

Submitted to the Faculty of Educational Sciences at Linköping University in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctorate of Philosophy

Studies in Science and Technology Education No 13

“Enligt fysiken eller enligt mig själv?”

Gymnasieelever, fysiken och grundantaganden om världen

Lena Hansson

Nationella forskarskolan i
naturvetenskapernas och teknikens didaktik

fontD



Linköpings universitet
UTBILDNINGSVETENSKAP



Linköpings universitet, Institutionen för samhälls- och välfärdsstudier,
Norrköping 2007

Studies in Science and Technology Education (FontD)

The Swedish National Graduate School in Science and Technology Education, FontD, <http://www.liu.se/fontd>, is hosted by the Department of Social and Welfare Studies and the Faculty of Educational Sciences (OSU) at Linköping University in collaboration with the Universities of Umeå, Karlstad, Linköping (host) and the University Colleges of Malmö, Kristianstad, Kalmar, Mälardalen and The Stockholm Institute of Education. FontD publishes the series *Studies in Science and Technology Education*.

Distributed by:

The Swedish National Graduate School in Science and Technology Education, FontD, Department of Social and Welfare Studies
Linköping University
SE-601 74 Norrköping, Sweden.

Lena Hansson (2007)

“Enligt fysiken eller enligt mig själv?” – Gymnasieelever, fysiken och grundantaganden om världen

ISSN: 1652-5051

ISBN: 978-91-85895-39-7

© Lena Hansson

Printed by LiU-Tryck, Linköping University, Linköping, Sweden.

SAMMANFATTNING

I avhandlingen studeras elevers grundantaganden om världen, samt de grundantaganden som eleverna förknippar med fysiken. Det är utifrån de grundantaganden vi gör om hur världen är beskaffad som vi försöker tolka och förstå nya fenomen och företeelser vi möter, t.ex. i den naturvetenskapliga undervisningen. Exempel på grundantaganden kan vara att det existerar en materiell värld, att det inte finns något annat än den materiella världen, att en gud existerar som kan ingripa i skeendet här på jorden, att allting som finns har eller kommer att få en naturvetenskaplig förklaring, att allt som finns har en mening, eller att naturen är överordnad oss människor. I avhandlingen ligger intresset primärt på grundantaganden som vanligtvis tas för givna i naturvetenskapen samt sådana som är av intresse för relationen mellan naturvetenskap och religion.

För avhandlingens empiriska studier har ett specifikt område, nämligen universums uppkomst och utveckling samt existentiella frågor relaterade till detta, valts som ram för elevernas resonemang. Avhandlingen bygger på två olika studier. I den första studien studeras elevers skriftliga svar och uttalanden under intervjuer, medan den andra studien bygger på observationer av elevers gruppdiskussioner. Gruppdiskussionerna utformades utifrån erfarenheterna från den första studien och utgjorde en del av en undervisningssekvens inom ramen för elevernas fysikundervisning. Eleverna som deltar i de båda studierna går alla det tredje året på gymnasiet och läser kursen Fysik B.

Resultaten visar att det finns elever som beskriver sin egen och fysikens syn på olika sätt. Detta gäller såväl frågor om universums uppkomst och utveckling som frågor om t.ex. relationen mellan naturvetenskap och religion. Resultaten visar vidare att de grundantaganden som vanligtvis underförstås i fysiken inte med självklarhet associeras med fysiken av eleverna. I avhandlingen lyfts tre argument fram för att en diskussion bör föras, inom ramen för fysikundervisningen, kring vilken typ av grundantaganden som fysiken bygger på samt andra typer av antaganden som människor kan göra om hur världen är beskaffad. Det första argumentet handlar om att det är svårt att förstå resonemang och modeller i fysiken om man inte känner till de grundantaganden som fysiken bygger på. Det andra argumentet handlar om att grundantaganden bör ses som en del av undervisningen om naturvetenskapens natur (NOS). Resultaten visar att det är vanligt att elever associerar scientistiska synsätt med fysiken. Scientism innebär att man menar att ingenting utom det som är åtkomligt för naturvetenskapen existerar. Detta utesluter möjligheten att andra möjliga dimensioner av verkligheten än den materiella existerar. Det tredje argumentet handlar om elevens identitet i relation till fysiken. Att förknippa

fysiken med antaganden som inte av nödvändighet måste förknippas med fysiken (t.ex. scientistiska synsätt) kan göra att elever, som inte själva delar dessa antaganden, får svårare att identifiera sig med fysiken och kanske t.o.m. väljer bort studier i fysik när möjlighet ges.

INNEHÅLL

1. ARTIKLARNAS LISTA.....	5
2. INLEDANDE BESKRIVNING AV FORSKNINGSINTRESSE.....	7
3. ÖVERGRIPANDE FÖRSTÅELSE.....	9
4. TEORETISKT RAMVERK.....	15
4.1. Att lära naturvetenskap – en identitetsfråga.....	15
4.2. ”Cross-cultural learning” – ett alternativt sätt att lära naturvetenskap.....	18
4.3. Kunskap på olika nivåer.....	21
4.4. Relationen mellan naturvetenskap och religion.....	22
4.5. Naturvetenskapen och grundantaganden.....	25
4.6. Grundantaganden om världen och lärande.....	29
4.7. ”Worldview theory” och cross-cultural learning”.....	32
5. KOSMOLOGI SOM KONTEXT FÖR PROJEKTET.....	35
5.1. Kosmologi – ett existentiellt laddat område.....	35
5.2. Kosmologi i idéhistorien.....	35
5.3. Kosmologi i modern vetenskap.....	37
5.4. Tidigare studier på elevers synsätt på kosmologiområdet.....	40
6. KOSMOLOGI OCH VÄRLDSBILD I SKOLANS KURSPLANER...	43
6.1. Kosmologi i skolans kursplaner.....	43
6.2. Världsbild i skolans kursplaner.....	43
7. DESIGN AV PROJEKTET.....	47
7.1. Syfte.....	47
7.2. Övergripande beskrivning av projektets delstudier.....	47
7.3. Ungdomsgruppen.....	48
7.4. Delstudie 1.....	49
7.5. Delstudie 2.....	52
7.6. Om resultatens generaliserbarhet och relevans för fysikundervisning.....	54
7.7. Etiska överväganden.....	56
8. SAMMANFATTNING AV ARTIKLARNAS.....	59

9. SLUTSATSER, DISKUSSION OCH IMPLIKATIONER.....	61
9.1. Betydelsen av grundantaganden för förståelsen av naturvetenskapliga modeller.....	61
9.2. Fysikens syn – elevens syn.....	64
9.3. Att fråga om det vi vill veta.....	65
9.4. Grundantaganden om världen som en del av naturvetenskapens natur.....	69
9.5. ” <i>Jag är naturvetare – jag är inte så religiös</i> ”. Bilden av fysiken i relation till elevens identitet.....	70
9.6. Grundantaganden om världen i undervisningen.....	73
10. ENGLISH SUMMARY.....	77
10.1. Chapter 1: The articles listed.....	77
10.2. Chapter 2: Description of research interest.....	77
10.3. Chapter 3: Overall frame of understanding.....	78
10.4. Chapter 4: Theoretical framework.....	79
10.5. Chapter 5: Cosmology as context for the project.....	81
10.6. Chapter 6: Cosmology and worldview in the science syllabuses.....	82
10.7. Chapter 7: Design of the project.....	82
10.8. Chapter 8: Summary of the articles.....	83
10.9. Chapter 9: Conclusions, discussions, and implications.....	83
TACK TILL.....	87
REFERENSER.....	89

1. ARTIKLARNAS LISTA

Artikel A*: Hansson, L. & Redfors, A. (2006a). Swedish Upper Secondary Students' Views of the Origin and Development of the Universe. *Research in Science Education*, 36, 355-379.

Artikel B*: Hansson, L. & Redfors, A. (2007a). Physics and the Possibility of a Religious View of the Universe: Swedish Upper Secondary Students' Views. *Science & Education*, 16(3-5), 461-478. Publicerad "Online First" 2006.

Artikel C*: Hansson, L. & Redfors, A. (2006b). Tre elever berättar om universum, gud och fysiken. *Nordina*, 1/06, 31-43.

Artikel D*: Hansson, L. & Redfors, A. (2007b). Upper secondary students in group discussions about physics and our presuppositions of the world. *Science & Education*, 16(9-10), 1007-1025. Publicerad "Online First" 2006.

*Enligt överenskommelse i forskargruppen LISMA (och inom den nationella forskarskolan FontD) finns handledaren regelmässigt med som medförfattare i sin egenskap av handledare.

Hädanefter kommer artiklarna ovan att refereras till som Artikel A-D.

"Enligt fysiken eller enligt mig själv?"
Lena Hansson

2. INLEDANDE BESKRIVNING AV FORSKNINGSINTRESSE

Fysiken har väl visat att det inte finns någon gud? Frågan kom från en elev på väg in i klassrummet där fysik stod på schemat. Tillsammans med några andra var eleven mitt uppe i en diskussion och sökte, när han träffade på mig som fysiklärare, stöd för sin syn att någon gud inte existerar. Händelsen fick mig att fundera kring elevers syn på relationen mellan naturvetenskap och religion, men också kring vilka synsätt de förknippar med fysiken/naturvetenskapen och som de känner att fysiken/naturvetenskapen stödjer. Händelsen kan därför utgöra ett illustrativt exempel på det som blivit mitt forskningsintresse och som den här avhandlingen har kommit att handla om.

Jag intresserar mig i projektet för elevernas världsbilder och hur de hanterar olika slags bidrag till denna. Det är rimligt att anta att individen hämtar bidrag till sin världsbild från många olika källor, i olika miljöer och i kontakt med olika människor. Ett sådant ställe är i den naturvetenskapliga undervisningen. I mötet med naturvetenskapen och dess sätt att studera och tolka fenomen i vår omgivning möter individen ett nytt och specifikt sätt att se på världen. De flesta människor bygger dock inte sin världsbild på enbart naturvetenskapliga modeller och antaganden (Cobern, 1996; Helve, 1991). Jag är specifikt intresserad av hur gymnasieelever hanterar olika bidrag till världsbilden och hur de menar att dessa förhåller sig till varandra. I mitt projekt har jag valt att fokusera på naturvetenskapliga respektive religiösa synsätt. Detta gör jag genom att utgå från hur eleverna resonerar kring frågor som rör universum, speciellt dess tillkomst och utveckling. Detta område inrymmer frågor som för många människor är av existentiell karaktär eller gränsar till sådana.

Jag är i projektet inte bara intresserad av elevernas egna världsbilder, utan också av vilken slags världsbilder de förknippar med fysiken – d.v.s. vilka världsbilder som eleverna uppfattar att fysiken stödjer. Den bild eleverna har av fysiken, är som jag ser det, intressant eftersom det är denna fysik som de har möjlighet att förhålla sig till och känna att de vill eller inte vill vara en del av (t.ex. på grund av i vilken mån den världsbild som de förknippar med fysiken känns tilltalande eller inte).

Innan vi tittar närmare på de empiriska studierna kommer en forskningsbakgrund som syftar till att sätta in studien i ett större sammanhang att ges. Forskningsbakgrunden utgör en förstälseram för avhandlingen och i samband med denna kommer också avhandlingens övergripande syfte att skisseras. Därefter kommer den teoretiska ram utifrån vilken analysen av det empiriska materialet genomförs att beskrivas. Detta innebär att det perspektiv på lärande och kunskap

som antas i avhandlingen presenteras. Därefter kommer valet av kontext för projektet – kosmologi – att motiveras. Den plats som kosmologi och världsbild har i skolans kursplaner kommer också att beskrivas. Därefter preciseras studiens syften och en beskrivning av designen av de empiriska studierna ges. Det empiriska materialet består av elevers skrivna svar på öppna frågor, intervjuer med enskilda elever samt elevers diskussioner i grupp under en fysiklektion. Utifrån analysen av data har fyra artiklar (se appendix) skrivits. Dessa finns också listade i kap. 1 och sammanfattade i kap. 8. Avhandlingen avslutas med en diskussion av slutsatser och implikationer för undervisning och vidare forskning.

3. ÖVERGRIPANDE FÖRSTÅELSERAM

Idag ser många i samhället med oro på ungdomars bristande intresse för naturvetenskap och tendensen att de väljer bort naturvetenskapliga inriktningar på olika nivåer i utbildningssystemet (se t.ex. EU, 2004; Jacobs & Simpkins, 2005; Sjøberg & Schreiner, 2005). För det mesta handlar den oro som uttrycks om *antalet* ungdomar som väljer naturvetenskapliga inriktningar på gymnasie- respektive universitetsnivå. Stenmark (2004) diskuterar dock en annan aspekt som jag vill anknyta till. Han menar att eftersom naturvetenskaplig forskning inte är världsbilds- eller ideologineutral så är det viktigt att vara uppmärksam på *vilka* världsbilder och ideologier som finns, respektive inte finns, representerade i forskningens olika faser.

Det förekommer en mängd olika definitioner/användningar av såväl begreppet ”ideologi” som av begreppet ”världsbild”. Begreppen används också ofta på liknande sätt och det kan vara svårt att skilja användningen av dem åt. T.ex. menar Bråkenhielm (2001), som själv talar om livsåskådningar, att man om liknande företeelser i statsvetenskapen använder begreppet ”ideologier”, i sociologin ”attityder”, i antropologin ”världsbild” och i filosofin ”metafysik” (s. 8). Antagligen beroende av begreppens användning inom olika discipliner innefattar användningen av begreppet ”ideologi” ofta människors synsätt i relation till olika samhällsfrågor (politiska synsätt), medan världsbild syftar på ontologiska synsätt – alltså människors syn på vad som kännetecknar världen. Det är så jag tänker kring begreppen och jag kommer längre fram att välja att fokusera på världsbild. Med begreppet ”världsbild” menar jag mer specifikt de grundläggande antaganden som människor gör om hur världen är beskaffad (se vidare kap. 4).

Att bli uppmärksam på vilka världsbilder/ideologier som finns närvarande innebär att man riktar intresset mot *vilka* ideologier/världsbilder som finns representerade bland de som väljer naturvetenskapliga studieinriktningar. Det är önskvärt (Stenmark, 2004) att

”the scientific community consists of people with different ideological or religious backgrounds so that the research topics undertaken and the questions asked reflect the interests of different groups of people” (s. 220-221).

För att elever med olika världsbilder och ideologier ska kunna identifiera sig med och intressera sig för naturvetenskapen behöver de få se exempel på hur naturvetenskap sätts in i olika ideologiska sammanhang – t.ex. hur människor

med olika ideologier och världsbilder arbetar med naturvetenskaplig forskning (Stenmark, 2004).

Fourez (1988) är tidig inom det naturvetenskapliga didaktiska forskningsfältet med att diskutera ideologier i relation till naturvetenskaplig undervisning. Han menar att all naturvetenskaplig undervisning är präglad av ideologiska föreställningar, men att det ofta föreligger en stor omedvetenhet om detta. Fourez ger ett exempel på en lärare som menar att i hans lärobok förekommer bara naturvetenskap och inga ideologier. Oberoende av lärarens omedvetenhet om förhållandet så förekommer alltid implicita budskap, av olika slag, i läroböcker och i undervisningen (Fourez, 1988) och dessa kommer att påverka elevernas bild av naturvetenskapen.

Östman & Roberts (1994) talar om "companion meanings" – följemeningar – vilka "*accompany scientific meaning in science education*" (Roberts, 1998). Dessa följemeningar:

"can be either deliberately planned and incorporated in policy (as with curriculum emphases) or 'unintentional' (as with gender bias, world view bias, cultural bias, and many others)." (Roberts, 1998, sid. 11)

Östman (1998) talar om hur det i undervisningen, genom sådana följemeningar, kommuniceras en syn på vetenskapen, naturen respektive förhållandet mellan människan och naturen. För att få syn på dessa följemeningar och bli medveten om vilken roll de spelar måste man notera skillnaden mellan det budskap som kommuniceras i klassrummet och andra möjliga alternativa budskap. Detta gör man genom att notera också vad som inte sägs, men kunde ha sagts (Östman, 1998). På liknande sätt – vad gäller världsbild – talar Kilbourn (1980) om att specifika världsbilder förekommer i undervisningen och som sådana blir en del av den dolda läroplanen. Även Fysh & Lucas (1998) diskuterar problemet med de budskap som eleverna får vad gäller saker som inte diskuteras explicit i undervisningen. I deras fall handlar det om relationen mellan naturvetenskap och religion.

Risken med en naturvetenskaplig undervisning som är präglad av en enskild ideologi/världsbild är att elever, som inte delar denna, på grund av detta blir mindre intresserade av att engagera sig i och lära naturvetenskap. Detta anknyter till t.ex. Brickhouse (2001) som hävdar att lära naturvetenskap måste förstås i relation till elevens identitet. Huruvida en individ vill ta del av naturvetenskaplig undervisning blir då delvis en fråga om hur eleven ser på naturvetenskap i relation till den person hon/han själv vill vara (se vidare kap. 4). Om naturvetenskapen/fysiken förknippas med en specifik världsbild eller ideologi, finns det en

risk att detta leder till att de elever som inte delar denna, när de får möjlighet, väljer att inte studera naturvetenskap/fysik. Det som då inträffar är att vi får en exkludering av individer såväl som av ideologier/världsbilder.

På grund av detta är det centralt att man blir medveten om vilka ideologier/världsbilder som är förhärskande i den naturvetenskapliga undervisningen¹ (den formella undervisningen i skolan, men också i t.ex. media) och vilka som är frånvarande. Det kan handla om att göra analyser av läroplaner och läromedel (exempel på sådana studier är Knain (2001), Svenbäck (2003) och Östman (1995)), eller av undervisning (t.ex. Proper, Wideen & Ivany, 1988; Szybek, 2002). Hur kursplaner präglas av specifika ideologier diskuteras också av t.ex. Duschl (1988) och Kilbourn (1980-81). Säther (2003) betonar dock vikten av att inte stanna vid detta utan också rikta fokus mot hur elever faktiskt uppfattar dessa budskap:

”The study of ideological aspects in science education ought to be focused not only on the formal level (e.g., acts, curriculum documents, textbooks). Research in this area has also to be directed to students’ and teachers’ experience and thinking to identify more of how the curriculum is put into practice. *In the future it seems to be a task to find out more about how children interpret the world picture given in a science education framework in relation to religious and spiritual dimensions.*” (Säther, 2003, s. 253) [min kursivering]

Det handlar alltså om att lyssna till hur eleverna uppfattar naturvetenskapen – vilka värderingar och synsätt som de förknippar med den naturvetenskapliga kulturen² – och inte stanna vid att se till lärarens eller forskarens bedömning av de budskap som kommuniceras i styrdokument, läromedel eller i den naturvetenskapliga undervisningen.

¹ I studier av elevers intresse/attityder skiljer man ofta mellan intresse för skolans naturvetenskapliga undervisning och intresse för naturvetenskap (t.ex. olika fenomen och företeelser eller nutida naturvetenskaplig forskningsverksamhet). I studier av naturvetenskapens natur blir detta inte en skillnad på samma sätt. T.ex. vid studier av elevers förståelse av naturvetenskaplig metod, eller av synen på relationen mellan modell och verklighet, menar man att detta säger något om elevens förståelse av naturvetenskapen, även om den naturvetenskapliga undervisningen i skolan i hög utsträckning bär ansvaret för denna bild. På detta sätt menar jag att eleverna, bland annat genom skolans undervisning, får en bild av naturvetenskapen i relation till olika ideologier/världsbilder (se t.ex. Aikenhead, 1996).

² Naturvetenskapen ses här som en kultur, med t.ex. värderingar, synsätt och överenskomna handlingsmönster. Se vidare kap 4.1 för en diskussion om kulturbegreppet.

Jag belyser i den här avhandlingen vilken typ av världsbilder som eleverna förknippar med fysiken och hur dessa är relaterade till elevernas egna sätt att se på och förstå hur världen är beskaffad. Jag utgår från att det är individens uppfattningar av vad som karakteriserar naturvetenskapen som ligger till grund för huruvida hon känner att den naturvetenskapliga kulturen är något för henne eller ej – inte forskarens eller lärarens syn på samma sak. Detta innebär att jag med den här avhandlingen, snarare än att studera hur fysiken *framställs* i t.ex. undervisning, media och läroböcker, har som syfte att lyssna till och beskriva vad eleverna har att säga om vad de förknippar med fysiken. Med detta upplägg hoppas jag kunna möta Sätters uppmaning ovan.

Det fokus jag har valt handlar om elevers världsbilder. Människors världsbilder grundas inte bara i naturvetenskapens sätt att se på världen, utan också i personliga erfarenheter och i t.ex. religiösa och/eller filosofiska tanke-system (se t.ex. Cobern, 1991; Cobern, 1996; Helve, 1991). Världsbild kan definieras på olika sätt (se t.ex. Cobern, 1991), men man menar vanligtvis människors grundläggande helhetsförståelse av världen. Olika studier väljer att kategorisera och därmed skilja på människors olika världsbilder på delvis olika sätt. T.ex. skiljer Helve (1991) mellan vetenskapliga, religiösa och metafysiska världsbilder. Inom det naturvetenskapliga didaktiska forskningsområdet, finns det författare (Kilbourn, 1980; 1980-81; Proper et al., 1988) som använder Peppers ”world hypotheses”(se Kilbourn, 1980-81), medan andra (Cobern, 1991; 1993; 2000b; Lawrenz & Gray, 1995; Liu & Lederman, 2007; Ogunniyi, Jegede, Ogawa, Yandila & Oladele, 1995) utgår från Kearneys (1984) antropologiska modell för världsbild. Se vidare kap. 4.6 för en beskrivning av Kearneys modell.

