Swackhamer, G (1992). Force Concept Inventory, *Physics Teacher*, 30, 141-58
- Johansson, B., Marton, F., & Svensson, L. (1985). An approach to describing learning as change between qualitatively different conceptions. In L. H. T. West and A. L. Pines, eds., *Cognitive structure and conceptual change*. pp. 233-258. Orlando: Academic Press.
- Marton, F. (1981). Phenomenography. Describing conceptions of the world around us. *Instructional Science*, 10: 177-200.
- Marton, F., & Booth, S. (1997). *Learning and awareness*. New Jersey: Erlbaum Associates.
- McDermott, L. C., & Redish, E. D. (1999). Resource letter PER-1: Physics education research. *American Journal of Physics*, 67(7): 755-767.
- Pfundt, H. & Duit, R. (1994). *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education (4th ed.)*. Kiel, Germany: IPN.
- Svensson, L. (1984). *Människobilden i INOM-gruppens forskning. Den lärande människan*. (Rapport nr 1984:3). Pedagogiska institutionen, Göteborgs universitet
- Svensson, L. (1985). *Contextual analysis - the development of a research approach*. Paper presented at the 2nd Conference on Qualitative Research in Psychology. Leusden, The Netherlands: August 1985.
- Svensson, L. (1989). The conceptualisation of cases of physical motion. *European Journal of Psychology of Education*, IV (4): 529-545.
- Svensson, L. (1997). Theoretical foundations of phenomenography. *Higher Education Research & Development*, 16(2): 159-171.
- Viennot, L. (1979) Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1: 205.