Empiriska studier av människors världsbilder har gjorts med fokus på elever/studenter (Cobern, 1993; Cobern, 2000b; Helve, 1991). Dessa studier visar att elevers världsbilder skiljer sig åt och att många elever, när de t.ex. beskriver naturen, inte primärt använder sig av ett naturvetenskapligt beskrivningssätt (Cobern, 1993; Cobern, 2000b). Cobern (2000b) visar också på en begränsad förståelse hos många elever av antagandet om att naturen är ordnad, vilket naturvetenskapen bygger på (se kap. 4.5 för en diskussion kring antaganden som ligger till grund för naturvetenskapen). Författaren argumenterar för att mer forskning behöver fokusera på hur elever förstår det här grundantagandet. Det har även gjorts studier av världsbild som fokuserar på lärare eller lärarstudenter. Liu & Lederman (2007) studerar lärarstudenter och visar att det finns mönster mellan deras världsbilder och deras förståelse av naturvetenskapens natur (NOS). Studier visar också på stora skillnader mellan lärare/lärarstudenters grundantaganden om världen (Cobern & Loving, 2000b; Lawrenz & Gray, 1995; Ogunniyi et al., 1995). Trots dessa individuella skillnader visar Proper et al. (1988) att det i den naturvetenskapliga undervisningen endast framträder ett

fåtal världsbilder och att dessa dessutom i hög utsträckning presenteras dolt. Detta gäller både i läroböcker och i lärares tal. De menar att det behövs forskning som studerar effekterna av detta på elever. De argumenterar för att skolan bör presentera olika världsbilder för eleverna och göra detta på ett explicit sätt. Även Kilbourn (1980) argumenterar för att olika typer av världsbilder bör tydliggöras i undervisningen. Cobern & Loving (2000b) visar hur fyra olika lärare uttrycker sina personliga vetenskapliga världsbilder. Dessa skiljer sig i betydande utsträckning från varandra och författarna argumenterar för att lärarens personliga tolkning av naturvetenskapen och det sätt som den blir meningsfull för henne eller honom bör göras tydligt i klassrummet. Detta bör ske i en diskussion med eleverna där det blir tydligt att dessa tolkningar ser olika ut för olika individer – också för olika individer skolade i naturvetenskap.

Jag intresserar mig (se också ovan) inte bara för elevers egna världsbilder, utan även för vilka slags världsbilder som de förknippar med fysiken och hur elever hanterar sin bild av fysiken när de beskriver sina egna synsätt. Området (universum, speciellt dess tillkomst och utveckling) som valts för elevernas resonemang i studierna är speciellt intressant i relation till detta, eftersom det är ett område där naturvetenskap i många människors världsbilder möter religiösa synsätt (se vidare kap. 5 för en diskussion kring valet av kosmologiområdet som kontext för projektet).

Hur elever/studer/lärare ser på relationen mellan naturvetenskap och religion har studerats tidigare. I vissa fall har detta gjorts i relation till naturvetenskap i allmänhet (Esbenshade, 1993; Fysh & Lucas, 1998; Keranto, 2001; Koul, 2003; Loving & Foster, 2000; Roth & Alexander, 1997) och i andra studier i relation till specifika naturvetenskapliga modeller såsom evolutionsteorin (Dagher & BouJaude, 1997; Jackson, Doster, Meadows & Wood, 1995; Martin-Hansen, 2006), eller i något enstaka fall i relation till kosmologiområdet (Shipman, Brickhouse, Dagher & Letts IV, 2002). Studierna visar att det finns elever och lärare som menar att naturvetenskap och religion är i konflikt med varandra. Hur vanligt detta är skiljer sig åt mellan de olika studierna (se Fysh & Lucas, 1998 för en diskussion kring detta). Det kan bero på hur frågorna ställs, men naturligtvis också på de olika samhällen eleverna/lärarna lever i och på vilken syn eleverna/lärarna har på religion liksom på naturvetenskap (se vidare kap. 4.4). Man har vidare sett att sådana upplevda konflikter mellan naturvetenskap och religion kan påverka lärandet i naturvetenskap (Dagher & BauJaude, 1997; Roth & Alexander, 1997).

Det som utmärker den studie jag gör är att jag skiljer mellan elevernas egna synsätt och de synsätt som de förknippar med fysiken och intresserar mig för hur grundantaganden om världen (se vidare kap. 4) hänger ihop med detta. Avhand-

lingens titel syftar på den skillnad som görs mellan elevens eget synsätt och det synsätt som hon/han förknippar med fysiken. Frågan ställdes av en elev under en intervju där bådadera diskuterades. I nästa kapitel kommer avhandlingens teoretiska ram att beskrivas.

4. TEORETISKT RAMVERK

Jag kommer i det här kapitlet att beskriva de teoretiska utgångspunkter jag använder mig av i avhandlingen. För det första gäller detta det perspektiv på lärande som antas. Frågor som vad det kan innebära att ”lära naturvetenskap” samt vilka förutsättningar och hinder man kan se för lärande kommer att belysas. Redan nu kan man säga att utgångspunkten finns i ”science for all”-traditionen, eller ett humanistiskt perspektiv på naturvetenskaplig undervisning (se Aikenhead (2006) för en forskningsöversikt). Inom ramen för detta utgår jag från ett ”cross-cultural” perspektiv (Aikenhead, 1996) på lärande och undervisning i naturvetenskap. ”Kultur” rymmer många olika aspekter och det jag här väljer att fokusera på är världsbild eller mer specifik grundantaganden om världen (Cobern, 1991; Cobern, 1996).

För det andra blir det också, för att kunna säga något mer specifikt om lärande, nödvändigt att beskriva hur jag ser på naturvetenskaplig kunskap. Naturligtvis finns det en mängd olika aspekter på kunskap och kunskapsbildning och jag har inte för avsikt att ge en heltäckande beskrivning av detta. Jag begränsar mig i stället till att lyfta fram de aspekter som är centrala för avhandlingen. Detta gör att de grundantaganden som naturvetenskapen bygger på samt naturvetenskapens gränser och relation till religion kommer att stå i fokus.

4.1. ATT LÄRA NATURVETENSKAP – EN IDENTITETSFRÅGA

I det perspektiv som här antas ses naturvetenskaplig undervisning som ett kulturmöte. Att tala om undervisning som kulturmöten är inget nytt, men det har på senare år vidareutvecklats. I ett första skede uppmärksammade forskningsfältet att naturvetenskapen utgör en främmande kultur för elever i icke-västerländska kulturer. Senare har man dock noterat att naturvetenskapen även för västerländska elever utgör en främmande kultur (se t.ex. Aikenhead (2006)). Olika typer av kulturperspektiv på naturvetenskaplig undervisning har identifierats av Pomeroy (1994).

Phelan, Davidson & Cao (1991) talar om de kulturmöten eleverna ställs inför bl.a. i skolan. De talar om att eleverna flyttar sig mellan olika ”världar”. Var och en av dessa världar kännetecknas av *”values and beliefs, expectations, actions, and emotional responses familiar to insiders”* (s. 225). Det är med denna innebörd jag använder begreppet kultur³ och följer därmed Aikenhead (1996). Ut-

³ För en översikt av den stora mängd kulturdefinitioner som återfinns i litteraturen se t.ex. Eisenhart (2001), Erickson (2004) och Aikenhead (1996).

ifrån detta ses naturvetenskapen som en kultur (Aikenhead, 1996), som utifrån Phelan et al. (1991) kan beskrivas genom t.ex. de specifika handlingsmönster, värderingar och synsätt (”beliefs”) som kännetecknar den. ”Synsätt” för den naturvetenskapliga kulturen utgörs av t.ex. naturvetenskapliga modeller, men också de grundantaganden som dessa modeller bygger på (se vidare kap. 4.5). En del av dessa värden, synsätt, förväntningar o.s.v. uttrycks explicit, men det är också viktigt att se att de i många fall är implicita och kommuniceras mer eller mindre medvetet, t.ex. i den naturvetenskapliga undervisningen (Fourez, 1988; Kilbourn, 1980; 1980-81; Roberts, 1998; Östman, 1998; se också kap. 3 ovan). Bland annat genom undervisningen förmedlas alltså bilder av den naturvetenskapliga kulturen. Det är på detta sätt jag ser på det och menar att eleverna, bland annat genom skolans undervisning, får en bild av naturvetenskapen i relation till olika ideologier/världsbilder: *”the subculture of school science always conveys images of science as a subculture, even though science educators may pretend that it does not, or may disagree over those images”* (Aikenhead, 1996, s. 11). Det är hur elever uppfattar denna bild av naturvetenskapen och dess synsätt som jag är intresserad av att studera.

Phelan et al. (1991) har utifrån en empirisk undersökning utvecklat en typologi (fyra typer) som beskriver hur eleverna flyttar sig mellan olika kulturer, t.ex. mellan hemmet och skolan. För vissa elever liknar kulturerna varandra och övergångarna mellan dem blir enkla, medan övergång i andra fall blir närmast omöjlig. Costa (1995) relaterar elevers framgångar i skolan till hur enkla övergångar mellan kulturerna hemma och i skolan är och finner fem olika elevkategorier: ”Potential Scientists”, ”Other Smart Kids”, ”I Don’t Know Students”, ”Outsiders” och ”Inside Outsiders”. För ”Potential Scientists” är världarna hemma och bland vänner i överensstämmelse med skolans och naturvetenskapens världar. För ”Other Smart Kids” finns överensstämmelse med skolan i stort, men inte med naturvetenskapen. ”I Don’t Know”- och ”Outsider”-elever har hem- och vänförhållanden som står i motsättning till både skolan och naturvetenskapen. Störst motsättningar finns för ”Outsiders”. För ”Inside Outsiders” är världarna hemma och bland vänner oförenliga med skolan, men potentiellt förenliga med naturvetenskapen. Elevernas upplevelser av naturvetenskapen kommer att påverkas av de här olika graderna av samstämmighet respektive konflikt mellan de olika världarna. Aikenhead (2001) har senare kompletterat med ytterligare en kategori: ”I Want to Know”. Elever i denna grupp är intresserade av att lära naturvetenskap, men överensstämmelsen mellan världarna hemma och i skolans naturvetenskap är inte lika god som för ”Potential Scientists”. ”I Want to Know”-elever uppnår heller inte samma förståelse av naturvetenskapen som ”Potential Scientists”, även om den är betydligt bättre än för ”Other Smart Kids” och ”I Don’t Know students” som mest ägnar sig åt memorering.

Lemke (2001) menar att man ofta gör misstaget att undervisa naturvetenskap som om den naturvetenskapliga undervisningen finns i ett vakuum, d.v.s. utan att tänka på att elevernas synsätt till stor del formas i sammanhang utanför skolan:

"We have imagined that the few minutes of the science lesson somehow create an isolated and nearly autonomous learning universe, ignoring the sociocultural reality that students' beliefs, attitudes, values, and personal identities – all of which are critical to their achievement in science learning – are formed along trajectories that pass only briefly through our classes." (s. 305)

Detta innebär att man i den naturvetenskapliga undervisningen inte tar hänsyn till de bidrag till elevernas bilder av världen som är grundade i sammanhang som individen är en del av utanför skolan. Istället ser man naturvetenskapen, såsom den presenteras i skolan, som det enda bidraget till individens bild av världen. Om den naturvetenskapliga kulturen upplevs stå emot individens egen kultur handlar lärande inte bara om att förstå det aktuella stoffet. Lemke (2001) skriver:

"It is not simply a matter of what is true in the narrow rationalist sense; it is always also about who we are, about who we like, about who treats us with respect, about how we feel about ourselves and others" (s. 301).

På liknande sätt menar Brickhouse (2001) och Brickhouse, Lowery & Schultz (2000) att lärande i naturvetenskap inte bara kan ses som ett tillägnande av enskilda begrepp och förståelse av enskilda fenomen, utan också måste ses som en identitetsskapande process. Brickhouse skriver:

"in order to understand learning in science, we need to know much more than whether students have acquired particular scientific understandings. We need to know how students engage in science and how this is related to who they are and who they want to be" (Brickhouse, 2001, s. 286).

Om en individ väljer eller inte väljer att gå in i den naturvetenskapliga undervisningen blir alltså delvis en fråga om hur hon/han uppfattar naturvetenskapen i förhållande till sin egen identitet – vem hon/han är och vill vara. Det är med denna betydelse som jag kommer att använda mig av begreppet identitet. På liknande sätt ser Schreiner (2006) att utbildningsval idag också är ett val av identitet. Ungdomars intresse för naturvetenskap och val av yrken inom naturveten-

skap och teknik är därför en del av ungdomars identitetsformande. Hon visar, på grundval av vad elever är intresserade att lära mer om, hur olika elevgrupper utkristalliserar sig. Dessa grupper ser olika på naturvetenskap, samhället, miljöfrågor och sig själva. Även intresset för naturvetenskap och naturvetenskapligt inriktade yrken ser olika ut för de olika grupperna.

Ovanstående sätt att se på naturvetenskaplig undervisning och lärande som en identitetsfråga för eleven är också i linje med resultaten i Worthley (1992). Författaren har studerat sambandet mellan elevers värderingar, hur de uppfattar naturvetenskapen och deras val av utbildningsinriktning. Hon finner att de elever som valt en naturvetenskaplig studieinriktning i högre utsträckning än andra elever har en samstämmighet mellan egna värderingar och de som de förknippar med naturvetenskapen. För elever som inte väljer en naturvetenskaplig inriktning är olikheterna mellan egna och naturvetenskapens synsätt större. Krogh & Thomsen (2005) har studerat förekomsten av olika typer av "border crossings" och betydelsen av dem för elevers attityder till fysik och val av vidare fysikkurser. De finner att antalet "border crossings" är viktigt för valet av vidare fysikkurser. Värdebaserade "border-crossings" ("strange, boring, different") visar sig vara viktiga, medan traditionsbundna (familjebakgrund) är vanligt men utan att vara direkt relaterade till val eller icke-val av fysik.

4.2. "CROSS-CULTURAL LEARNING" – ETT ALTERNATIVT SÄTT ATT LÄRA NATURVETENSKAP

Konsekvenserna av att se på lärande och undervisning utifrån ett kulturperspektiv har på senare år utvecklats (se t.ex. Aikenhead (2006)). Det traditionella målet med undervisning i naturvetenskap – att eleven ska ta till sig de naturvetenskapliga synsätten (se också kap. 9.3 i diskussionen) – kan man i ett kulturellt perspektiv tala om som överförande av en naturvetenskaplig kultur på individen (Aikenhead, 1996). Cobern & Aikenhead (1998) menar att detta överförande av den naturvetenskapliga kulturen på individen kan vara antingen "supportive or disruptive" beroende på om den naturvetenskapliga subkulturen harmonierar eller ej med individens "vardagskultur". Om kulturerna harmonierar blir naturvetenskapen ett stöd och resultatet blir "enculturation". I annat fall kan lärande ändå ske men genom "assimilation"⁴ och till priset av att eleven tvingas överge eller undertrycka sin egen kultur, vilket Cobern & Aikenhead ser som negativt.

⁴ Observera att innebörden av begreppet "assimilation" här skiljer sig från samma ords innebörd hos t.ex. Posner et al. (1982). De beskriver sin användning så här: "Sometimes students use existing concepts to deal with new phenomena. This variant of the first phase of conceptual change we call assimilation." (Posner et al., 1982, s. 212)

Det här traditionella målet med naturvetenskaplig undervisning – att eleverna ska överge sina eventuella tidigare synsätt och i stället anamma den naturvetenskapliga kulturens beskrivningar refereras av Sjøberg (2005) som beskriver det så här:

”Vissa gånger kan elevernas föreställningar förbättras, modifieras och fördjupas så de blir bättre redskap för förståelse. Men andra gånger skiljer sig barns teorier tydligt *kvalitativt* från den kunskap skolan ska förmedla. /.../ Vid sådana tillfällen kan man inte bygga vidare på elevens förståelse. Tvärtom, den pedagogiska utmaningen blir närmast att få eleverna att göra sig *kvitt* de föreställningar de har.

Brutalt uttryckt måste man försöka riva ner elevens föreställningar och ersätta dem med nya och bättre.” (Sjøberg, 2005, s. 320-321)

Ett liknande sätt att beskriva detta traditionella mål förekommer i Baker & Taylor (1995). Utifrån en sådan utgångspunkt har den naturvetenskapliga undervisningen inte varit speciellt lyckosam, utan tvärt om misslyckats med stora grupper av elever i icke-västerländska (Baker & Taylor, 1995), såväl som västerländska, länder (Aikenhead, 1996). Detta i och med att de trots undervisning i hög utsträckning bibehåller de synsätt de redan före undervisningen gett uttryck för, i stället för att ta till sig de naturvetenskapliga synsätten. Många elever står alltså emot skolans undervisning – de lär sig inte på ett meningsfullt sätt (Aikenhead, 1996).

Redan Posner, Strike, Hewson & Gertzog (1982) ställer frågan om vad målet med naturvetenskaplig undervisning egentligen ska vara:

”Is it realistic to expect science instruction to produce accommodation⁵ in students, rather than merely to help students make sense of new theories?” (s. 225)

I litteraturen har på senare tid synpunkten lagts fram att det är skillnad mellan att förstå och tro på/ta till sig som sitt eget synsätt (Cobern, 1994; 1996; 2004; Smith & Siegel, 2004). Man har också sett hur människor hanterar olika synsätt som kan uppfattas som i konflikt med varandra genom att inte nödvändigtvis ersätta det ena med det andra, utan lär det parallellt med det tidigare eller på

⁵ Begreppet ”accommodation” förklaras så här av Posner et al. (1982): ”Often /.../ the students’ current concepts are inadequate to allow him to grasp some new phenomenon successfully. Then the student must replace or reorganize his central concept. This more radical form of conceptual change we call accommodation.”

olika sätt integrerar det och anpassar det till tidigare synsätt (Jegade, 1995). I linje med detta har också alternativ till det traditionella målet med naturvetenskaplig undervisning förts fram, i form av "cross-cultural learning" (Aikenhead, 1996; Cobern & Aikenhead, 1998). Till skillnad från det traditionella synsättet – där eleven förväntas att fullständigt ta till sig de naturvetenskapliga synsätten och göra dem till sina egna – ger "cross-cultural learning" alltså eleven möjlighet att förstå och lära naturvetenskapliga resonemang, modeller och utgångspunkter utan att göra dessa till sina egna sätt att se på världen. Ett liknande synsätt läggs också fram av Baker & Taylor (1995).

Detta alternativa sätt att lära naturvetenskap kan förekomma antingen i form av att individen väljer att införliva endast valda delar av den naturvetenskapliga kulturen med sin egen, men låter andra vara – "autonomous acculturation" – eller i form av att eleven studerar naturvetenskapen utifrån, ungefär så som en antropolog studerar en främmande kultur – alltså utan att själv ta den till sig – antropologiskt lärande (Aikenhead, 1996).

Aikenhead (1996) menar att det är önskvärt att "cross-cultural learning" lyfts fram i undervisningen som alternativa sätt att närma sig naturvetenskapen. Att bedriva undervisning utifrån ett "cross-cultural approach" kan ta sig olika uttryck. Ett exempel på upplägg ges av Aikenhead (1996) där han föreslår att eleverna arbetar med en anteckningsbok där ena sidan i ett uppslag handlar om den naturvetenskapliga kulturens synsätt och den andra sidan handlar om hur eleven själv ser på fenomenet i fråga. Detta är ett sätt att göra övergångarna mellan de olika kulturenas sätt att beskriva världen explicita för eleverna, vilket är en central uppgift för lärare som vill undervisa utifrån ett "cross-cultural approach".

Aikenhead (1996) lyfter fram två argument för ett "cross-cultural" perspektiv i undervisningen. Det första är det ur etisk synpunkt tveksamma i att försöka tvinga eleverna att byta ut sina kulturellt grundande synsätt mot den naturvetenskapliga kulturens synsätt. På liknande sätt resonerar Cobern (1994) som skriver: *"even if it were practical to teach for belief in something like evolution, to do so would be tantamount to proselytization"* (s. 587). Det andra argumentet som lyfts fram och betonas av Aikenhead (1996) är att man på empiriska grunder bör lämna det traditionella synsättet på vad det innebär att lära naturvetenskap. Den traditionella approachen har helt enkelt misslyckats med stora grupper elever.

Man kan välja att studera olika aspekter av kultur. Den aspekt som jag studerar är de grundantaganden om världen (se nedan) som olika människor gör. Detta är en aspekt av kultur som är intressant för individens lärande av naturvetenskap.

Innan vi går vidare vad gäller lärande, ska vi titta närmare på naturvetenskaplig kunskap och på hur man kan se på gränserna för denna.

4.3. KUNSKAP PÅ OLIKA NIVÅER

I den här avhandlingen utgår jag från att alla kunskapssystem är grundande på antaganden som inte är möjliga att bevisa inom systemet självt (Poole, 1998; Trusted, 1991). Dessa antaganden kan också kallas en metafysik för kunskapssystemet. Att naturvetenskapen är grundad i sådana antaganden är ett synsätt som skiljer sig från synen inom t.ex. den logiska positivismen, som menar att man inte ska tro på saker som inte kan visas empiriskt. Även om den logiska positivismen som filosofisk skola kan sägas vara död lever många av dess synsätt kvar (Poole, 1995). Dessutom finns bland många en stor omedvetenhet om existensen och betydelsen av grundantaganden.

Vad innebär det då att naturvetenskapen är grundad i en metafysik? Ordet metafysik används idag på en rad olika sätt, med delvis olika innebörd. Trusted (1991) menar att gemensamt för dessa är en syn på att metafysik handlar om grundläggande antaganden som inte kan motiveras genom vetenskaplig metod. Hon skriver:

"The various senses in which the word is used today /.../ all imply theories, presuppositions or beliefs that cannot be established by direct scientific inquiry and appeal to sense experience" (Trusted 1991, s. IX)

Vidare menar hon att man kan urskilja tre olika aspekter av metafysik och talar om "speculative conjecture", "basic presupposition" and "mystical belief". Den första aspekten syftar på metafysik i Poppers mening d.v.s. satser som inte klarar falsifierbarhetstestet⁶, den andra på mycket grundläggande antaganden som inte ifrågasätts och den tredje på en föreställning att det finns en högre verklighet bortom den vi alla erfar med våra sinnen. Trusted påpekar dock att det inte är möjligt att dra tydliga gränser mellan de olika aspekterna av metafysik. T.ex. kan sådant som i ett historiskt skede ses som "speculative conjecture" eller "mystical belief", i ett annat skede komma att utgöra "basic presuppositions". Dessutom har religiösa synsätt många gånger utgjort förståelseram för naturvetenskapen och även fungerat som stöd för själva grunden för naturvetenskapen (Trusted, 1991). Ett exempel på detta är att tron på en gud som skapat och upprätthåller världen ("mystical belief") understött synsättet att universum är ordnat

⁶ Popper menade att skillnaden mellan en vetenskaplig teori och andra teorier ligger i möjligheten att i princip kunna falsifiera dess påståenden.

(vilket utgör ”basic presupposition” för naturvetenskapen). Vi ska i nästa avsnitt titta närmare på relationen mellan just naturvetenskap och religion.

Jag kommer i avhandlingen att använda mig av begreppet ”grundantaganden om vad som kännetecknar världen” (eller kortare grundantaganden) och följer därmed Cobern (1991, 1996). Begreppet grundantaganden används med innebörden att det rör sig om icke-bevisbara antaganden som ligger till grund för enskilda individers tänkande eller hela kunskapssystem (t.ex. naturvetenskapens) uppbyggnad. Dessa grundantaganden ligger ”på en nivå under” synsätt vad gäller specifika fenomen, t.ex. olika naturvetenskapliga teorier (se vidare kap. 4.5 och kap. 4.6).

4.4. RELATIONEN MELLAN NATURVETENSKAP OCH RELIGION

En i den allmänna debatten vanligen förekommande fråga är hur naturvetenskapen förhåller sig till andra kunskapsområden. Den gränsyta som är relevant för avhandlingen och som därför kommer att diskuteras här är relationen mellan naturvetenskap och religion (andra gränssytor kan vara till etiskt/moraliska frågor i allmänhet).

Förhållandet mellan naturvetenskap och religion har diskuterats av många och åtskilliga ståndpunkter har lagts fram. Olika försök har gjorts att kategorisera olika typer av synsätt på förhållandet, se t.ex. Barbour (2000) och Görman (1992). En vanlig indelning är konflikt, oberoende, dialog och integration (Barbour, 2000), eller någon variant av denna indelning. Man kan konstatera att frågan inte har ett enkelt och entydigt svar utan att olika människor, också olika naturvetare, drar olika slutsatser. Det finns de som i likhet med Weinberg har gjort uttalanden som kan tolkas som att naturvetenskapens syn på universum inte lämnar någon plats kvar åt religionen. Weinberg skriver:

”The more the universe seems comprehensible, the more it also seems pointless” (Weinberg, 1977, citerad i Barbour, 2000, s. 45)

Ett annat sådant exempel är biologen Fagerström (1995) som skriver:

”Evolutionsteorin innebär således att vår syn på naturen såsom en gång för alla given, såsom skapad av en högre organiserande och planerande kraft, såsom kännetecknad av harmoni och fridsam samexistens, måste bytas ut mot en natursyn enligt vilken allt liv bara är frukten av en oplanerad utveckling, byggd på slumpens skördar, utan mening, syfte eller plan. Enligt denna /.../ natursyn har livet ingen mening” (s. 115)

Det finns också exempel på det motsatta, d.v.s. på naturvetare som i stället i naturen finner stöd för ett planerat universum. Exempel på detta är Hawking som skriver:

”The odds against a universe like ours emerging out of something like the Big Bang are enormous. I think there are clearly religious implications” (Hawking, citerad i Barbour s. 58)

Det finns alltså exempel på naturvetare som ur de naturvetenskapliga modellerna drar slutsatser mot respektive för religiösa synsätt. Med Weinbergs och Fagerströms syn på naturvetenskapens implikationer hamnar man i en konflikt-situation i förhållande till många religiösa synsätt, medan man med det synsätt som beskrivs av Hawking i stället kan hamna i en harmonisk samsyn. På samma sätt finns det i ett didaktiskt sammanhang både de som argumenterar för att naturvetenskap och religion utesluter varandra (t.ex. Mahner & Bunge, 1996) och de som menar att naturvetenskap och religion inte nödvändigtvis utesluter varandra (t.ex. Poole, 1998). Vad är det då som gör att olika personer (också naturvetare) drar så olika slutsatser om relationen mellan naturvetenskap och religion?

För att förstå det kan vi först konstatera att naturvetenskap och religion kan anses mötas på flera olika sätt. Poole (1998) menar att interaktionerna som förekommer ”can be grouped in three main ways that involve the *data*, the *nature* and the *applications* of science” (Poole, 1998, s. 192). För den här avhandlingen blir de två första kategorierna de mest relevanta, beroende av den kontext – universums uppkomst och utveckling samt existentiella frågor kopplade till detta – jag valt för diskussionerna med eleverna (se vidare kap. 5).

En vanligt förekommande bild är att konflikt uppkommer på datanivå, d.v.s. kring specifika ämnesfrågor. Detta beror antagligen till stor del på att det är vanligt med beskrivningar av historiska konflikter mellan naturvetenskap och religion – naturvetenskapens hjältar har kämpat mot en motsträvig kyrka. Vanligtvis berör de beskrivna konflikterna just datanivån. Sådana exempel är jordens ålder, dess plats i universum och evolutionsteorin. Många menar dock att den här bilden är ensidig och förenklad – den historiska bilden är inte så enkel. T.ex. har en religiös tolkningsram varit vanlig även i naturvetenskapliga sammanhang (se ovan). Ändå är konflikt mellan naturvetenskap och religion en bild som finns i många människors medvetande och många gånger präglar vårt tänkande:

"the conflict thesis /.../ is now widely regarded by academic historians as simplistic. Yet it seems to dominate any media treatment of issues of science-and-religion and much popular thought too. It is evident too in some educational texts /.../" (Poole, 1990, s. 29)

Å andra sidan finns det nyandliga rörelser, t.ex. inom den så kallade "New Age"-traditionen, som tvärt om söker berättigande för sina trosutsagor i den moderna fysikens teorier (Hammer, 2004). Intressant att notera i detta är alltså att olika människor, också olika naturvetare, kan göra olika tolkningar av vilka konsekvenser för religionen en specifik naturvetenskaplig modell har. Självklart beror en konflikt i en specifik fråga inte bara på hur naturvetaren tolkar den naturvetenskapliga modellen, utan också på religionens anspråk. En konflikt kan då t.ex. uppstå med en religionsyn som är strikt bokstavstroende, där t.ex. ett påstående som att jorden skapades på sex dagar tolkas på samma sätt – ges samma innebörd – som ett likalydande vetenskapligt påstående. Tvärtom kan en naturvetenskaplig modell som Big Bang-modellen också användas som stöd för en skapelse. För att förstå hur det kommer sig att olika människor, också naturvetare, drar olika slutsatser utifrån samma naturvetenskapliga modell måste man gå djupare och se hur dessa modeller samspelar med de grundläggande antagandena som görs i naturvetenskapen.

Görman (1992) menar att beroende av hur man svarar på grundläggande ontologiska och epistemologiska frågor hamnar man i olika situationer där möjligheterna för samexistens respektive konflikt ser olika ut. Den första frågan som Görman lyfter fram handlar om huruvida man uppfattar verkligheten som en, eller som bestående av t.ex. en materiell och en transcendent värld. Den andra frågan som Görman lyfter fram handlar om hur man ser på hur man kan få kunskap om verkligheten och huruvida religiös och naturvetenskaplig kunskap ses som kunskaper av samma slag eller om man ser dem som helt eller delvis åtskilda. När naturvetenskapen och religionen gör anspråk på att uttala sig om (åtminstone delvis) samma verklighet och (åtminstone delvis) om samma frågor kan, men behöver inte, konflikt uppkomma. Om konflikt uppkommer eller ej beror på synen på religiösa synsätt samt på synen på naturvetenskapens anspråk. Här handlar det om att interaktionen mellan religion och naturvetenskap sker vad gäller "nature of science" (Poole, 1998). Betydelsen av de grundantaganden som görs av olika människor stöds av Gauch (2006) som skriver:

"As the discussion of science, worldviews, and education continues, presuppositions will be enormous influential."(Gauch, 2006)

De svar som människor ger rörande de här grundläggande ontologiska och epistemologiska frågorna – d.v.s. vilka som är människors grundläggande anta-

ganden om hur världen är beskaffad och hur man kan nå kunskap om den – kommer alltså att leda till olika slutsatser vad gäller förhållandet mellan naturvetenskap och religion. I detta blir såväl naturvetenskapens som religionens anspråk viktiga. Hur man uppfattar relationen mellan naturvetenskap och religion beror därför på hur man ser på religionen, liksom på hur man ser på naturvetenskapens natur (Glennan, 2007). Jag fokuserar här på naturvetenskapen. En viktig fråga blir då hur man kan se på huruvida något visst sätt att se på de här grundläggande frågorna hör samman med naturvetenskapen och om detta i så fall implicerar en specifik syn på förhållandet mellan naturvetenskap och religion. Vi kommer därför att titta närmare på grundantaganden i relation till naturvetenskapen.

4.5. NATURVETENSKAPEN OCH GRUNDANTAGANDEN

Cobern (2000a) skiljer mellan grundantaganden som är nödvändiga för naturvetenskapen – som det naturvetenskapliga kunskapssystemet inte klarar sig utan – och andra grundantaganden som läggs till av enskilda naturvetare eller lärare. En central fråga blir då vilka grundantaganden om världen som är nödvändiga för naturvetenskapen och vilka som inte är det. Här kan man ha synpunkten att detta kan skilja sig åt mellan olika discipliner och subdiscipliner. Det är också känt att alla inte är överens – ens inom en disciplin – om vilka grundantaganden som utgör en sådan kärna av nödvändiga antaganden. Människor – också naturvetare – har olika uppfattningar om vad som kännetecknar naturvetenskapens natur och mer specifikt vilka grundantaganden som naturvetenskapen bygger på. Alters (1997) skriver att *"no one agreed-on NOS⁷ exists"* (s. 48). Han har visat att många påståenden, som i "science education"-litteraturen används som kännetecknande för naturvetenskapens natur, inte stöds av vetenskapsfilosofer. Vidare uttrycker vetenskapsfilosoferna sinsemellan olika uppfattningar om påståendena och deras uppfattningar om "the nature of science" visar sig vara relaterade till deras "philosophy of space" och deras "philosophy of science in general".

Slutsatsen av detta blir att olika naturvetare utgår från åtminstone delvis olika världsbilder. Men hur kan då naturvetare överhuvudtaget förstå varandra och hur är det möjligt för olika forskare att bidra till samma kunskapssystem? Ett sätt att förstå detta beskrivs av Cobern:

“The only way to avoid the conclusion that there is actually more than one scientific world view is to employ the distinction between lived and articulated world views. This distinction allows one to hold that

⁷ NOS: förkortning för "Nature of Science" [min kommentar]

while different articulations of a scientific view of the world, these people have in common a subset of lived presuppositions necessary for science.” (Cobern, 1991, s. 69)

Vilka dessa för naturvetare gemensamma grundantaganden är, är en svår fråga och jag har här inte för avsikt att försöka avgöra hur en sådan lista skulle se ut. Poole (1998) diskuterar vilka synsätt som ligger till grund för det naturvetenskapliga kunskapsystemet och menar att de som ger sig i kast med naturvetenskaplig forskning delar synsätten att:

- “human reason is generally reliable,
- there is regularity and order in the universe,
- humans can discover and understand something of that order,
- there is a basic uniformity in the behaviour of the natural order, in space and time” (Poole, 1998, s. 186).

På liknande sätt beskriver Cobern & Loving (2000c) ett ”metaphysical minimum for science” och hävdar att naturvetenskapen utgår ifrån ”the possibility of knowledge about nature”, ”that there is *order* in nature” och ”*causation* in nature”.

Dessa synsätt innebär att man tar för givet att det finns någon form av regelbundenheter eller ordning i naturen/universum. Om det inte hade varit så hade man inte kunnat konstruera modeller, eftersom det är dessa regelbundenheter som modellerna har till uppgift att beskriva. Man tar också för givet och ifrågasätter inte att människan kan nå kunskap om dessa. Det fjärde av påståendena innebär att naturvetenskapen utgår från att de teorier man konstruerar gäller över rum och tid, d.v.s. de teorier som gäller här på jorden idag gäller också på andra platser i universum och vid andra tidpunkter – tidigare i historien, liksom i framtiden. Ett annat grundläggande antagande som görs i naturvetenskapen är att de förklaringar som söks är kausala⁸ till skillnad från teleologiska (ändamålsförklaringar). Detta innebär att man menar att världen går att beskriva i orsak-verkan termer.

⁸ Kvantmekaniken kan ses som ett undantag från kausalitetstanken. Sluttillstånd kan här inte bestämmas utifrån initialtillstånd, annat än i termer av sannolikheter. Dock finns olika meningar om hur detta ska uppfattas. Utifrån standardtolkningen (Köpenhamnstolkningen) menar man att det är principiellt omöjligt (Nordén, 1999). Nordén (1999) menar dock att olika metafysiska tolkningar av kvantmekaniken kan göras. T.ex. förekommer en tolkning där man menar att det existerar nu okända dolda variabler, som om de varit kända hade gjort systemet deterministiskt. Andra (se t.ex. Renard (1995) för en beskrivning) menar att man på empirisk väg visat att tolkningen med dolda variabler inte håller.

Synsätten ovan är antagligen synsätt som de flesta naturvetare delar⁹ och kan därför utgöra exempel på grundantaganden som återfinns i det som Cobern (1991) kallar för naturvetares ”lived world view”. Dessa antaganden tas också, på olika sätt, upp i dokument om vad elever bör lära sig i den naturvetenskapliga undervisningen. AAAS skriver i ”Benchmarks for Science Literacy” att elever när de slutar år 12 bör veta att: *”Scientists assume that the universe is a vast single system in which the basic rules are the same everywhere”* och att *”scientists operate on the belief that the rules can be discovered by careful, systematic study”* (AAAS, 1993, s. 8). På liknande sätt kan man i den svenska grundskolans kursplan för naturorienterande ämnen läsa att *”Naturvetenskapen kan göra denna [naturen] begriplig”*, samt att ett av målen för ämnena är att eleven *”tilltror och utvecklar sin förmåga att se mönster och strukturer som gör världen begriplig”* (Skolverket, 2000a). Vidare kan man i beskrivningen av den svenska gymnasieskolans naturvetenskapsprogram läsa att *”Föreställningen att naturen är begriplig är central i naturvetenskapsprogrammet”* (Skolverket, 2000h). Dessa antaganden är alltså av sådant slag att elever under tiden i grundskolan förväntas lära sig att utgå från dem och att undervisningen på naturvetenskapsprogrammet i gymnasiet kan utgå från dem.

Utöver de antaganden som beskrivits ovan, som sådana de flesta naturvetare antagligen delar, lägger dock de flesta naturvetare till ytterligare antaganden om hur världen är beskaffad (Cobern, 2000a). Olika sådana tilläggsantaganden kan t.ex. leda till att olika människor drar skilda slutsatser kring existentiella frågor utifrån samma fysikaliska modell (Cobern, 2000a, s. 240). Det gör också att naturvetenskapen förekommer tillsammans med en rad olika typer av världsbilder. Exempelvis kan naturvetenskapen förekomma tillsammans med ateistiska respektive olika typer av religiösa världsbilder.

Problemet som uppstår när naturvetenskapen av naturvetare (t.ex. i media) eller av läraren presenteras tillsammans med enskilda världsbilder är att dessa av elever (och människor i allmänhet) kommer att förknippas med naturvetenskapen (Cobern, 2000a; Fourez, 1988). Världsbild uttrycks ibland explicit men ofta också implicit i form av följemeningar (Roberts, 1998). Ett exempel på synsätt som på detta sätt ibland förknippas med naturvetenskapen är scientistiska synsätt (Poole, 1998). Stenmark (2001) påpekar att ett antal kända naturvetares scientistiska synsätt har fått stort utrymme i media och menar att:

⁹ Dessa har i artiklarna benämnts ”nödvändiga grundantaganden för naturvetenskapen”.

”the great impact these advocates of Scientism have had on popular Western culture is new. They have brought not only science but also Scientism into the living rooms of ordinary people” (s. vii).

Jag kommer här att titta närmare på scientistiska synsätt. Att jag intresserar mig speciellt för dessa beror på att de har implikationer för relationen mellan naturvetenskap och religion.

Det förekommer olika användningar av begreppet ”scientism” (se Stenmark (2001)). Jag ansluter mig här till användningen i Poole (1998), vilken kan jämföras med hur Stenmark (2001) definierar ”Ontological Scientism”. Scientismen (Poole, 1998) hävdar att ingenting utom det som är åtkomligt för naturvetenskapen existerar. Detta exkluderar möjligheten av existensen av andra möjliga dimensioner av världen än den materiella. Poole (1998) beskriver några skillnader mellan ”science” och ”scientism”. Scientism menar att *”Scientific accounts are all there are”* och förnekar att *”anything other than the natural world exists”* samt att *”there could ever be behaviour other than law like (anti-miraculous)”* (Poole, 1998, s. 195). Att anta ett synsätt där mirakel inte nödvändigtvis står i motsättning till naturvetenskapen innebär att man uppfattar lagarna som beskrivningar av de regelbundenheter (se ovan) som finns: *”the normal behaviour of the natural world”* (Poole, 1998), men inte hävdar att varje enskild händelse nödvändigtvis tillhör dessa regelbundenheter. Bland annat leder scientistiska synsätt ofta till en konfliktsyn mellan naturvetenskap och religion (se nedan). Det som kännetecknar scientismen är att de ovan beskrivna synsätten förknippas med naturvetenskapen i sig – man uttalar sig i naturvetenskapens namn. Nordén (1999) skriver

”Jag vänder mig /.../ emot att metafysiska antaganden används under förespegling av att de inte är metafysiska. Det är just det som jag anser att scientisterna gör sig skyldiga till, när de gör anspråk på att med stöd av scientistiska trosföreställningar på ett vetenskapligt sätt kunna sätta stopp för religiösa trosföreställningar. /.../ Den scientistiska uppfattningen är lika litet vetenskapligt fastställt som religiösa trosföreställningar är det”. (Nordén, 1999, sid 29)

Det är inte relevant att i ett naturvetenskapligt didaktiskt sammanhang eller i ett undervisningssammanhang försöka avgöra vilken typ av världsbild som är den rätta. Somliga naturvetare skulle hävda att det jag här kallat ”scientism” hör samman med naturvetenskapen och faktiskt är ”science” – att naturvetenskapen bygger på det. T.ex. menar Mahner & Bunge (1996) att naturvetenskap och religion inte är kompatibla och diskuterar detta utifrån ett naturvetenskapligt didaktiskt sammanhang. Andra motsätter sig på olika grunder sådana synsätt

och somliga sätter tvärtom in naturvetenskapen i en religiös tolkningsram. Ytterligare andra menar att båda delar är möjligt, men att ingetdera utgör nödvändiga grundantaganden för naturvetenskapen (Cobern, 2000a). Ett sätt att förstå det på är att olika "articulated world views" (Cobern, 1991) är möjliga att kombinera med naturvetenskapen. Cobern (1996) vänder sig också mot användandet av termen "den naturvetenskapliga världsbilden" och menar att det är bättre att tala om världsbilder som är kompatibla med naturvetenskapen.

En utgångspunkt för den här avhandlingen är att även om det är möjligt att mena att scientistiska synsätt stöds av, eller ses som en del av, naturvetenskapen och även om det på samma sätt är möjligt att mena att religiösa synsätt stöds av naturvetenskapen, så är inget av det något som det finns konsensus kring. Ingetdera utgör någon nödvändig del av naturvetenskapen, som gör att motsatsen utesluts. T.ex. kan scientism ses som en världsbild som är kompatibel med naturvetenskapen, men detta gäller även många religiösa världsbilder.

4.6. GRUNDANTAGANDEN OM VÄRLDEN OCH LÄRANDE

Synsättet att alla kunskapssystem är grundade på antaganden är i linje med resonemanget i Cobern (1996). Cobern hävdar att det finns två olika nivåer av kunskap, såväl hos individen som i naturvetenskapen som kunskapssystem. En nivå innehåller kunskap vad gäller specifika områden. Det är på denna nivå det mesta av det som explicit sägs och skrivs i naturvetenskap och naturvetenskaplig undervisning befinner sig. Den andra nivån är mer grundläggande och innehåller våra grundantaganden om världen (Cobern, 1996). Detta sätt att se på kunskap är ett perspektiv som har viktiga konsekvenser för hur vi förstår elevers lärande i naturvetenskap och kommer som sådant att vara ett centralt synsätt i den här avhandlingen.

Redan Posner et al. (1982) nämner grundantaganden som en anledning till svårigheterna att få till stånd "conceptual change". Det är dock inte detta i deras artikel som fått störst genomslag. Halldén (1999) menar att det mesta av diskussionen som följt på Posner et al. (1982)

"has concerned the condition of dissatisfaction with existing conceptions and, related to this, the establishment of a cognitive conflict in order to bring about a conceptual change, whereas the role of 'intelligibility' and 'plausibility' has not been accorded similar interest" (Halldén, 1999)

Detta anknyter till diskussionen om grundantaganden eftersom det är just de grundantaganden man gör om världen som gör vissa saker "intelligible" och

“plausible”, medan andra inte blir det. Diskussionen kring de grundantaganden vi har om hur världen är beskaffad togs upp av Cobern (1991; 1996). Han har tagit fasta på grundantagandenas betydelse för lärandet och kallar dessa grundantaganden om världen för vår ”worldview”.

Denna ”world view theory”, som Cobern (1991; 1996) beskriver, bygger på ett antropologiskt arbete (Kearney, 1984). Kearney har utvecklat en modell för att beskriva olika världsbilder och det är denna som Cobern (1991) sedan diskuterar i ett naturvetenskapligt didaktiskt sammanhang. Enligt modellen kan alla världsbilder anses bestå av:

- ”Jag”,
- ”Den andre (icke-jag)”,
- ”Klassificering”,
- ”Relation”,
- ”Kausalitet”,
- ”Rum”,
- ”Tid”.

Här står ”Icke-jag” för allt i universum utom jaget. Den första klassificering som görs är just denna i ”Jag” och ”Icke-jag”, men det förekommer också klassificeringar inom ”Icke-jag”. Dessa kan se olika ut för olika människor, t.ex. för ateister, teister och panteister. En vanlig indelning av ”Icke-jag” är i ”Humanity (society), Nature, and God (the transcendent)” (Cobern, 1991, s. 45).

”Relation” handlar t.ex. om förhållandet mellan ”Jag” och ”Icke-jag”. Detta ”can be one of harmony, subordination or dominance” (sid. 50). Vi har sedan också ”Kausalitet”, t.ex. om vårt tänkande karakteriseras av orsak-verkan eller teleologiskt-tänkande. ”Rum” och ”Tid” handlar om vår rums- och tidsuppfattning. Vad är vår bild av korta och långa sträckor? Ser vi tiden som cirkulär eller linjär? Utifrån dessa kategorier kan, enligt modellen, alla människors världsbilder beskrivas. Kategorierna är alltså alltid de samma, men innehåller sedan, för olika människor, olika grundantaganden. Dessa grundantaganden ligger till grund för individens tänkande och även då i mötet med nya fenomen och begrepp i den naturvetenskapliga undervisningen.

”Worldview provides a nonrational foundation for thought, emotion, and behavior. Worldview provides a person with presuppositions about what the world is really like and what constitutes valid and important knowledge about the world” (Cobern, 1996, s. 584)

Man kan se två extrema poler på en skala som beskriver hur skolan kan kommunicera världsbild till elever i undervisningen (Proper et al., 1988). I den ena extremiteten presenterar skolan ett brett spann av världsbilder och eleverna utvecklar genom undervisningen en medvetenhet om världsbild, medan i den andra extremiteten presenteras i skolan endast ett smalt spann och detta görs inte explicit utan dolt. Även Kilbourn (1980) talar om världsbild som en del av den dolda läroplanen och Roberts (1998) talar om hur t.ex. världsbild kommuniceras implicit i form av följemeningar.

Cobern (1996) menar att undervisning enligt "conceptual change" kommer att misslyckas med många elever om undervisningen endast fokuserar på den specifika nivån, d.v.s. på det enskilda fenomenet eller begreppet. Istället måste man se till hur detta kan relateras till den mer grundläggande nivån, d.v.s. till elevens grundantaganden om världen vilka många gånger skiljer sig från de som underförstås i naturvetenskapen. Även om man på detta sätt skiljer mellan två nivåer, finns det i själva verket inte någon skarp gräns mellan dem. De kommer i stället att gå in i varandra via antaganden som ligger olika "djupt", där den specifika kunskapen återfinns i ena änden av spektret och grundantagandena i den andra. Cobern (1991) beskriver det så här:

"Each universal is composed of a hierachically arranged set (or sets) of presuppositions, at the end of which is a final, absolute presupposition. This is a first order presupposition or an ultimate presupposition beyond which there are no others./.../At the opposite end, these hierarchies blend into the cognitive frameworks with which educators are more familiar, e.g., commonsense and scientific theories." (s. 39)

En individs grundantaganden om världen kan givetvis ändras, men det är oftast inget som sker med enkelhet (Cobern, 1991). Dessutom är en del grundantaganden just så grundläggande för en individ att hon/han inte är medveten om att alla inte delar dessa synsätt. Även Vosniadou (1994) och Posner et al. (1982) diskuterar detta och menar att det är svårt att ändra en individs grundantaganden.

För att den naturvetenskapliga undervisningen ska "lyckas" så måste man inte bara arbeta med individens förförståelse vad gäller enskilda fenomen och relatera den naturvetenskapliga synen till denna utan också diskutera de grundläggande antaganden om världen som naturvetenskapen gör och relatera dessa till individens egna grundantaganden. Cobern skriver:

"the strategy and tactics of science education need to be formulated as an analog to the macrolevels (worldview or level of fundamental

presuppositions) and microlevels (conceptual level) of a everyday thinking" (Cobern, 1996, s. 591)

Konsekvensen av "the worldview theory" för undervisningen är att det inte är självklart att eleven verkligen gör ett synsätt till sitt eget sätt att se på världen, även om han eller hon förstått det:

".../comprehension does not necessitate apprehension. One may well reject a concept that he or she fully comprehends while someone else apprehends it as knowledge." (Cobern, 1996, s. 592).

4.7. "WORLDVIEW THEORY" OCH "CROSS-CULTURAL LEARNING"

Möjligheten att förstå utan att ta till sig används i ett "cross-cultural approach" (se tidigare avsnitt). T.ex. kan antropologiskt lärande (Aikenhead, 1996) vara aktuellt när elevens grundantaganden om världen skiljer sig från de som naturvetenskapen bygger på. Många gånger uppstår dock problem för eleverna snarare vad gäller de tilläggsantaganden som människor gör. När sådana görs av lärare eller naturvetare, till exempel implicit i form av följemeningar (Roberts, 1998; Östman, 1998) utan att de problematiseras och diskuteras, kommer de av eleverna att förknippas med naturvetenskapen (Cobern, 2000a; Fourez, 1988), även om de egentligen inte hör till *"the subset of lived presuppositions necessary for science"* (Cobern, 1991).

Ett cross-cultural approach på naturvetenskapligt lärande tydliggör konsekvenserna av ett nekande svar på frågan från Posner et al. (1982) ovan (se kap. 4.2). Denna fråga omformulerad skulle kunna lyda: *"Are we expecting instruction to improve understanding or to change belief?"* (Cobern, 1994). Utgångspunkten här är att bryta det traditionella synsättet där "understanding" och "belief" ses som samma sak. I ett sådant perspektiv har man utgått från att förståelse innebär att man tar till sig synsättet som sitt eget – d.v.s. man håller det för sant, man tror på det. När man ser att det är möjligt för en individ att förstå utan att ta till sig synsättet som sitt eget (se ovan, kap. 4.2) står man inför frågan om huruvida man ska undervisa för förståelse och/eller för att eleven ska ta till sig som sitt eget och tro på det undervisade sättet att se på världen. Utifrån det här perspektivet ska skolan undervisa för "understanding", vilket inte betyder att man ska bortse från "belief" i undervisningen (Cobern, 1994). Skälen till att undervisa för förståelse, snarare än för att eleverna ska ta till sig synsätten som sina egna är, som beskrivits ovan, både praktiska och etiska (Aikenhead, 1996; Cobern, 1994). Detta innebär att det eleverna håller för sant, oberoende av om källan till detta är naturvetenskap eller någon annan typ av kunskap, ska tas på allvar i det naturvetenskapliga klassrummet. Detta är ett pluralistiskt synsätt (Cobern &

Loving, 2000c) vilket innebär att man i klassrummet för en öppen diskussion om grunderna för naturvetenskapen och för andra synsätt som för eleverna är relevanta. Att respektera elevers synsätt och inte sträva efter "assimilation" (Aikenhead, 1996; Cobern & Aikenhead, 1998) innebär naturligtvis inte att läraren inte kan försöka intressera elever för naturvetenskap. Att fånga elevers intresse och göra naturvetenskapen relevant och meningsfull för dem är istället ett sätt att underlätta kulturövergångarna för eleverna (Aikenhead, 1996).

Att uppvärdera och respektera andra synsätt än de naturvetenskapliga kan i litteraturen ta sig olika uttryck. Aikenhead (2006) väljer att utvidga "science"-begreppet och talar t.ex. om "indigenous science" (se också agenda 9 i Pomeroy (1994)). Cobern & Loving (2000c) däremot menar att detta inte tjänar dessa kulturers bästa, utan att "indigenous science" istället kommer att bli dominerad av "the western science" om den ses som tillhörande "science". De menar att man i stället kan prata om olika typer av kunskap, vilket också är det sätt som jag väljer att använda.

"Enligt fysiken eller enligt mig själv?"
Lena Hansson

5. KOSMOLOGI¹⁰ SOM KONTEXT FÖR PROJEKTET

5.1. KOSMOLOGI – ETT EXISTENTIELLT LADDAT OMRÅDE

Valet av kosmologi som kontext för elevernas resonemang bottnar i att det är ett område som rymmer frågor som för många människor är av existentiell karaktär eller gränsar till sådana. Området är därför intressant utifrån avhandlingens syfte. Ett exempel på detta är att Görman (2000) visar att många människor, med kunskap om Big Bang modellen, anser sig mindre benägna att tro på en gud. I linje med detta visar Fysh & Lucas (1998) att kosmologi är ett av de områden (tillsammans med evolutionen) som elever menar leder till konflikt i klassrummet mellan naturvetenskap och religion.

5.2. KOSMOLOGI I IDÉHISTORIEN

Människor har i alla tider funderat kring frågor om vår jord, dess plats i universum, hur universum som helhet ser ut, hur det kommer sig att det existerar osv. Människors bild av detta har ofta inslag av t.ex. religiösa sätt att se på världen. Detta kan man se hos människor idag men också i de tankeströmningar som funnits historiskt. Synsätt kring universums struktur och uppkomst kan återfinnas i mytologier, filosofiska och teologiska betraktelser liksom i naturvetenskapliga arbeten. Beroende av det sammanhang och den tid ett synsätt formulerats i kan vi finna olika sätt att motivera ett och samma synsätt. Synsätt grundade på dessa olika typer av motiveringar, t.ex. teologiska, filosofiska och naturvetenskapliga, har stundom samverkat och stundom ställts emot varandra. Det är dock viktigt att se att även om gränserna mellan filosofi, teologi och naturvetenskap vid en första anblick kan tyckas tydliga är gränser inte alltid lätta att dra. Historiskt bör man vara medveten om att gränserna har flyttats och att det heller inte alltid funnits några gränser dem emellan. Under antiken var till exempel det vi idag kallar för naturvetenskap och filosofi samma sak och för t.ex. Newton var grundantaganden om världen, som vi idag skulle karakterisera som religiösa, en del av den världsbild som låg till grund för och genom vilken han tolkade sitt arbete (se t.ex. Kragh (2007) för exempel på detta). Också idag

¹⁰ "Kosmologi" handlar om universums uppkomst, utveckling och struktur. Ytterligare ett begrepp "kosmogoni" används idag i naturvetenskapligt sammanhang för studiet av solsystemets uppkomst, men användes tidigare för vetenskapen om universums utveckling och uppkomst (Rickman, Nationalencyklopedin, 2007). Idag används begreppet kosmogoni också inom religionsvetenskapen och handlar då om olika religioners föreställningar och myter om världens uppkomst (Haglund, Nationalencyklopedin, 2007). Jag väljer här att använda mig av begreppet kosmologi, men inskränker mig inte till en naturvetenskaplig användning utan använder begreppet med innebörden synsätt om universums uppkomst och utveckling. Detta kan då även innefatta t.ex. religiösa synsätt.

kan grundantaganden ges t.ex. religiösa motiveringar av enskilda individer. Kosmologin är ett område där det är tydligt hur kunskapsbildningen och diskussionen kring denna varit tydligt påverkad av människors grundantaganden om världen. Detta gör området speciellt intressant ur ett didaktiskt perspektiv.

Historiskt har olika typer av synsätt förekommit vad gäller huruvida universum alltid funnits eller om det har en början (se Hansson, 2003 för en mer omfattande beskrivning av detta). Ett synsätt där universum har en absolut början återfinns historiskt ända från mytiska berättelser t.ex. den judiska myten (Pedersen & Kragh, 2000, s. 20), till våra dagars Big Bang modell. Det är dock viktigt att komma ihåg att olika kosmologier kan ha vitt skilda sätt att se på hur gammalt universum är. Man menade t.ex. ända fram på 1700-talet att universum skapades för 6000 år sedan, medan man idag talar om en ålder på 13,7 miljarder år. Det förekommer historiskt också synsätt där universum har en början, men att detta är en början från någonting annat. Ett sådant synsätt förekommer i många mytologiska berättelser (Pedersen & Kragh, 2000), men också hos t.ex. Newton (Pedersen & Kragh, 2000, s. 179). Ett sådant synsätt förekommer också i dagens diskussioner. Det har historiskt också varit vanligt att man menar att universum alltid har funnits. Detta kan vara i form av ett statiskt universum så som t.ex. Einstein till en början såg det (Pedersen & Kragh, 2000, s. 271), men också i form av t.ex. en cyklisk syn på universum (den indiska mytologin är ett exempel på detta).

De här olika sätten att se på universum har, som man ser av exemplen ovan, inte avlöst varandra i en följd där ett synsätt funnits i en tid och sedan övergetts för alltid för något annat. Tvärtom har de olika synsätten funnits parallellt ibland och ibland försvunnit för att åter dyka upp i en annan tid. Vid några tillfällen har synsätten ställts emot varandra. Två sådana tillfällen var under medeltiden när aristotelismen kom i konflikt med kristen teologi och under 1950-talet i kampen mellan "Big Bang"- och "Steady State"-modellerna. Under medeltiden mötte den kristna filosofin aristotelismen, som spreds snabbt på 1100-talet (Pedersen, 1962, s. 50). Konflikten som uppstod i mötet handlade bl.a. om att aristotelismen menade att universum alltid funnits, vilket uppfattades strida mot kristendomen (Pedersen, 1962, s. 54-55; Pedersen & Kragh, 2000, s. 77-78). Under 1950-talet förekom ett liknande möte av synsätt. Den gängse vetenskapliga ståndpunkten vid 1900-talets början var att universum alltid existerat. Detta ska förstås med bakgrund i det sena 1800-talets religionskritik och den positivistiska syn som var rådande, vilken innefattade en syn på världen som möjlig att fullständigt förklara med naturvetenskap (Högnäs, 2003, s. 126, 145, 159). Synen på universum som evigt kom dock under 1900-talets första hälft att ifrågasättas och på mitten av 40-talet var man någorlunda överens om att universum utvidgas och har en given ålder som bestäms av Hubblekonstanten. Det

fanns dock en mängd olika modeller för detta (Hetherington, 1993, s. 391). I detta läge fördes "Steady State"-modellen fram som ett alternativ till de olika "Big Bang"-modellerna (Hetherington, 1993, s. 391). Denna modell innebär att universum inte storskaligt förändras med tiden. I debatten mellan "Big Bang"- och "Steady State"-modellerna förekom såväl politiska, som filosofiska och teologiska argument (Pedersen & Kragh, 2000). "Steady State" kom att framstå som det ateistiska alternativet, något som förgrundsgestalten Hoyle gärna accepterade (Hetherington, 1993, s. 398). Hoyles kamp mot Big Bang ska nämligen inte bara ses som en kamp för en modell som han menade var i bättre överensstämmelse med data, utan också som en kamp på filosofiska grunder liksom en kamp mot religionen (Pedersen & Kragh, 2000, s. 325). Både i exemplet från medeltiden och i exemplet från 1900-talet rörde det sig alltså om en diskussion om huruvida universum alltid funnits eller om universum har en början.

5.3. KOSMOLOGI I MODERN VETENSKAP

Observationer av den kosmiska bakgrundsstrålningen¹¹ under mitten av 1960-talet kom att avgöra kampen mellan de båda modellerna för universum till "Big Bang"-modellens fördel. "Big Bang"-modellen hade förutsett existensen av en sådan strålning, medan "Steady State"-modellen inte kunde förklara den (Brush, 1992). Det rådde under slutet av 60-talet vetenskaplig konsensus kring varianter av "Big Bang"-modellen, vilket innebar att andra modeller marginaliserades (Kragh, 2007, s. 215). Detta medförde t.ex. att "Steady State"-modellen försvann i slutet av 60-talet (Pedersen och Kragh, 2000, s. 344). Observationen av den kosmiska bakgrundsstrålningen gör också att man på 70-talet slutligen accepterar kosmologin som en vetenskaplig disciplin (Brush, 1992).

Enligt den modell som kommit att kallas "standard 'Big Bang'-modellen" uppstod såväl rum som tid med Big Bang. Vid tiden $t=0$ talar man om en ursprungssingularitet – ett tillstånd med oändligt hög täthet och temperatur. Det finns dock de som hävdar (Nordén, 1999) att ursprungssingulariteten inte i egentlig mening kan anses tillhöra standard "Big Bang"-modellen, utan i stället bör ses som ett metafysiskt antagande, som kopplas till en extrapolering bakåt från de tider "Big Bang"-modellen kan beskriva, till tiden $t=0$. Även fysiker har diskuterat och framlagt olika synpunkter kring hur singulariteten ska tolkas och andra möjlig-

¹¹ Den kosmiska bakgrundsstrålningen är en strålning som uppmätts i alla riktningar i universum. Den anses häröra från en period i universums tidiga utveckling (ca 380000 år efter Big Bang) när temperaturen sjunkit så mycket att väte- och heliumatomer började bildas. Den stora mängden fotoner som existerade rörde sig därför utan hinder i alla riktningar (utan att som tidigare absorberas) och kan detekteras även idag.

heter har också lagts fram (se t.ex. Kragh, 2007). Normalt ses dock begynnelse-singulariteten som förknippad med ”standard Big Bang modellen”.

”Big Bang” innebär, enligt standard modellen, en början på den expansion av universum som fortgår än idag. Modellen för hur universum utvecklats har förändrats betydligt även sedan konsensus uppnåtts kring ”standard Big Bang-modellen”. Bland annat skiljer sig dagens syn på hur universum expanderar från den syn som var rådande i slutet av 60-talet. Idag tänker man sig att universum utvidgas i ett allt snabbare tempo, även om man inte förstår vad det är som driver accelerationen (Kragh, 2007). Ytterligare en viktig förändring av hur man ser på universums utveckling är den inflationsfas som lanserades kring 1980 och som de flesta kosmologer idag menar kännetecknar universums tidigaste fas. Inflationsteorin innebär att universums expansion under en mycket kort period strax efter Big Bang var exponentiell, för att därefter avta.

Det finns problem med standard Big Bang modellen, som t.ex. att den inte förklarar själva uppkomsten av Big Bang – d.v.s. vad det är som gjorde att rum och tid uppstod, eller varför universum hade de begynnelsevillkor det hade (Kragh, 2007; Nordén, 1999; Pennicott, 2002). Det förekommer också att forskare presenterar olika typer av alternativ till standard ”Big Bang”-modellen, som t.ex. ett cykliskt universum (se t.ex. Cartwright, 2007; Pennicott, 2002). I en sådan modell är det senaste Big Bang bara ett av en oändlig följd av expansioner och kontraktioner. En sådan modell undviker behovet av att förklara tidens början eller slut, eftersom något sådant inte existerar. Det finns också olika typer av modeller där Big Bang föregås av någon annan typ av tillstånd. Olika typer av förslag har också framlagts kring existensen av multipla universa, t.ex. att vårt universum föddes ur ett ”moderuniversum”, eller ett universum bestående av många mini-universa kännetecknade av åtminstone delvis olika lagar (Kragh, 2007, s. 236). Den senare varianten blir ett exempel på ett slags stationärt universum med likheter med ”Steady State”-modellen. Slutet av 1900-talet kännetecknas av en mängd sådana spekulationer, där kopplingen till empirisk fysik saknas (Kragh, 2007). Spekulationer kring ett cykliskt universum, eller ett universum som kännetecknas av ett tillstånd som föregår Big Bang, förekommer också stundtals i populära sammanhang. T.ex. visade Sveriges television häromåret ett program med titeln ”Vad fanns före Big Bang?” (Sveriges television, 2003).

Trots de många försöken att undgå en faktisk början på universum är det viktigt att komma ihåg att *”In spite of the variety of no-beginning models, the standard view was that the Big Bang was real and ultimately in need of some kind of explanation”* (Kragh, 2007, s. 240). Ett försök till en sådan förklaring kom redan 1973. Då beskrevs hur man kan tänka sig att universum uppkommer från ingen-

stans utan att bryta mot bevarandelagarna. Man föreslår då att universums nettoenergi är 0. Detta möjliggör enligt Heisenbergs obestämbarsrelations¹² att ett långlivat universum uppstår utifrån en energifluktuation (Kragh, 2007).

Trots förekomsten av olika alternativ till standard Big Bang modellen är denna alltså den klart dominerande modellen i modern vetenskap och också den som kommuniceras till elever och studenter genom läroböcker och undervisning (se exempel i tabell 1).

Tabell 1. Exempel på beskrivningar av Big Bang i olika läromedel.

Läromedel	Utbildningsnivå	Textexempel – beskrivning av Big Bang
Schultze (2000)	Grundskolan, skolår 6/7-9	”Om universum utvidgar sig så bör det innebära att det från början var samlat i en enda punkten punkt som sedan exploderade i en Big Bang – ’den stora smällen’.” (s. 297)
Bergström, Johansson, Nilsson, Alphonse & Gunnvald (2005)	Gymnasieskolan (B-kurs)	”Ungefär för 14 miljarder år sedan kommer man till en så kallad singularitet, ett tillstånd med oändlig densitet och temperatur. I det ögonblicket skapades hela universum i något som brukar kallas ’den stora smällen’ eller Big Bang.” (s. 435)
Freedman & Kaufmann III (2005).	Högskolan	”The concept of a Big Bang origin for the universe is a straight-forward, logical consequence of having an expanding universe. If you can just imagine far enough back into the past, you can arrive at a time 13,7 billion years ago, when the density throughout the universe was infinite. As a result, throughout the universe space and time were completely jumbled up in a condition of infinite curvature /.../a better name for the Big Bang is the cosmic singularity.” (s. 639)

Ett annat viktigt synsätt som uppkommit och varit en del av diskussionen sedan 1960-talet är den så kallade antropiska principen (Kragh, 2007). Enligt denna är det universum vi observerar av nödvändighet sådant det är eftersom vi existerar. En annan typ av universum hade vi inte kunnat leva i – och följaktligen inte kunnat observera. Man talar om två varianter av den antropiska principen – den svaga och den starka (Kragh, 2007). Den svaga handlar om att de villkor som är

¹² Heisenbergs obestämbarsrelation anger en gräns för hur noga, oberoende av mätinstrumentens noggrannhet, man samtidigt kan mäta en partikels läge och hastighet, alternativt samtidigt bestämma energin och tidpunkten för observationen.

nödvändiga för vår existens måste vara uppfyllda på den plats i universum där vi lever, vid den tid liv uppstod. Den starka antropiska principen handlar inte bara om denna plats och tid, utan hävdar också att universum som helhet, även före vår existens, måste varit sådant att det vid något tillfälle skulle tillåta människans uppkomst. Detta resonemang har öppnat för teologiska, samt olika typer av filosofiskt inspirerade diskussioner (Kragh, 2007).

5.4. TIDIGARE STUDIER PÅ ELEVERS SYNSÄTT PÅ KOSMOLOGI-OMRÅDET

De flesta studier som gjorts vad gäller elevers synsätt på astronomiområdet handlar om vårt eget solsystem och speciellt jorden. Det finns t.ex. studier av människors synsätt, speciellt barns, vad gäller jordens form, dess plats i solsystemet, årstider, dag och natt (t.ex. Albanese, Danhoni Neves & Vicentini, 1997; Nussbaum, 1985; Vosniadou, 1994).

Elevers synsätt kring universum utanför vårt solsystem är betydligt mindre studerat. Några studier finns dock med lite olika profil. Skamp (1994) undersöker elevers synsätt vad gäller månens faser, tidvatten och planeter, men studerar även synsätt vad gäller stjärnor och kometer. Trumper (2000) studerar astronomikenskaperna hos universitetsstudierande på en grundläggande kurs i astronomi. Han fokuserar främst på vårt solsystem, men även några frågor kring det storskaliga universum behandlas i studien. Trumper visar t.ex. att nästan hälften av studenterna menar att det är längre från Jorden till planeten Pluto, än från Jorden till stjärnorna. De flesta studenterna (över 70%) känner dock till att det enligt moderna teorier inte finns något centrum i universum.

Vad gäller universums struktur finns några studier av elevers synsätt. Lemmer, Lemmer & Smit. (2003) studerar sydafrikanska studenters (universitetsstudenter i fysik – första året) syn på universum genom att låta dem rita sin bild av universum och sedan i intervjuer låta dem beskriva sitt synsätt. De visar att det förekommer organiska, mekanistiska och samtida modeller av universum bland studenternas bilder. Både synsätt som innefattar ett ändligt universum och ett oändligt förekommer bland studenterna. Vidare visar de att afrikanska studenter i högre utsträckning än europeiska har en organisk syn på universum. Bland europeiska studenter är mekanistiska synsätt vanliga. Författarna förklarar detta med att de båda elevgrupperna har mött dessa världsbilder i olika utsträckning under sin uppväxt. Vidare menar författarna att studenternas kunskap om moderna, vetenskapliga modeller är bristfällig. Spiliotopoulou & Ioannidis (1996) studerar "primary teachers" syn på universums storskaliga struktur genom att studera deras tecknade bilder av universum och deras kommentarer till dem. Bland teckningarna finns modeller som klassades som fysikaliska, metafysiska

respektive symboliska. Man studerar även huruvida universum uppfattas som oändligt eller ändligt och fann exempel på båda synsätten. På liknande sätt undersöks barns teckningar av hur de uppfattar universum (Spiliotopoulou-Parantoniou, 2007). Även bland barnens teckningar finns modeller som klassas som fysikaliska och metafysiska, medan symboliska modeller saknas.

I en studie (Brickhouse, Dagher, Letts IV & Shipman, 2000; Shipman et al., 2002) av elever på en grundläggande astronomikurs i USA kommer studenternas syn på Big Bang upp i viss utsträckning. Fokus för studien ligger dock på studenternas syn på relationen mellan naturvetenskap och religion, samt deras syn på bevis och teorier. Lightman & Miller (1989) undersöker allmänhetens förståelse av samtida kosmologi och menar att stora brister föreligger (se diskussion av denna slutsats i kap 9.3). Bara drygt hälften svarar att solen är en stjärna. Vidare menar ca två av fem att solen någon gång kommer att sluta brinna, medan övriga menar att solen på ett eller annat sätt kommer att fortsätta lysa. I undersökning svarar var fjärde person att universum utvidgas, medan de flesta (59%) menar att universums storlek är konstant. De flesta människor bygger sitt svar på personlig uppfattning snarare än vetenskapliga modeller. Författarna finner också att en del människor känner rädsla inför tanken på ett expanderande universum. I en studie av lärarstuderandes syn på hur universum ser ut (Kärrqvist, 1999, opublicerat material) sågs exempel på hur känslor och existentiella frågor kan bli aktualiserade när man tänker på universum och dess byggnad.

Sammanfattningsvis kan man säga att det finns mycket få studier gjorda på elevers syn på universums uppkomst och storskaliga utveckling.

"Enligt fysiken eller enligt mig själv?"
Lena Hansson

6. KOSMOLOGI OCH VÄRLDSBILD I SKOLANS KURSPLANER

Jag kommer här kortfattat att redogöra för hur man i skolans kursplaner ser på de områden som jag i avhandlingen valt att belysa. Vad gäller grundskolan kommer jag att titta på såväl den gemensamma kursplanen för de naturorienterande ämnena som kursplanen för fysikämnet¹³. Vad gäller gymnasieskolan tittar jag på kursplanerna för Naturkunskap A, Fysik A, samt Fysik B.

6.1. KOSMOLOGI I SKOLANS KURSPLANER

I såväl grundskolans som gymnasieskolans kursplaner finns kosmologi omnämnt på olika sätt. I grundskolans gemensamma kursplan för de naturorienterande ämnena kan man läsa att eleven i slutet av det nionde skolåret skall *”ha kunskap om universums, jordens, livets och människans utveckling”* (Skolverket, 2000a) och i kursplanen för fysikämnet skriver man att skolan ska sträva efter att eleven *”utvecklar kunskap om fysikens världsbild utgående från astronomi och kosmologi”* (Skolverket, 2000b). Efter gymnasieskolans kärnkämnescurs *”Naturkunskap A”* skall eleven *”ha kunskap om den naturvetenskapliga världsbildens framväxt samt universums och jordens historia”* (Skolverket, 2000d). Även för fysikkurserna finns mål vad gäller elevens kunskap om universum. Efter Fysik A ska eleven *”ha översiktlig kunskap om universums struktur /.../”* (Skolverket, 2000f) och efter Fysik B ska eleven *”känna till huvuddragen i universums storskaliga utveckling”* (Skolverket, 2000g).

6.2. VÄRLDSBILD I SKOLANS KURSPLANER

Även fysikens/naturvetenskapens relation till världsbildsfrågor finns med i kursplanerna. I synnerhet gäller detta grundskolans kursplaner. I den gemensamma kursplanen för naturorienterande ämnen, under rubriken *”Ämnenas syfte och roll i utbildningen”* kan man läsa att

”Naturvetenskapen har vuxit fram ur människans behov av att finna svar på de frågor, som rör den egna existensen, livet och livsformerna, platsen i naturen och universum” (Skolverket, 2000a).

¹³ De kursplaner för grundskolan som redogörs för är från år 2000 och inte de som eleverna i min studie följt. Syftet med att beskriva dessa är alltså inte att ge en bild av vilken undervisning eleverna i min studie varit utsatta för, utan i stället att visa på hur man ser på världsbild och kosmologi i skolans kursplaner idag och visa på vilket stöd det i dessa finns för att inkludera detta i undervisningen i grundskola såväl som i gymnasieskolan.

Vidare kan man under rubriken "De naturorienterande ämnenas karaktär och uppbyggnad" läsa att

"Naturvetenskapen utgår från specifika antaganden för att göra naturen begriplig. Den världsbild som då skapas skiljer sig från de världsbilder som uppstår genom andra sätt att beskriva naturen" (Skolverket, 2000a).

Och längre ner i texten även att

"Naturvetenskapliga modeller är stadda i ständig omprövning och förändring. Detta synsätt på naturvetenskap tydliggörs i de naturorienterande ämnena dels genom användning av ett historiskt perspektiv, dels genom jämförelser med andra kulturers världsbilder. Andra kulturers förklaringsätt, förklaringar i myter, i sagor och i äldre tiders naturvetenskap, jämförs med vår egen tids uppfattningar. De grundläggande antaganden om världen som dessa olika förklaringsmodeller bygger på lyfts fram i ämnena." (Skolverket, 2000a)

I slutet av år 9 ska eleverna *"ha inblick i hur kunskapen om naturen utvecklats och hur den både formats av och format människors världsbilder"* och *"ha insikt i olika sätt att göra naturen begriplig, som å ena sidan det naturvetenskapliga med dess systematiska observationer, experiment och teorier liksom å andra sidan det sätt som används i konst, skönlitteratur, myter och sagor"* (Skolverket, 2000a). Även för fysikämnet finns mål vad gäller kunskap om fysiken i relation till världsbild.

När vi tittar på gymnasieskolans kursplaner kan man i beskrivningen av ämnet Naturkunskap läsa att *"Ämnet behandlar /.../ frågan om hur människans världsbild har förändrats genom växelverkan mellan teoribildning och praktiska forskningsresultat"* (Skolverket, 2000c). Ett av målen med Naturkunskap A är också att eleven ska *"ha kunskap om den naturvetenskapliga världsbildens framväxt samt universums och jordens historia"* (Skolverket, 2000d). Vad gäller fysikämnet så beskriver man ett av syftena med ämnet så här:

"Utbildningen syftar /.../ till fördjupad kunskap om fysikens roll för utvecklingen av människans världsbild. Dels har kunskapen om universum ökat – människan har förflyttats från världens centrum till en planet i utkanten av en bland många galaxer i världsrymden – dels har kunskapen om mikrokosmos ökat" (Skolverket, 2000e, ämnesbeskrivning fysik).

Ett av målen som man i undervisningen ska sträva mot är att eleven *"tillägnar sig kunskap om fysikens idéhistoriska utveckling och hur denna har påverkat människans världsbild och samhällets utveckling"* (Skolverket, 2000e). För betyget Godkänd (för såväl Fysik A som Fysik B) krävs att *"Eleven ger exempel på hur kunskaper från fysiken bidrar till en naturvetenskaplig världsbild"* och för betyget Väl godkänd att *"Eleven beskriver fysikens utveckling och hur denna bidragit till att forma en naturvetenskaplig världsbild"* (Skolverket 2000f, g).

Sammanfattningsvis kan man vid en jämförelse mellan grundskolans och gymnasieskolans kursplaner säga att skrivningarna vad gäller världsbild är både utförligare och fler i grundskolans kursplaner. Det man också kan säga är att gymnasieskolans kursplaner är mer disciplinära och man skriver t.ex. om "den naturvetenskapliga världsbilden".

"Enligt fysiken eller enligt mig själv?"
Lena Hansson

7. DESIGN AV PROJEKTET

7.1. SYFTE

Utifrån det beskrivna teoretiska ramverket preciserar jag nu projektets syften. Syftet är att:

- undersöka förekomsten av elever som beskriver sin egen och fysikens syn på olika sätt
- undersöka vilken typ av grundantaganden om världen som eleverna förknippar med fysiken
- diskutera vilken betydelse grundantaganden kan ha 1) för elevers möjlighet att förstå specifika modeller i fysiken och 2) för deras vilja att lära naturvetenskap/fysik
- få inledande kunskap om hur grundantaganden kan behandlas inom ramen för fysikundervisning

För studien har ett specifikt område valts för samtalen med eleverna – universums uppkomst och utveckling och existentiella frågor kopplade till detta. Ett särskilt fokus läggs på elevernas syn på relationen mellan naturvetenskap och religion.

7.2. ÖVERGRIPANDE BESKRIVNING AV PROJEKTETS DELSTUDIER

Projektet började i ett intresse för hur elever uppfattar relationen mellan naturvetenskap och religion. Som tidigare nämnts valde jag att studera detta inom ramen för en specifik kontext, nämligen universums uppkomst och utveckling. Avhandlingen bygger på empirin från två delstudier. Under den första delstudien undersöks vilka synsätt som gymnasieelever har kring universums ursprung och utveckling, samt existentiella frågor kopplade till detta. I delstudien har jag använt skriftliga frågor och intervjuer. Data samlades in i två omgångar och efter den första gjordes några mindre omformuleringar av några av de skriftliga frågorna (se artikel A). I den andra delstudien studeras elevers gruppdiskussioner. Resultaten från den första delstudien användes vid planeringen av den undervisningssekvens, om tre lektionspass, där de studerade gruppdiskussionerna ingick som ett moment. De metoder som använts i de två delstudierna kommer att beskrivas nedan (kap. 7.4).

Utifrån den första delstudien har tre artiklar skrivits (artikel A-C), medan den andra delstudien än så länge har resulterat i en artikel (artikel D). Se kap. 8 för korta beskrivningar av de fyra artiklarnas innehåll och appendix för artiklarna i sin helhet).

7.3. UNGDOMSGRUPPEN

7.3.1. Sverige – ett sekulariserat land?

Sverige ses idag ofta som ett av de allra mest sekulariserade länderna i världen. Om Sverige ska ses som ett sekulariserat land beror dock på vad man menar. En stor internationell studie (The World Values Survey¹⁴) visar att Sverige hamnar extremt högt både vad gäller ”Secular-Rational Values” och vad gäller ”Self Expression Values”. Att Sverige är extremt i detta avseende gör landet speciellt intressant att studera. Särskilt som man i världen ser en rörelse där länder successivt närmar sig Sveriges läge på kulturkartan – d.v.s. det finns en rörelse mot ökade ”Secular-Rational” samt ”Self-Expression Values” (Inglehart & Baker, 2000). Författarna påpekar dock att tesen om en allt ökande grad av sekularisering är förenklad och i första hand tillämpbar på övergången mellan lantbruks-samhälle och industrialiserat samhälle. Denna samhällsförändring ledde till minskad betydelse av organiserad religion. Samtidigt kan man i de industrialiserade länderna se ett ökat intresse för meningsfrågor och andliga frågor.

Även Hamberg (2001) menar att Sverige är ett sekulariserat land om man tänker på institutionell religion. Detta syns t.ex. som nedgång i gudstjänstdeltagande, dop och konfirmation. Om man i stället ser till intresse för religiösa frågor blir dock bilden en annan (se t.ex. Sjödin, 1995). Sjödin visar i en studie av svenska gymnasieelever att de endast i låg utsträckning besöker t.ex. gudstjänster, men att frågor om döden och meningen med livet sysselsätter många – speciellt flickorna. Även Schreiner (2006) visar att flickorna intresserar sig för mysterier och saker vi inte kan förklara (t.ex. tankeöverföring, spöken, människans själ). I studien av Sjödin (1995) tror drygt hälften av eleverna att det finns liv efter döden (ja, absolut eller ja, kanske). Nästan hälften av eleverna tror på en högre makt (teism eller deism), medan knappt var femte är ateist. En slutsats blir ”att det bland ungdomar dels finns en blygsam andel institutionellt religiösa, dels en stor andel så kallade privatreligiösa” (Sjödin, 1995, s. 77). Vad gäller tron på paranormala företeelser är denna utbredd (Sjödin, 1995), men inte central för ungdomars verklighetssyn (Sjödin, 2002, s. 25).

Den stora andelen privatreligiositet bland ungdomar och det ökande intresset för andliga frågor i industrialiserade länder kan kanske ses som en del av den värde-

¹⁴ För information om ”The World Values Survey” se <http://www.worldvaluessurvey.org/>

förskjutning från vad man brukar kalla modernism till postmodernism. Weber (refererad i Dahlin, 2004) menade att västvärlden successivt varit föremål för en "avförtrollning". "Avförtrollning" innebär att man i samhället sett en ökad grad av rationalisering – förnuftet och vetenskapen har fått allt större betydelse för förståelsen av livet och världen. Dahlin (2004) menar nu att *"Vi inte längre tror lika starkt på avförtrollningens möjligheter /.../. Själva avförtrollningen håller på att avförtrollas"* (s. 23). Det är kanske detta som vi ser exempel på både i "The World Values Survey" och i Sjödin (1995). Många elever uttrycker i linje med detta ett synsätt där vetenskapen inte är den enda vägen för att nå kunskap om världen (Sjödin, 2002).

7.3.2. De studerade elevgrupperna

Eleverna i båda delstudierna går på kommunala gymnasieskolor. Eleverna i den första delstudien kommer från tre olika skolor (fem undervisningsgrupper), på tre olika orter. Denna datainsamling genomfördes under läsåret höstterminen 2002 – vårterminen 2003. I den andra delstudien har undervisningsinslaget genomförts i en elevgrupp, under vårterminen 2004. Eleverna som deltog i undervisningsinslaget var alltså andra elever än de som deltog i enkät- och intervjustudien. Alla elever som varit med i studierna går det tredje året i gymnasieskolan och alla läser kursen Fysik B. I kursplanerna för fysik ingår universums storskaliga utveckling (se tidigare beskrivning av kursplanen), men behandlingen av området är ofta inte särskilt omfattande. Områden som gränsar till existentiella frågor kan ha behandlats i andra kurser också. Till exempel läser alla elever en kurs i religion och några läser t.ex. valbara filosofikurser.

7.4. DELSTUDIE 1

7.4.1. Skriftliga frågor

Inför att de skriftliga frågorna konstruerades tänkte jag på möjligheten att en elev själv skulle kunna ha ett synsätt som skiljer sig från det de förknippar med fysiken. Denna tanke ledde till en konstruktion där det i de flesta av de nio skriftliga frågorna (se artikel A och B) finns två delar – en där jag ber eleven beskriva fysikens syn på en fråga och en annan där jag ber eleven beskriva sin egen syn på samma sak. På det här sättet är designen öppen för möjligheten att eleverna själva skulle kunna ha en annan syn på en fråga än den de förknippar med fysiken. Detta är i linje med att det är möjligt för en elev att förstå ett naturvetenskapligt synsätt utan att göra det till sitt eget (Cobern, 1996) och gör det möjligt att få syn på elever som använder sig av olika typer av "cross-cultural learning" (Aikenhead, 1996). Designen ger också information om hur det synsätt som de beskriver som sitt eget är relaterat till det synsätt som de beskriver som fysikens.

De flesta av frågorna i enkäten och de som analysen främst har lutat sig mot (se artikel A och B) var öppna. Den mycket begränsade mängd studier som gjorts på området (se ovan, kap. 5.4) gjorde att jag hade svårt att veta vad jag kunde förvänta mig för svar. På grund av detta använde jag mig av öppna frågor, eftersom en av fördelarna med öppna frågor är just att man kan upptäcka oväntade saker (Neuman, 1994) på ett annat sätt än vad som är möjligt med från början givna svarsalternativ. Öppna frågor kan också *”catch the authenticity, richness, depth of response, honesty and candour”* (Cohen, Manion & Morrison, 2000, s. 255). Risken med att använda öppna frågor är att elever inte orkar svara alls. Givetvis ger eleverna olika uttömmande svar – vissa beskriver utförligt sin syn medan andra svarar kortfattat. Min bedömning är ändå att det fungerat väl med öppna frågor.

7.4.2. Intervjuer

De skriftliga frågorna som används under delstudie 1 kompletteras med intervjuer av ett mindre antal elever (se också artikel A, B och C). Även vid intervjuerna användes den ovan beskrivna designen med att eleven fick beskriva dels det synsätt de förknippar med fysiken och dels sin egen syn. Intervjuerna syftade till att få mer information om hur eleverna resonerar om områdena som behandlades i de skriftliga frågorna. De ger alltså en kompletterande bild som t.ex. ger mig som intervjuare en större känsla för en elevs hela berättelse (alltså över alla områden). Denna förståelse gör det möjligt att, på ett annat sätt än vad enkätsvaren gör, ge en helhetsbild av hur en elev resonerar. Detta har utnyttjats för att skriva längre redogörelser av hur jag förstår enskilda elevernas berättelser under intervjun (se artikel A och C). Eleverna som intervjuades valdes på två av skolorna bland de elever som var villiga att delta. Intervjuer gjordes med elever som i sina skriftliga svar ger uttryck för olika typer av synsätt med syfte att, genom intervjuerna, öka kunskapen om de olika synsätten och sätten att resonera. Ljudupptagningar gjordes under intervjuerna.

Det förekommer i litteraturen många olika indelningar av intervjuer beroende av vad som kännetecknar dem (se t.ex. Cohen et al., 2000). En sådan indelning görs av Patton (1987), som vad gäller intervjuer utan förutbestämda svarsalternativ talar om tre olika typer av intervjuer – *”the informal conversational interview”*, *”the interview guide approach”* och *”the standardized open-ended interview”*. Vad som skiljer de olika intervjutyperna åt är i vilken grad intervjuerna är strukturerade i förväg, t.ex. om frågornas formulering och ordning är förutbestämd. I denna kategorisering av olika typer av intervjuer faller mina snarast inom ramen för *”interview guide approach”*. Samtalen var fokuserade kring områden som var bestämda av mig i förväg, nämligen samma områden som i de

skriftliga frågorna. Men även om jag såg till att samtalen med eleverna höll sig till de områden som jag var intresserad av, så lät jag eleverna berätta relativt fritt om sina synsätt och lät dem dra paralleller som för dem kändes relevanta. Jag kunde också ställa andra frågor som inte funnits bland de skriftliga frågorna, men som jag kände kunde vara relevanta. Beroende på hur samtalen flöt på och hur riktningen i samtalet kring en viss frågeställning såg ut, kom de olika områdena att behandlas i en ordning som jag i situationen uppfattade som naturlig. Det innebär att områdena inte togs upp i samma ordning med alla elever. Vi kunde också komma tillbaka till en frågeställning mer än en gång under intervjun, om det kändes relevant eller om något behövde klargöras.

Jag eftersträvade att klimatet under samtalen skulle vara gott och för att bidra till detta bjöd jag eleverna på en enkel fika under samtalen. Jag försökte också visa för eleverna att jag var genuint intresserad av deras synsätt och inte var intresserad av att kolla om de kunde "det rätta svaret". Jag uppfattade det som att eleverna överlag var avslappnade under samtalen och fritt berättade hur de såg på de frågor jag var intresserad av.

7.4.3. Analys och presentation av data

Jag kommer här att ge en kortfattad beskrivning av hur analysen, som ligger till grund för artiklarna, har genomförts. Jag observerade att det var vanligare än jag hade förväntat mig att eleverna själva presenterar ett annat synsätt än det de förknippar med fysiken. Detta uppfattade jag som intressant och analysen kom därför att fokuseras kring detta. I ett första steg låg fokus för analysen på frågor som i fysiken beskrivs med "Big Bang"-modellen – universums uppkomst, utveckling och grundämnenas tillkomst. I ett andra steg fokuserades i stället huruvida man kan kombinera en naturvetenskaplig syn på universum med en religiös övertygelse.

Analysen tog sin utgångspunkt i elevernas skrivna svar och uttalanden under intervjuer. Analysen skedde genom upprepad läsning och tolkning av enkätsvar och intervjutranskript. Eger (1992) beskriver analysförfarandet som en cirkel, där man om och om igen går tillbaka till data, men varje gång med en delvis ny förståelse. I analysen växlade jag också mellan att titta på delar (t.ex. vad alla elever säger om samma sak) och en elevs hela berättelse (över frågor). Analysen resulterade i konstruktionen av kategorisystem, som visar på de synsätt och resonemang som jag uppfattar i data. Ett kategorisystem kan komma att se olika ut beroende av vem som konstruerar det, eftersom verkligheten framstår olika för olika människor. Dock är det heller inte oberoende av verkligheten. Jag tänker mig därför att ett kategorisystem bör vara kommunicerbart och kunna bli begripligt också för andra, d.v.s. om jag pekar på något bör någon annan också

kunna se det, även om detta inte var en aspekt som den personen annars hade uppmärksammat. Därför har jag diskuterat kategorisystemet, samt delar av kodningen, med min handledare så att vi har varit eniga om existensen av de olika kategorierna och vad dessa innefattar.

Jag har också jämfört kategoriseringen av elevernas synsätt i de skriftliga svaren vad gäller det synsätt som de förknippar med fysiken och det synsätt som de beskriver som sitt eget. Utifrån detta konstruerades matriser, som visar förekomsten av elever som beskriver sin egen respektive fysikens syn på samma, respektive olika sätt.

I artiklarna (artikel A och B) presenteras alltså de olika synsätten, men också hur vanliga de är i elevernas skriftliga svar. Frekvenserna är inget fokus för artiklarna men ökar genomskinligheten så att läsaren inte behöver lita till författarens beskrivningar t.ex. med ord som ibland och vanligtvis (Erickson, 1998). Det kan vidare vara intressant för läsaren att veta om det är fem eller 50 elever som har gett uttryck för ett synsätt. Det finns dock även saker som talar mot att ange frekvenser. Ett argument mot är att det lätt ger intryck av att vara mer exakt än det faktiskt är (Patton, 1987). Här övervägde, för mig, dock det första argumentet.

Utöver denna beskrivning på gruppnivå så har referat av elevers berättelser under intervjuerna skrivits. Dessa presenteras genom längre beskrivningar (artikel A) respektive "elevberättelser" (artikel C). I dessa framträder individen lite mer färgrikt och en mer nyanserad bild av de synsätt som hon eller han ger uttryck för kommer fram. Elevernas egna synsätt i relation till de synsätt som de förknippar med fysiken, beskrivs och diskuteras med hjälp av begreppen "enculturation", "assimilation", "autonomous acculturation", samt "antropological learning" (Aikenhead, 1996).

7.5. DELSTUDIE 2

7.5.1. Syfte och kontext för studien

Denna delstudie syftar till att 1) få fördjupad kunskap om de grundantaganden om världen som elever förknippar med fysiken och 2) få kunskap om hur gruppdiskussioner på detta tema kan fungera och vilka olika sorters synsätt som blir synliga i dem. Gruppdiskussionerna genomfördes i en gymnasieklass som en del av en undervisningssekvens med kosmologi som övergripande tema.

7.5.2. Genomförande

Undervisningssekvensen bestod av tre lektionspass à ca 80 minuter. Undervisningen hölls av mig, min handledare och klassens ordinarie lärare. Resultaten från den första delstudien användes vid designen av undervisningssekvensen.

Undervisningssekvensen börjar med en genomgång av fysikens syn på universums uppkomst och utveckling (Big Bang modellen). Under det andra lektionspasset diskuterar eleverna i små grupper huruvida man kan ha en naturvetenskaplig syn på universum och samtidigt ha en religiös övertygelse. Gruppdiskussionerna är organiserade som en debatt där eleverna i par fick en roll i vilken de skulle argumentera för/mot möjligheten att kombinera naturvetenskap och religion. När argumenten är uttömda byter deltagarna roller och argumenterar nu för den motsatta ståndpunkten. Inspirationen till designen av den här gruppövningen kommer från Hammerich (2000). Syftet med gruppövningen är att eleverna ska bli medvetna om de olika argument som människor har och också få möjlighet att formulera sin egen syn på frågan. Grupperna diskuterar också huruvida en specifik syn på frågan hör samman med fysiken.

Under det tredje lektionspasset äger ytterligare en gruppdiskussion rum. Eleverna arbetar under den här övningen med grundantaganden om världen. De börjar med att gå igenom en hög med kort med ett påstående på varje kort (se artikel D) och själv ta ställning till om de håller med eller inte håller med om påståendet. Bland påståendena finns antaganden vanliga i traditionella religioner, scientistiska (Poole, 1998) antaganden, samt påståenden som utgör nödvändiga grundantaganden för naturvetenskapen (Cobern, 2000a; Poole, 1998). För en diskussion kring valet av påståenden till övningen, se artikel D.

Därefter tar gruppens gemensamma arbete vid. Uppgiften är att sortera korten med påståenden efter huruvida de

- hör samman med fysiken – detta är fysikens syn
- kan kombineras med fysiken – är inte ett synsätt som måste förknippas med fysiken, men fysiken motsäger inte heller det
- fysiken motsäger detta – detta synsätt hör inte samman med fysiken.

Syftet är att engagera eleverna i en diskussion om vilka grundantaganden om världen som är nödvändiga för fysiken och vilka som inte är det. Inspiration till designen av den här aktiviteten kom från Coberns arbete, där han använt kort i intervjuer dels för att få en bild av studenters världsbilder (Cobern, 2000b), dels i en undervisningssekvens om naturvetenskapens filosofi (Cobern & Loving, 2000a). Undervisningssekvensen avslutas med en diskussion i hela klassen med

utgångspunkt i de olika gruppernas resultat. Bild- och/eller ljud-upptagningar gjordes under gruppdiskussionerna. Dessutom samlades skriftlig dokumentation in i form av gruppernas slutsatser.

7.5.3 Analys

Hittills har enbart data från den senare av gruppdiskussionerna bearbetats. Analysen bestod av två steg. I det första tittade jag huvudsakligen på gruppernas slutsatser, d.v.s. hur de placerar de olika korten. Detta ger en övergripande bild av vilka synsätt eleverna förknippar med fysiken rörande de tre olika typerna av påståenden som finns på korten.

I det andra steget av analysen är jag intresserad av vad som händer i grupperna under de diskussioner som leder fram till de slutsatser som dras (placeringar av korten). Det jag studerat är diskussionerna kring de traditionellt religiösa påståendena samt de "allmän-scientistiska" påståendena. Jag analyserade elevernas uttalanden i diskussionerna och avgjorde huruvida de i sina uttalanden förknippar fysiken med scientistiska synsätt (Poole, 1998; se också kap. 4.5), eller om de ifrågasätter att sådana synsätt hör samman med fysiken. Slutligen kopplade jag detta till huruvida diskussionerna leder fram till en scientistisk eller en icke-scientistisk slutsats. Utifrån detta utmynnade analysen i att varje grupps diskussion kring vart och ett av de analyserade korten kategoriserades utifrån huruvida grupperna drar en scientistisk slutsats eller ej. I de fall en scientistisk slutsats dras delades diskussionerna även in utifrån huruvida detta synsätt har ifrågasatts eller ej under diskussionen.

7.6. OM RESULTATENS GENERALISERBARHET OCH RELEVANS FÖR FYSIKUNDERVISNING

För att det ska vara möjligt för läsaren att nå den önskade ökade förståelsen för, eller att få nya perspektiv på, lärande och undervisning i naturvetenskap, krävs att vi tänker oss att resultaten i studien inte bara gäller just de elever som deltar i studien, utan att vi via dem kan få en förståelse som rör även andra liknande grupper. Vi kommer då in på frågan om generaliserbarhet. Kvale (1997) talar om olika former av generaliserbarhet. Studier, som de jag gör, är självklart inte generaliserbara i någon statistisk mening (se t.ex. Kvale (1997) för en beskrivning av statistisk generalisering). Det man kan diskutera är i stället så kallad "analytisk generalisering" (Kvale, 1997). En sådan bygger på en analys av likheter och skillnader mellan den undersökta situationen och den situation man vill generalisera till. En fråga som då framkommer är om det är forskaren eller läsaren som ska göra generaliseringen (Cohen et al., 2000; Kvale, 1997). Jag menar att man som forskare inte ska stanna vid att säga att generaliserbarheten

ligger hos läsaren att bedöma, utan att man också själv bör reflektera över och föra ett resonemang om detta. Detta är väsentligt, eftersom vi bör fråga oss vad det är vi vill öka förståelsen av. Är det av de elever som jag intervjuade eller som svarade på min enkät? Ja visst, men forskningsarbete bör också ge något utöver detta. Det bör leda till igenkännande och tankar som är relevanta även i relation till andra liknande grupper (t.ex. för liknande elevgrupper).

Man måste då föra ett resonemang som handlar om vad man kan säga om den studerade gruppen i förhållande till andra liknande grupper (Kvale, 1997). I delstudie 1 har elever i fem olika grupper, på tre olika skolor, på tre olika orter, svarat på de skriftliga frågorna. Urvalet är inte gjort slumpmässigt eller på något annat statistiskt kontrollerat sätt. Det finns dock som jag ser det ingen anledning att tro att dessa elever på något sätt är speciella och markant skiljer sig från många andra elever som går det sista året på naturvetenskapsprogrammet. Det samma gäller den elevgrupp som studeras i delstudie 2. Dessutom stärker resultaten från delstudie 1 och 2 varandra, eftersom resultaten från skriftliga svar och intervjuer är i linje med resultaten från gruppdiskussionerna. Att nå ökad trovärdighet genom att använda olika typer av datainsamlingsmetoder har diskuterats av t.ex. Cohen et al. (2000). Utifrån ovanstående resonemang skulle jag vilja hävda att eleverna i mina studier i någon mening är typiska och att studiens resultat antagligen är relevanta även i relation till elever utanför den undersökta gruppen. Jag menar därför att den förståelse som min studie kan bidra med är relevant i förhållande till mer än "mina elever" och därför har implikationer för undervisning.

På liknande sätt kan man föra ett resonemang kring relevansen av skriftliga svar samt intervjuuttalanden för fysikundervisning. Det finns en spänning mellan två synsätt, där den ena polen utgörs av en stark betoning av kontextens betydelse (se t.ex. Säljö, 2000) och där den andra polen utgörs av en stark betoning av kontinuitet mellan situationer för individen. På samma sätt som man får fundera över hur studiens undersökningsgrupp förhåller sig till andra grupper (se ovan och Kvale, 1997) är det vad gäller detta viktigt att fundera kring skillnader och likheter mellan intervju/enkätsituationens sammanhang och den situation som man är intresserad av – t.ex. fysikundervisning. I delstudie 1 har de skriftliga frågorna besvarats under en fysiklektion. Man skulle då kunna misstänka att eleverna i det speciella sammanhang de befinner sig i är mer benägna att själva ge svar som överensstämmer med det de uppfattar som fysikens syn än de varit i en kontext utanför skolan. Man kan också, menar jag, ha anledning att anta att de synsätt de ger uttryck för, för egen respektive för fysikens del, faktiskt av eleverna upplevs som relevanta i den kontext som utgörs av fysiklektion i skolan. Dessa synsätt kan därmed antas vara viktiga för dem när frågor om universum och världsbild diskuteras i klassrummet. Jag menar därför att det eleverna ger

uttryck för i detta sammanhang (och i de uppföljande intervjuerna) är relevant för fysikundervisning. Att data i delstudie 2 hämtas från gruppdiskussioner som genomförs under fysiklektioner, ökar dessutom relevansen i relation till fysikundervisning ytterligare.

7.7. ETISKA ÖVERVÄGANDEN

I samband med insamlandet av data har övergripande information getts om studien och om vad jag önskar att eleverna deltar i (delstudie 1: skriftliga frågor och eventuellt intervju; delstudie 2: skriftliga frågor, samt bild/ljudupptagningar). Alla elever som på olika sätt deltar i studien har därefter frivilligt valt att delta – informerat samtycke (Kvale, 1997, se också Vetenskapsrådet, 2007). Även elevernas lärare – vilka har gett tillträde till klassrummen – har informerats om studien. Detta gäller också skollädaarna på de berörda skolorna. De skriftliga frågorna besvarades i helklass-situationer. Eleverna fick tillsammans med de skriftliga frågorna också en skriftlig fråga om huruvida de kunde tänka sig att delta i en intervju. Kontakt togs sedan med de elever som skulle intervjuas och intervjuerna genomfördes vid en tidpunkt som jag kom överens med den enskilde eleven om – vanligen på håltimmar eller liknande. Detta gjorde att eleverna inte behövde lämna lektioner för att delta i intervjuerna.

Pseudonymer har använts istället för elevernas riktiga namn. Eleverna informeras om att det bara var forskarna i projektet som ser deras riktiga namn i anslutning till deras svar i enkäter och intervjuer och att dessa inte var tillgängliga för andra, t.ex. deras lärare. Resultatbeskrivningarna fokuserar på elevernas synsätt kring de frågor som studien fokuserar på och inga övergripande personbeskrivningar av eleverna ges. Detta minskar risken för igenkänning. Att eleverna som deltar i intervjuerna kommer från två olika skolor och att skolorna inte identifieras eller jämförs i studien minskar också risken för att enskilda elever ska kunna identifieras av andra. På detta sätt har vi försökt uppfylla konfidentialitetskravet (Vetenskapsrådet, 2007). Vid gruppdiskussionerna, som var en del av en undervisningssekvens, deltog elevernas ordinarie lärare vid lektionerna, men läraren har inte haft tillgång till inspelningarna som gjordes. Data som samlas används enbart för forskningsändamål – nyttjandekravet (Vetenskapsrådet, 2007).

Att försöka följa dessa grundläggande forskningsetiska principer är självklart, men det är även viktigt att eleven inte känner sig obekvämt under intervjun. Jag har därför strävat efter ett gott och avslappnat klimat under intervjuerna (se också kap. 7.4.2). Det är också viktigt för intervjuaren att successivt känna av under intervjun vad eleven vill utveckla och inte fråga vidare på ett sätt som av

"Enligt fysiken eller enligt mig själv?"
Lena Hansson

ett eller annat skäl blir olustigt för individen. Ett viktigt led i detta är också att eleven känner att det inte är en provsituation där hon/han behöver prestera eller blir bedömd.

"Enligt fysiken eller enligt mig själv?"
Lena Hansson

8. SAMMANFATTNING AV ARTIKLARNA

Artikel A

Swedish Upper Secondary Students' Views of the Origin and Development of the Universe

Artikeln handlar om hur elever resonerar om universums ursprung och utveckling. Elevernas egna synsätt likväl som deras beskrivningar av fysikens synsätt analyseras. Data består av skriftliga enkäter och intervjuer (se kap. 7.4). De flesta av eleverna relaterar till Big Bang när de beskriver universums ursprung. I artikeln visas dock att detta kan innebära olika saker för olika elever. Artikeln visar också på elevernas synsätt vad gäller huruvida universum förändras och vad gäller ursprunget av de grundämnen som är nödvändiga för livet på jorden. I artikeln jämförs elevernas egna synsätt med de synsätt som de förknippar med fysiken. Denna jämförelse visar att det finns elever som själva har ett synsätt som skiljer sig från det de beskriver som fysikens. Detta visar att elever, på kosmologiområdet, inte nödvändigtvis själva tar till sig det synsätt som de förknippar med fysiken. I artikeln lyfts exempel fram på elever som hanterar fysikens syn på olika sätt och dessa sätt diskuteras. Detta förekommer dels som kortare exempel hämtade från skriftliga svar, dels i form av två längre beskrivningar av enskilda elevers synsätt. Vidare visar resultaten att det finns elever som inte bara relaterar till naturvetenskapen utan också till religiösa synsätt. Detta visar att när kosmologi diskuteras i undervisningen kan också religiösa bilder av världen förväntas vara relevanta för en del av elevgruppen. Konsekvenser för undervisning och lärande diskuteras.

Artikel B

Physics and the Possibility of a Religious View of the Universe: Swedish Upper Secondary Students' Views

Artikeln handlar om hur elever ser på huruvida det är möjligt att kombinera en naturvetenskaplig syn på universum med en religiös övertygelse och om deras syn på mirakel. Data hämtas från samma studie som i artikel A. Precis som i artikel A har eleverna tillfrågats – dels i skriftliga frågor, dels i intervjuer – om deras egen syn, likväl som om de synsätt de förknippar med fysiken. Resultaten som presenteras i artikeln visar att för en del av elevgruppen skiljer sig elevens eget synsätt från det som de förknippar med fysiken. I artikeln diskuteras att detta skulle kunna vara ett problem för dessa elever. Genom att titta på hur eleverna motiverar de synsätt de förknippar med fysiken visas i artikeln att dessa synsätt för många av eleverna hänger ihop med andra synsätt som eleverna för-

knippar med fysikens syn på världen. Man kan se att det är vanligt att eleverna förknippar scientism (Poole, 1998) med fysiken. I artikeln ifrågasätts huruvida sådana synsätt är nödvändiga för fysikens kunskapsbygge. Konsekvenser för undervisning och lärande diskuteras.

Artikel C

Tre elever berättar om universum, gud och fysiken

Artikeln handlar om elevers bild av världen och hur de relaterar bidrag från fysik respektive religion till varandra. Artikeln lyfter fram tre elevers berättelser om existentiella frågor relaterade till kosmologi. Berättelserna används för att illustrera hur eleverna, när de talar om sina egna synsätt, relaterar till och hantlar de synsätt som de förknippar med fysiken. Elevernas berättelser används också för att illustrera att elevernas bild av fysikens synsätt kommer att fungera som stödjande gentemot ateistiska synsätt, medan den kommer att bli ifrågasättande gentemot religiösa synsätt. Detta diskuteras i artikeln tillsammans med konsekvenser för undervisning.

Artikel D

Upper secondary students in group discussions about physics and our presuppositions of the world

Artikeln handlar om en gruppövning som utförs som en del av fysikundervisningen i en gymnasieklass. Vid designen av övningen används resultaten från delstudie 1. Syftet med gruppövningen var att engagera eleverna i en diskussion om vilka grundantaganden om världen som verkligen är nödvändiga för fysiken. Under övningen skulle eleverna komma fram till fysikens syn gällande ett antal påståenden. Det övergripande syftet med studien var att få utökad kunskap om vilken typ av grundantaganden om världen som eleverna förknippar med fysiken och att få inledande kunskap om möjliga sätt att behandla detta inom ramen för fysikundervisningen. Studien stödjer och förstärker resultaten från enkät- och intervjustudien (artikel B, C) i det att det är vanligt att eleverna förknippar scientism och ateism med fysiken. Detta problematiseras och ifrågasätts bara till viss del under gruppdiskussionerna. Vidare visar resultaten att grundantaganden som är nödvändiga för fysiken inte omedelbart känns igen som sådana av eleverna. Konsekvenser för undervisning och lärande diskuteras.

9. SLUTSATSER, DISKUSSION OCH IMPLIKATIONER

Jag kommer här att sammanfatta de slutsatser som jag drar från mina studier. Detta kommer jag att göra utifrån några olika teman:

- Betydelsen av grundantaganden för förståelsen av naturvetenskapliga modeller
- Fysikens syn – elevens syn
- Att fråga om det vi vill veta
- Grundantaganden om världen som en del av naturvetenskapens natur
- ”Jag är naturvetare – jag är inte så religiös”. Bilden av fysiken i relation till elevens identitet
- Grundantaganden om världen i undervisningen

Jag kommer också i samband med dessa teman att diskutera slutsatserna och vilka implikationer jag menar att de har för undervisning, liksom för framtida forskning.

9.1. BETYDELSEN AV GRUNDANTAGANDEN FÖR FÖRSTÅELSEN AV NATURVETENSKAPLIGA MODELLER

Resultaten visar att elevernas syn på fysikens modeller för universums uppkomst och utveckling skiljer sig åt (artikel A). Många elever visar också brister i sin förståelse, vilket det kan finnas flera olika förklaringar till. En förklaring kan vara att eleverna själva har andra grundantaganden (Cobern, 1991; Cobern, 1996) om världen än de som är underförstådda i fysiken – t.ex. kan de anta att universum alltid funnits eller att något inte kan komma ur ingenting. Utifrån detta försöker de förstå fysikens modeller.

Resultaten visar att de grundantaganden som är nödvändiga för fysiken (Cobern, 2000a; Poole, 1998) inte självklart associeras med fysiken av eleverna (artikel D). Till exempel är det uppenbart, från elevernas diskussioner, att det inte är någon självklarhet för dem att fysiken motsäger ”*Alla platser och händelser i universum är unika och därför inte möjliga att beskriva med samma modeller*”. Inte heller att fysiken bygger på att ”*De fysikaliska lagarna som gäller här gäller också på andra platser i universum*” samt ”*De fysikaliska lagarna har alltid gällt, d v s gällde också långt tillbaka i universums historia*” är självklart, utan leder till diskussioner i några av elevgrupperna. Problemen grundar sig antagligen i en kombination av att de grundantaganden som fysiken bygger på inte diskuteras explicit i undervisningen och att dessa antaganden inte alltid är en del av elevernas *egna* grundantaganden om vad som kännetecknar världen. När ele-

verna själva tar ställning till ovanstående påståenden visar det sig att de flesta (opublicerade data från undervisningssekvensen, analys pågår), tvärt emot fysikens syn, själva håller med om att *"Alla platser och händelser i universum är unika och därför inte möjliga att beskriva med samma modeller"* och motsätter sig att *"De fysikaliska lagarna som gäller här gäller också på andra platser i universum"*, medan 1/3 inte håller med om att *"De fysikaliska lagarna har alltid gällt, d.v.s. gällde också långt tillbaka i universums historia"*. Vidare menar över hälften av eleverna att *"Universum är obegripligt för oss människor"*. Där- emot stödjer eleverna påståendet att *"Det finns mönster/ordning i universum som helt eller delvis kan upptäckas och förstås av människan"*. Detta kan tyckas motsägelsefullt och ytterligare studier behövs för att nå bättre kunskap om elevernas synsätt. En möjlig förklaring (se också artikel D för en mer omfattande diskussion av detta) är att elevernas förståelse av innebörden av modeller/lagar i naturvetenskapen är bristfällig. En annan förklaring skulle kunna vara att det finns elever som i och för sig menar att det finns ordning som vi kan nå viss kunskap om, även om universum som helhet för många elever är obegripligt. Den kunskap vi kan nå är också av ett annat slag än vad som kan beskrivas med hjälp av naturvetenskapliga modeller. Den andra förklaringen skulle vara i linje med att relativt få ungdomar delar ett synsätt där vetenskapen är den enda vägen till kunskap (Sjödin, 2002). Sjödin visar att få ungdomar instämmer med påstå- enden som *"Vetenskapen är den enda väg vi har för att få riktig kunskap om tillvaron"* och *"Vetenskapens bild av tillvaron beskriver den verklighet som finns"*. Poole (1990) diskuterar konsekvensen av att många människor inte om- fattar de grundantaganden som naturvetenskapen av tradition bygger på. Till skillnad från eleverna i min undervisningssekvens ser många av eleverna i en studie av Cobern (2000b) inte naturen som ordnad och innehållande mönster. Innebörden av dessa, för naturvetenskapen centrala synsätt, är dessutom begrän- sad hos eleverna i hans studie. Mer forskning krävs för att utröna hur omfattande företeelsen att elever inte delar dessa antaganden är och för att förstå hur de resonerar och vad som ligger bakom deras synsätt. Jag har tillsammans med Britt Lindahl, Högskolan Kristianstad, ett än så länge (2007) oanalyserat inter- vjumaterial som förhoppningsvis kan bidra till ökad förståelse av detta.

Ur ett undervisningsperspektiv är det viktigt att vara medveten om att den här typen av grundantaganden inte självklart omfattas av alla elever. Detta gör det viktigt att diskutera grundantaganden i fysikundervisningen. När inte fysikens grundantaganden diskuteras explicit är det troligt att eleven använder sig av sina egna grundantaganden för att försöka förstå de naturvetenskapliga modeller som presenteras i undervisningen. Att inte känna till vilka grundantaganden om värld- en som fysiken bygger på bör därför utgöra ett hinder för eleverna att på ett meningsfullt sätt förstå fysikens modeller. Lederman (2007) menar att det krävs mer forskning för att nå kunskap om relationen mellan elevers kunskap om

naturvetenskapens natur (NOS) och deras kunskap om naturvetenskapligt ämnesinnehåll. På samma sätt krävs också mer forskning vad gäller relationen mellan elevers grundantaganden, deras kunskap om fysikens grundantaganden och deras kunskap om naturvetenskapligt ämnesinnehåll. Detta för att förstå hur elevernas förståelse av naturvetenskapliga modeller samspelar med deras kunskap om de grundantaganden som naturvetenskapen bygger på.

För att eleverna ska få möjlighet att förstå fysikens modeller för universums uppkomst och utveckling på ett bättre sätt, krävs antagligen en mer omfattande behandling av området i undervisningen, än vad som nu är vanligt. Detta bör dock innefatta att man i undervisningen tar upp de grundantaganden om världen som fysiken bygger på. Att det är viktigt med en explicit diskussion kring grundantaganden och att inte ta dem för givna är också i linje med forskning kring andra delar av elevers förståelse av "naturvetenskapens natur". T.ex. menar Lederman & Abd-El-Khalick (1998) att explicit undervisning på detta område är effektivare än implicit.

Att ge möjlighet för eleverna att på ett meningsfullt sätt förstå fysikens modeller är ett av de skäl jag har lyft fram (artikel D) för att de grundantaganden om världen som fysiken bygger på (och inte bygger på) bör behandlas explicit inom ramen för fysikundervisningen. Detta, menar jag, bör ske i en diskussion där såväl elevernas egna som naturvetenskapens/fysikens grundantaganden om världen lyfts fram. I detta sammanhang blir fördelarna tydliga med ett "cross-cultural approach" (Aikenhead, 1996) på undervisning, snarare än att ha som sitt mål att övertyga eleverna att byta grundantaganden om hur världen är. Här kan man naturligtvis resonera utifrån ett etiskt perspektiv, men de praktiska problemen med den senare målsättningen blir också uppenbara med tanke på att ett byte av grundantaganden inte är enkelt (Cobern, 1991). Även Posner et al. (1982) och Vosniadou (1994) diskuterar svårigheten att lära när det krävs att individens grundantaganden ändras. Vi har sett (artikel A) att en del elever på egen hand uppfunnit "cross-cultural learning". Eleverna i mina studier går alla på naturvetenskapsprogrammet på gymnasiet. Det är troligt att elever vars grundantaganden om världen skiljer sig från de som ofta underförstås i naturvetenskapen antingen har hittat ett sätt att hantera detta (som dessa elever på naturvetenskapsprogrammet har gjort), eller helt enkelt väljer att inte studera naturvetenskap när de kan välja att inte göra det. Ett "cross-cultural approach" på undervisning kan ge fler elever, än de som själva uppfinner den här typen av lärande, en möjlighet att på ett meningsfullt sätt lära naturvetenskap.

9.2. FYSIKENS SYN – ELEVEN S SYN

Resultaten visar att det för en del elever är skillnad mellan att beskriva sin egen syn och fysikens syn på olika frågor (artikel A, artikel B och artikel C). T.ex. kan en del elever beskriva universums uppkomst och utveckling på ett sätt om man ber dem beskriva sin egen syn och på ett annat när de beskriver fysikens syn på samma sak. Vi har t.ex. sett att synsättet att universum alltid har funnits är betydligt vanligare när eleverna beskriver sin egen syn, än när de beskriver fysikens (se artikel A och exempel nedan i tabell 2 hämtade från denna artikel, fast här i svensk originalversion).

Tabell 2. Exempel på elevers beskrivningar av fysikens och deras egen syn på huruvida universum alltid funnits eller om det har en början.

Elev	Beskrivning av fysikens syn	Beskrivning av egen syn
<i>Roger</i>	Det började med big bang, där en explosion gjorde så att gaser och partiklar spreds i rymden som sedan attraherade varandra och bildade solar [Roger, fysikens syn]	Det har alltid funnits [Roger, egen syn]
<i>Filippa</i>	Jag skulle vilja säga att inom fysiken så uppfattar man det som om att det varit en stor smäll ”Big Bang” och att universum sedan växt mer och mer, expanderat och man tror att det en dag kommer gå samman igen. [Filippa, fysikens syn]	Jag tror som fysikerna vad gäller detta men jag har lite svårt för att, ur tomma intet ska det uppstå en smäll. Det måste funnits något sedan innan [Filippa, egen syn]
<i>Oliver</i>	Big Bang, en massa partiklar och en hög energi, skapade universum [Oliver, fysikens syn]	Jag tror att det fanns något före Big Bang, något som ett annat universum. I.o.m. att universum expanderar och sedan (kommer) dras ihop tror jag att precis innan B.B. var det en implosion av det förra universumet. [Oliver, egen syn]

Som visas i tabellen kan en elev t.ex. när hon/han beskriver fysikens syn säga att universum har en början, men själv mena att universum alltid funnits. Sådana exempel visar att det inte är självklart att en elev alltid tar till sig fysikens syn som sin egen även om hon eller han känner till den. Detta stöds av Cobern (1996) som menar att:

"/.../comprehension does not necessitate apprehension. One may well reject a concept that he or she fully comprehends while someone else apprehends it as knowledge." (Cobern, 1996, s. 592).

Detta har också exemplifierats i tidigare studier på elevers förståelse av evolution (Dagher & BouJaude, 1997) och av relativitetsteorin (Brewer & Chinn, 1991). Jag har i mina studier (artikel A, B, C) sett exempel på elever som, vad gäller kosmologi och till detta område kopplade existentiella frågor, använder sig av olika typer av "cross-cultural learning" (Aikenhead, 1996; Cobern & Aikenhead, 1998). Vi har sett exempel både på "autonomous acculturation" och antropologiskt lärande. Denna typ av perspektiv vidgar den förståelse av vad lärande innebär som beskrivs av en traditionell "conceptual change"-modell (Posner et al., 1982). I denna modell räknar man inte med möjligheten att en elev förstår och lär sig om naturvetenskapens syn, men inte gör detta synsätt till sitt eget. Jag har hävdad (artikel A) att en elev mycket väl kan förstå en specifik naturvetenskaplig modell och förstå varför detta synsätt från fysikens utgångspunkt är både "plausible" och "fruitful" (Posner et al., 1982) – även om hennes eller hans eget synsätt på vad som är "plausible" och "fruitful" är ett annat. Huruvida eleverna, om de når en bättre förståelse av fysikens syn, kommer att göra detta till sitt eget går inte att svara på. För vissa elever kommer det kanske att bli så, medan andra kommer att hålla fast vid sina synsätt. Det är fullt möjligt för en elev att i ett första skede lära antropologiskt, för att senare övergå till "autonomous acculturation" (Cobern & Aikenhead, 1998) och till slut kanske "enculturation".

9.3. ATT FRÅGA OM DET VI VILL VETA

Vid studier av elevers förståelse av olika fenomen ger många elever svar som, när de utvärderas i relation till naturvetenskapliga modeller, tolkas som att eleverna har bristande eller svaga naturvetenskapliga kunskaper. Eleverna beskriver inte fenomenen på ett, utifrån ett naturvetenskapligt perspektiv, korrekt sätt. Nedan återges ett exempel på en sådan slutsats hämtad från en studie på kosmologiområdet. Människor har i studien tillfrågats om hur de tänker kring olika för kosmologin relevanta frågeställningar:

"Nearly half of American adults – 47% answered one or none of the items correctly, indicating a substantial misunderstanding of contemporary cosmology" (Lightman & Miller, 1989, s. 128)

Den här sortens resultat har ibland tolkats som att den naturvetenskapliga undervisningen har misslyckat. Jag vill här diskutera vilka slutsatser som är rimliga att dra av den typ av studier på vilka kosmologiartikeln ovan är ett exempel – stu-

dier där människor tillfrågas om hur de tänker kring olika fenomen eller företeelser. Diskussionen tar sin utgångspunkt i det antagande om vad det innebär att lära naturvetenskap som den här typen av slutsatser bygger på.

Studier som görs inom det naturvetenskapliga didaktiska forskningsområdet grundar sig på något slags antagande om vad det innebär att lära naturvetenskap. Ett sådant antagande kan ibland uttryckas explicit, men är vanligen implicit och underförstått – ibland kanske också omedvetet. Jag vill hävda att merparten av de studier som görs kring lärande och undervisning inom det naturvetenskapliga didaktiska forskningsområdet grundar sig i ett antagande om att lärande i naturvetenskap innebär att eleven förstår de naturvetenskapliga synsätten och gör dem till sina egna. Lärande syns då t.ex. i att eleven använder de naturvetenskapliga synsätten i olika situationer som hon sätts i. Med utgångspunkt i detta antagande om vad det innebär att lära naturvetenskap blir målet med naturvetenskaplig undervisning att eleverna ska överge sina eventuella tidigare synsätt och i stället anamma den naturvetenskapliga kulturens beskrivningar (se också kap. 4.2). Ett sådant antagande gör det möjligt att fråga elever om deras förståelse (hur tänker du om...?) av allehanda fenomen och ur deras svar dra slutsatser om vilken förståelse de har av naturvetenskapens sätt att beskriva dessa fenomen.

Utifrån det här grundantagandet om vad det innebär att lära blir tolkningen i många av de studier av elevers förståelse som gjorts – att eleverna har bristande kunskap om/förståelse av relevanta naturvetenskapliga begrepp och synsätt – begripliga och rimliga. Individernas svar på hur *de själva* tänker om frågor som rör kosmologiområdet i studien av Lightman & Miller (se ovan) kan då tolkas som att de har missuppfattat *naturvetenskapens* modeller. Detta eftersom de avger svar som inte överensstämmer med dessa.

Som vi tidigare sett har detta traditionella synsätt på vad det innebär att lära naturvetenskap problematiserats. Man menar att det är fullt möjligt för en elev att förstå utan att ta till sig (Cobern, 1996). En anledning till att eleven inte tar till sig synsättet kan vara att hon eller han inte delar den naturvetenskapliga kulturens grundantaganden om vad som kännetecknar världen. ”Cross-cultural learning” (Aikenhead, 1996; Cobern & Aikenhead, 1998) ger som vi tidigare sett eleven möjlighet att förstå naturvetenskapliga resonemang, modeller och utgångspunkter utan att göra dessa till sina egna sätt att se på världen.

Utifrån en sådan utgångspunkt menar jag att det blir märkligt att ställa en fråga till en elev om hur denna ser på/tänker om något fenomen och sedan utifrån svaret dra slutsatser om huruvida eleven har kunskap om naturvetenskapens sätt att resonera. En del elever kodar antagligen av situationen och tror att det är natur-

vetenskapens syn som forskaren är ute efter. Men formuleringar som att *"jag vill veta hur Du tänker om detta – det är inget prov"* kan ju naturligtvis leda eleven att tro att vi faktiskt vill veta hur de själva ser på fenomenet och inte vad de vet om naturvetenskapens sätt att resonera om det. Detta är ju bra om vi vill veta i vilken mån eleven själv har tagit till sig och använder det naturvetenskapliga synsättet, men det säger inte något om huruvida eleven *har kunskap om och förstår* naturvetenskapens sätt att se på världen.

Om man ersätter det traditionella grundantagandet om vad lärande innebär med ett nytt grundantagande i linje med det ovan beskrivna, menar jag att detta bör få konsekvenser för hur man tolkar resultatet av studier som t.ex. den ovan beskrivna kosmologiförståelsestudien (Lightman & Miller, 1989). Om lärande fortfarande innebär att eleverna utvecklar kunskap om naturvetenskapliga synsätt, men inte nödvändigtvis innebär att eleven gör dessa synsätt till sina egna, så måste detta få konsekvensen att vi, när vi frågar elever, måste skilja på detta. Vi måste bestämma oss för om det vi vill veta är elevens eget sätt att se på fenomenet ifråga, eller om vi istället vill veta vilken kunskap de har om naturvetenskapens syn på det aktuella fenomenet. Detta behöver, utifrån det ovan diskuterade alternativa grundantagandet om vad lärande i naturvetenskap innebär, inte nödvändigtvis leda till samma svar från eleven. Det blir då inte rimligt att först ställa en fråga till individer om *"hur de tänker om..."* och sedan ur deras svar dra slutsatser om deras förståelse av naturvetenskapens sätt att se på saken (se t.ex. kosmologistudien ovan).

Jag har (artikel A, B) visat att det finns empiriskt stöd för att hävda att det kan göra skillnad om man frågar om elevens eget synsätt eller om naturvetenskapens synsätt. Vissa av eleverna gav vad gäller vissa frågor olika svar när de ställdes inför skriftliga frågor bestående av en del som handlade om fysikens syn på något och en del som handlar om elevens egen syn på samma sak (se också tabell 2 ovan). Exempelvis skulle Rogers beskrivning av den egna synen på universum, om den bedömdes i förhållande till en klassisk Big Bang-modell, anses vara ett *"misconception"*. Om vi däremot tittar på hans beskrivning av fysikens syn så ger han en beskrivning som i högre utsträckning överensstämmer med Big Bang-modellen. Detta visar att det för en del elever är relevant att göra skillnad på den kunskap de har om naturvetenskapens synsätt och det sätt som de själva väljer att beskriva samma sak på. Liknande resultat finns rapporterade från evolutionsområdet där Dagher & BauJaude (1997) har visat att en elev inte nödvändigtvis för egen del tar till sig ett naturvetenskapligt synsätt även om hon eller han har förstått det. Samma sak har visats på relativitetsområdet av Brewer & Chinn (1991). Resultaten från min studie, samt de ovan refererade, visar att det för en del elever är relevant att göra skillnad på den kunskap de har om naturvetenskapens synsätt och det sätt som de själva väljer

att beskriva samma sak på. Utifrån detta resultat blir den typ av slutsats som ovan exemplifierats med kosmologistudien av Lightman & Miller (1989) orimlig. Ska man dra slutsatser om *"a substantial misunderstanding of contemporary cosmology"* (sid 128) så måste man ha frågat om naturvetenskapens syn och inte efter hur människor själva tänker, vilket var fallet i den ovan citerade studien av Lightman & Miller.

Många studier har gjorts där människor uppmanats beskriva hur de tänker om, eller ser på, olika fenomen. Jag har här hävdats att de slutsatser och konsekvenser man drar av dessa studier beror på hur man ser på vad lärande innebär. Är "att lära naturvetenskap" att ta till sig naturvetenskapens synsätt så blir slutsatsen t.ex. i kosmologistudien av Lightman & Miller (1989) rimlig. Det blir utifrån ett sådant grundantaganden om vad lärande är möjligt att, utifrån en fråga om hur människor själva tänker, dra slutsatser om huruvida de har förstått naturvetenskapens synsätt. Utifrån det här perspektivet blir det inte någon skillnad mellan en individs kunskap om naturvetenskapens synsätt och individens eget synsätt. De empiriska studier som här har redovisats, tillsammans med ett teoretiskt resonemang, ifrågasätter dock ett sådant synsätt. Det finns elever som gör skillnad på om man frågar om deras eget synsätt eller om naturvetenskapens synsätt. Vad dessa elever hade gett för svar om vi inte gjort denna skillnad kan vi inte veta.

Huruvida den ovan beskrivna problematiken är någonting som gäller alla områden eller bara några få är idag inte känt. Cobern (1991) talar om olika typer av "misconceptions". Verkliga "misconceptions" är t.ex. sådana som beror på att eleven missförstått undervisningen, men inte skulle ha några problem att förstå och ta till sig naturvetenskapens synsätt om hon eller han får en bättre förklaring. Andra gånger rör det sig inte om "misconceptions" i verklig mening utan om alternativa synsätt grundade i elevens grundantaganden om vad som kännetecknar världen. Vosniadou (1994) menar att det är relativt enkelt för elever att revidera sina synsätt vad gäller specifika teorier, medan det kan vara mycket svårt om det som hon/han förväntas lära går emot individens grundantaganden. Hur vanligt den senare typen av "misconceptions" är skiljer sig säkert mellan olika ämnesområden – för vissa kanske det är vanligt, för andra ovanligt. Det område som jag valt att studera – kosmologi – är ett existentiellt laddat område. Det samma gäller evolutionsområdet och relativitetsområdet, där man också visat att kunskap om naturvetenskapens synsätt inte nödvändigtvis innebär att eleven tar till sig synsättet som sitt eget. Vad som gäller för andra områden menar jag är svårt att sja om. Områden som för en naturvetare, eller lärare i naturvetenskapliga ämnen, kan tyckas vara oproblematiskt kanske inte alltid är det. Hur vanligt det är att eleverna kommer att avge olika svar om man frågar om natur-

vetenskapens syn och den egna synen inom olika områden blir en empirisk fråga som bara kan avgöras genom framtida studier.

Tills man vet mer om detta vill jag hävda att man, oavsett om man i en studie är ute efter elevernas egna synsätt eller deras kunskap om naturvetenskapens synsätt, måste berätta vad man är ute efter för eleverna. Skiljer man inte på naturvetenskapens synsätt och elevens eget synsätt så kan man riskera att hamna i en situation där en del elever tror att det är naturvetenskapens synsätt som efterfrågas, medan andra elever beskriver sin egen syn. Vilket som för en enskild individ är fallet blir omöjligt för oss som forskare att avgöra. Om vi är intresserade av elevernas egna synsätt bör vi därför fråga om detta och göra tydligt för eleverna att det är deras egen syn vi är ute efter. Men om vi i själva verket är ute efter elevers kunskap om naturvetenskapen synsätt så måste vi fråga explicit om detta. Det är naturligtvis fullt möjligt att de tillfrågade individerna i t.ex. Lightman & Miller (1989) har stora brister vad gäller detta. Men om det verkligen är så kan vi inte veta om vi inte frågar!

9.4. GRUNDANTAGANDEN OM VÄRLDEN SOM EN DEL AV NATURVETENSKAPENS NATUR

Det finns bland eleverna utbredda föreställningar om att scientistiska synsätt (Poole, 1998) hör ihop med fysiken (artikel B, artikel C, artikel D). Exempel på synsätt som vi har sett förknippas med fysiken av många elever är att *det måste finnas bevis/förklaring för att man ska tro på något, att allting har en naturvetenskaplig/naturlig förklaring, att de fysikaliska lagarna kan inte brytas, att en gud inte existerar samt ontologisk reduktionism*¹⁵. Olika sådana synsätt hör för eleverna ihop och används för att motivera varandra (artikel B). T.ex. blir det synsätt som man förknippar med fysiken angående huruvida allting kommer att få en naturvetenskaplig förklaring ett argument för det synsätt man förknippar med fysiken angående huruvida mirakel är möjliga, eller huruvida man kan kombinera en naturvetenskaplig syn på universum med en religiös övertygelse (artikel B).

Studien bidrar med detta resultat till svar på Sæthers (2003) fråga (se kap. 3) om hur relationen mellan den världsbild som kommuniceras i undervisningen och religiösa frågor faktiskt uppfattas av eleverna. Den visar också att eleverna inte i särskilt hög utsträckning är medvetna om att naturvetenskapen kan förekomma tillsammans med olika typer av världsbilder och stöder därmed Proper et al.

¹⁵ Ontologisk reduktionism “claims that the atom-and-molecule story is the only valid description – or at any rate the best description – of any phenomenon under question” (Poole 1985, s. 255).

(1988) i deras påstående att den naturvetenskapliga undervisningen oftast kännetecknas av att den presenterar få världsbilder och gör det implicit. Detta är också i linje med den forskning som hävdar att det förekommer olika typer av implicita budskap i den naturvetenskapliga undervisningen (Kilbourn, 1980; Roberts, 1998; Östman, 1998)

Grundantaganden om världen som ligger till grund för (och som inte ligger till grund för) naturvetenskapen bör behandlas i undervisningen som en del av naturvetenskapens natur (NOS), på samma sätt som andra aspekter som vanligtvis nämns i samband med detta, t.ex. experimentets roll och relationen mellan modell och verklighet. Om denna aspekt behandlas skulle det också ge möjlighet att diskutera naturvetenskapens gränser och dess relation till t.ex. religion. Att behandla grundantaganden som en del av NOS, adderar en aspekt till de sju aspekter av NOS som tas upp av Liu & Lederman (2007). Dessa innefattar att naturvetenskaplig kunskap är *"tentative"*, *"empirically based"*, *"subjective (theory-laden)"*, *"partly based on human inference, imagination, and creativity"*, samt *"socially and culturally embedded"*. Ytterligare två aspekter av NOS som tas upp är *"the distinction between observation and inference"* och *"the function of and relationship between scientific theories and laws"*. Till detta menar jag bör adderas att naturvetenskaplig kunskap är grundad på antaganden. Att grundantaganden om världen bör ses som en del av "naturvetenskapens natur" är det andra skälet som jag lyft fram (artikel B och D) för att grundantaganden ska behandlas i den naturvetenskapliga undervisningen.

9.5. "JAG ÄR NATURVETARE – JAG ÄR INTE SÅ RELIGIÖS". BILDEN AV FYSIKEN I RELATION TILL ELEVENS IDENTITET

Resultaten visar att en del elever inte bara relaterar till naturvetenskapen utan också till religion när de beskriver sin syn på universum (artikel A). Detta visar att också religiösa synsätt kan vara relevanta för en del elever när kosmologiområdet undervisas.

För eleverna kan de synsätt som de förknippar med fysiken bli en ram som de måste förhålla sig till och i alla fall i någon mån kan känna sig bundna till som naturvetarelever (artikel C). Vi har sett exempel på att de synsätt som eleverna förknippar med fysiken kommer att ifrågasätta religiösa synsätt, medan ateistiska synsätt kommer att stödjas (artikel C). Detta är antagligen en anledning till att det för vissa elever, som relaterar till religiösa synsätt när de beskriver sin syn på universum, verkar vara viktigt att betona att de också tror på fysiken (artikel A).

Att många elever uppfattar ett stöd från fysiken för ateistiska världsbilder, medan religiösa världsbilder i stället kommer att ifrågasättas, hör samman med att det bland eleverna finns utbredda föreställningar om att scientistiska synsätt hör ihop med fysiken (artikel B, artikel C, artikel D). Studien visar att många elever förknippar scientistiska synsätt med fysiken, även om de själva inte delar dessa synsätt (artikel B, artikel D). T.ex. kan en elev själv tro att mirakel är möjliga, men förknippa ett synsätt med fysiken där detta inte är möjligt. En elev kan också förknippa fysiken med synsätt som att allting har eller kommer att få en naturvetenskaplig förklaring, men själv inte dela ett sådant synsätt. På samma sätt är det vanligare att eleverna själva menar att man kan kombinera en naturvetenskaplig syn på universum med en religiös övertygelse än att de förknippar ett sådant synsätt med fysiken (artikel B, C).

Om vi kopplar tillbaka till resonemangen hos Lemke (2001) och Brickhouse (2001) om att lära naturvetenskap är en identitetsfråga och inte bara handlar om att förstå, kan man förvänta sig att en del elever väljer att inte studera fysik på grund av att de inte kan identifiera sig själva med den här typen av scientistiska synsätt. Det finns därför en risk att den utbredda företeelsen att elever förknippar fysiken med scientistiska och ateistiska synsätt gör att vi får en exkludering av individer såväl som av världsbilder på olika nivåer i utbildningssystemet. Vi har (Hansson & Lindahl, manuskript) sett exempel på en sådan exkludering av världsbilder i valet till gymnasiet. Studie visar att elever som inte studerar på naturvetenskapsprogrammet eller teknikprogrammet i högre utsträckning än de som studerar på dessa program har en världsbild som står i konflikt med den de förknippar med naturvetenskapen. Det som studien visar tenderar att bli exkluderat är olika slags religiösa världsbilder, medan naturalistiska världsbilder och scientism inkluderas. Detta stödjer resultaten från artikel B, C och D. På liknande sätt finner dock Krogh & Thomsen (2005) att antalet "bordercrossings", och speciellt värdebaserade sådana, influerar elevers val och Worthley (1992) visar på ett samband mellan elevers värderingar, hur de uppfattar naturvetenskapen och deras val av studieinriktning. Även Schreiner (2006) menar att elevers val också är ett val av identitet och menar att man i den naturvetenskapliga undervisningen bör visa på hur naturvetare på olika sätt, utifrån sina värderingar, kan använda sina kunskaper:

"The students can be reminded that in addition to developing even broader bridges, faster airplanes, newer techniques for pumping up fossil oil, tinier mobile phones, and faster computers with larger storing capacities, the physicist and the engineer develop methods for utilising alternative energy sources, technologies for eliminating landmines, methods for more animal-friendly food production,

solutions for protection against weapons, new instruments for treating diseases, etc" (s. 268).

Ofta associeras naturvetenskapen med teknologisk utveckling, men teknologisk utveckling är inte något som är prioriterat av ungdomar i utvecklade länder idag (Schreiner, 2006, s. 266). Detta resonemang är i linje med att Uddenberg, Bråkenhielm & Westerlund (2000) i en studie visar att många (63%) unga (18-29 år) håller med om påståendet *"Den tekniska utvecklingen kommer i det långa loppet att skada mänskligheten"*. Exempel på elever som resonerar i linje med detta visas också av Hansson & Lindahl (2007).

För att undvika världsbilds/ideologi-exkludering och öka möjligheterna för elever med olika världsbilder och ideologier att identifiera sig med fysiken och finna sådana studier meningsfulla, krävs antagligen att man i undervisningen visar och diskuterar hur fysik/naturvetenskap kan tolkas och förstås utifrån olika världsbilder och ideologiska utgångspunkter. Detta skulle göra det möjligt för eleverna att få en mer nyanserad bild av hur naturvetenskapen kan förstås utifrån och förekomma tillsammans med många olika typer av världsbilder (Cobern, 1991). T.ex. är scientism inte den enda världsbild som naturvetenskapen är kompatibel med. Detta poängterar det väsentliga i att i skolan sträva efter en explicit diskussion som visar på ett brett spann av världsbilder (Proper et al. 1988). Stenmark (2004) menar att eftersom förekomsten av naturvetare med olika världsbilder är central krävs en förändring av den naturvetenskapliga undervisningen:

"We need a scientific education which contains a study of examples of worldview influences on past and present scientific research, so that scientists can develop a better and less naïve understanding of how their own and other people's ideological or religious commitments interact with scientific practice at different levels" (s. 249)

En sådan undervisning skulle antagligen också resultera i att fler elever skulle känna sig bekväma i – och kunna identifiera sig med – den naturvetenskapliga undervisningen. De skulle därför kanske i högre utsträckning välja sådana studieinriktningar och problemet med världsbildsexkludering när elever passerar igenom utbildningssystemet skulle därmed kunna minska. Elevernas identitet i relation till naturvetenskap är det tredje argumentet jag lyft fram (artikel B, D) för att man i undervisningen bör diskutera vilka grundantaganden som är nödvändiga respektive icke-nödvändiga för naturvetenskapen.

9.6. GRUNDANTAGANDEN OM VÄRLDEN I UNDERVISNINGEN

”Cross-cultural learning” är användbart i de fall elevens grundantaganden om världen skiljer sig från de som naturvetenskapen bygger på. Däremot hade eleverna inte behövt använda sådana strategier i de fall som de förknippar för naturvetenskapen icke-nödvändiga grundantaganden med fysiken (se artikel B, C). I dessa fall hade inte ”cross-cultural learning” varit nödvändigt om man i undervisningen hade gett eleverna möjlighet att utveckla en mer nyanserad bild av hur naturvetenskapen kan förstås utifrån och förekomma tillsammans med många olika typer av världsbilder (Cobern, 1991).

Diskuterar man inte detta explicit i undervisningen så kommer det leda till att eleverna ändå skapar sig en bild av t.ex. hur fysiken ser på gud, mirakel, huruvida allting har en vetenskaplig förklaring o.s.v., men då utifrån de följemeningar som kommuniceras i klassrummet (Roberts, 1998; Östman, 1998). För att undvika scientistiska följemeningar i undervisningen är det viktigt att läraren är medveten om problematiken och aktivt arbetar med att motverka denna typ av följemeningar genom explicita diskussioner när det är relevant. Cobern (2000a) skriver:

”the teacher who takes the outer layer of presuppositions for a granted part of science actually distorts science for the students” (Cobern, 2000a, s. 238)

Det är inte möjligt eller önskvärt att presentera naturvetenskapen utan världsbild, men däremot möjligt och önskvärt att föra en öppen diskussion och visa på olika möjliga världsbilder (Fourez, 1988; Kilbourn, 1980). Att inte göra detta reducerar elevers möjligheter till tolkningar (Proper et al., 1988; Kilbourn, 1980) och riskerar dessutom att stöta bort elevgrupper som inte delar den världsbild som utgör tolkningsram i klassrummet (se ovan). Att det är viktigt med en explicit diskussion är också i linje med forskning kring andra delar av elevers förståelse av ”naturvetenskapens natur” (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998).

Som ett stöd för sådana diskussioner kan man också använda sig av ett undervisningsinslag som explicit tar upp den här frågan. Reiss (1992) diskuterar hur naturvetenskap och religion kan tas upp i undervisningen och deras slutsatser kan appliceras också på frågan om grundantaganden om världen. De menar att det finns olika utgångspunkter, men att ”Procedural neutrality” är att föredra. Med ett sådant approach tillhandahåller läraren material och synsätt ska sedan lyftas av eleverna själva. Författaren poängterar att för lite material har konsekvensen att man inte får en tillräcklig bredd i de synsätt som eleverna lyfter

fram, vilket tvingar läraren att gå in och addera synsätt till diskussionen, för att inte undervisningen ska bli obalanserad.

Ett exempel på ett undervisningsinslag har prövats inom ramen för detta projekt (artikel D). Där deltog eleverna i diskussioner om fysiken och grundantaganden om världen. Diskussionerna genomfördes i mindre grupper och var strukturerade kring en uppsättning kort med påståenden som skulle sorteras under olika rubriker beroende på fysikens relation till dem. Resultatet från studien visar att sådana diskussioner kan fungera i viss utsträckning, men att det är viktigt att eleverna inte lämnas ensamma i sina resonemang och slutsatser. Det krävs en aktiv lärare som kan problematisera de föreställningar om fysiken som eleverna inte själva problematiserar. Om eleverna skulle klara sig utan detta skulle någon typ av material som stödde icke-scientistiska och icke-ateistiska synsätt vara nödvändigt (se diskussionen ovan utifrån Reiss, 1992). Att utforma och pröva sådana material är angeläget och kan också fungera som ett stöd för läraren. I undervisningsinslaget som testades inom ramen för det här projektet avslutades lektionen med en gemensam diskussion, där vi bidrog med synsätt som inte lyftes upp av eleverna. Detta kan liknas vid "affirmative neutrality" (Reiss, 1992), ett undervisningsapproach som man lätt hamnar i om lektionen riskerar bli obalanserad genom de synsätt som eleverna lyfter upp. Ett annat sätt att diskutera betydelsen av grundantaganden kan vara att utgå från historiska exempel. Ett lämpligt sådant exempel kan vara kosmologiområdet. Resultaten visar dessutom på paralleller mellan de synsätt om universums uppkomst som förekommer bland eleverna idag och historiska synsätt (Hansson, 2003).

Den här typen av undervisningsinslag kan vara ett bra sätt att lyfta upp grundantaganden till ytan. De kan fungera som en gemensam erfarenhet som man senare i undervisningen kan referera till när det känns relevant. Även om den här typen av undervisningsinslag kan vara nyttiga kan man inte förvänta sig att de i sig själva är tillräckliga. Som lärare behöver man också vara medveten om hur vanligt det är att elever förknippar naturvetenskapen med scientistiska synsätt och vara uppmärksam på vilka budskap man implicit (och explicit) för fram i klassrummet – inte minst genom det man inte säger, men kunde ha sagt (Östman, 1998). I detta kan undervisningsinslag som det som beskrivs i artikel D vara en hjälp för både lärare och elever att se de budskap som finns i klassrummet, ta upp dem till diskussion och problematisera dem.

Vi genomförde, i samråd med den ordinarie läraren, undervisningssekvensen som en del av fysikundervisningen under kursen Fysik B. En del lärare menar dock att de inte har tid att ta upp den här typen av frågor inom ramen för den ordinarie undervisningen (Roth & Alexander, 1997, s. 143). Ett sätt att hantera detta på som lyfts fram av författarna, som också hänvisar till Maxwell (1992),

är att erbjuda en speciell kurs. En speciell kurs kan också vara ett alternativ om någon lärare på skolan känner sig tryggare än andra i att leda diskussioner kring de här frågorna. Dagher & BouJaude (1997) är dock skeptiska till att lämna dessa frågor utanför den naturvetenskapliga undervisningen, där problemen uppstått, för att istället behandla dem på icke-naturvetenskapliga lektioner (s. 439). Speciella valbara kurser för särskilt intresserade elever är naturligtvis positivt, men om frågorna lämnas helt utanför ordinarie kurser hamnar vi i problemen med implicita budskap genom vilka ofta en ensidig bild av naturvetenskap och världsbild kommuniceras (se ovan).

För många lärare är diskussioner kring naturvetenskapen och grundantaganden antagligen inget som är enkelt att genomföra. Jag hoppas att resultaten från studier som denna kan nå ut till lärare och genom ökad medvetenhet om frågorna påverka de budskap som förekommer i klassrummen. De flesta lärare har under sina utbildningar knappast mött den här typen av frågor och ett viktigt steg är därför att området adresseras i lärarutbildning och i fortbildningskurser för lärare. Även vad gäller detta krävs dock mer forskning, framför allt på grund av att det, som Lederman (2007) påpekar, är skillnad mellan att undervisa lärare om naturvetenskapens natur och att undervisa dem om hur de själva ska undervisa om detta i sina klassrum.

"Enligt fysiken eller enligt mig själv?"
Lena Hansson

10. ENGLISH SUMMARY: "According to physics or according to myself?" – Upper secondary students, physics, and presuppositions about the world

In this chapter I will in give a short summary in English of the different chapters in the thesis. Four articles (see appendix) are part of the thesis. These articles are listed in chapter 1. Three of the articles are in English. The fourth is in Swedish, but has an abstract in English.

10.1. CHAPTER 1: THE ARTICLES LISTED

Artikel A*: Hansson, L. & Redfors, A. (2006a). Swedish Upper Secondary Students' Views of the Origin and Development of the Universe. *Research in Science Education*, 36, 355-379.

Artikel B*: Hansson, L. & Redfors, A. (2007a). Physics and the Possibility of a Religious View of the Universe: Swedish Upper Secondary Students' Views. *Science & Education*, 16(3-5), 461-478. Published Online First 2006.

Artikel C*: Hansson, L. & Redfors, A. (2006b). Tre elever berättar om universum, gud och fysiken. [Three students' stories about the universe, god and physics.] *Nordina*, 1/06, 31-43.

Artikel D*: Hansson, L. & Redfors, A. (2007b). Upper secondary students in group discussions about physics and our presuppositions of the world. *Science & Education*, 16(9-10), 1007-1025. Published Online First 2006.

*According to agreement within the LISMA group and FontD the supervisor is regularly a co-author on the articles.

In the rest of the thesis these articles will be referred to as Article A–D.

10.2. CHAPTER 2: DESCRIPTION OF RESEARCH INTEREST

Physics has shown that there is no god, isn't it so? The question came from a student on his way into the physics classroom. A couple of students were discussing the possible existence of a god, and when he saw me – his physics teacher – he wanted support from physics for his view that a god does not exist. This event made me think about what kind of views concerning these things that

the students associate with physics/science. This question from a student could therefore work as an illustrative example of the research interest that lie behind this thesis.

More specifically I am interested in how upper secondary students handle different kinds of possible contributions to their worldviews, and how they view the relationship between them. I have chosen to study this within the context of questions related to the universe, especially the origin and development of the universe. This area is related to existential questions for many people. I'm however not only interested in students own worldviews, but also in the kinds of worldviews they associate with physics. These views that the students associate with physics are important because it is those views that the students can relate to and feel that they can or cannot identify themselves with.

10.3. CHAPTER 3: OVERALL FRAME OF UNDERSTANDING

Today there is a worry in the society for the lack of interest in science and the tendency that youths choose not to study science (e.g. EU, 2004; Jacobs & Simpkins, 2005; Sjøberg & Schreiner, 2005). Most often the worry is about the number of youths studying science, but Stenmark (2004) addresses another issue. He states that because scientific research is not worldview- or ideology-neutral it is important to bring to light which kinds of worldviews that are present in different phases of research (Stenmark, 2004). To make it possible for students with different worldviews to identify themselves with science, it is important for them to see examples of how science could be understood through different kinds of worldviews.

Even if the teacher does not talk about worldview explicitly, there are always implicit worldview messages communicated in the science classroom (Fourez, 1988; Kilbourn, 1980; Östman & Roberts, 1994). Because of that it is important to become aware of what kinds of worldviews that are present, and which that are absent, in the teaching of science. This could be studied through analysis of curricula, teaching material, or science lessons, but it is also important to focus on how students understand these messages (Säther, 2003).

The aim of this thesis is to address what kinds of worldviews the students associate with physics, and how those are related to students' own ways to view and understand the world. Here the thesis takes a starting point in that it is the students' view of the physics' view that is important for whether she/he feels that science is something for her/him, not the teachers or the researchers view about the same thing.

The thesis focuses on students' worldviews, or more specifically their presuppositions about the world. Both students' and teachers' worldviews have been studied before (Cobern, 1993; Cobern, 2000b; Cobern & Loving, 2000b; Helve, 1991; Lawrenz & Gray, 1995; Liu & Lederman, 2007; Ogunniyi et al., 1995; Proper et al., 1988). I am however not only interested in students' own worldviews, but also in the kinds of worldviews they associate with physics. I have chosen to study this through a specific content area, the origin and development of the universe and existential questions related to this. The focus of the empirical studies have been on presuppositions that are taken for granted in science, and presuppositions that are important for the relationship between science and religion. How students/teachers view the relationship between science and religion have been studied earlier in relation to science in general (Esbenshade, 1993; Fysh & Lucas, 1998; Keranto, 2001; Koul, 2003; Loving & Foster, 2000; Roth & Alexander, 1997), or in relation to a specific content area like the theory of evolution (Dagher & BouJaude, 1997; Jackson, Doster, Meadows & Wood, 1995; Martin-Hansen, 2006), or cosmology (Shipman et al., 2002).

In the thesis I make a difference between students' own views and the views they associate with physics, and my interest is on how presuppositions about what the world is like are related to this. The title of the thesis aims at this difference between students' own views and the views they associate with physics. The question was put forward by a student during an interview where both things were discussed.

10.4. CHAPTER 4: THEORETICAL FRAMEWORK

Learning science is an identity issue for students (Brickhouse, 2001). Whether a student feels that science is something for her/him depends partly on how she/he understands science in relation to who she/he is and wants to be. In a similar way Schreiner (2006) states that choice of education is also a choice of identity for youths today.

From a cultural perspective one can view the traditional aim of science education – that is that students should take the views of the science culture to be their own – as a transmission of the scientific culture to the individual. This could be “supportive or disruptive” (Cobern & Aikenhead, 1998) depending on the students' own culture. If the science culture is in harmony with the students own culture science becomes a support and the result is “enculturation” (Aikenhead, 1996). Otherwise the student is expected to leave her/his own culture behind, and adopt a new way of thinking – “assimilation” (Aikenhead, 1996). With a starting point in this aim – enculturation or assimilation – science teaching has

not been very successful, since large groups of students also after science instruction have kept their old, non-scientific, views.

In the literature the question has been raised whether one should teach for belief or "only" for understanding (Cobern, 1994; 1996; 2004; Smith & Siegel, 2004; Posner et al. 1982). In line with this, alternatives to the traditional aims of science teaching (described above) have been put forward – "cross-cultural learning" (Aikenhead, 1996; Cobern & Aikenhead, 1998). Cross-cultural learning gives the student a possibility to understand and learn science without taking it to be their own view of the world (see also Baker & Taylor (1995) for a similar view). The reasons for a cross-cultural approach to science teaching are both ethical and empirical (Aikenhead, 1996). The empirical reason means that the traditional aim of science education (see above) has not been very successful – but has instead failed with large groups of students.

There are many aspects of culture and the one I have chosen to study is the presuppositions of what the world is like (Cobern, 1991; 1996). Different individuals have different presuppositions through which they understand the world. Examples of such presuppositions are that a material world exists, that nothing but the material world exists, that everything that exists has a meaning, and that a god exists. Such presuppositions are the basis for how we think about and understand specific phenomena that we meet, for example in science class. All knowledge systems are built upon presuppositions that cannot be proven within the system itself. This means that also science is based on presuppositions.

Cobern (1991; 1996) argues that for the teaching of science to be successful, one cannot work only with students' views of specific phenomena and concepts and relate those to the views of science. One also has to discuss students' presuppositions about what the world is like and relate those to the presuppositions underpinning science. I however argue that such discussions should not have the aim of convincing students about the presuppositions of science, but instead have a cross-cultural approach (Aikenhead, 1996). This means that the students could very well learn about the presuppositions of science without taking them to be their own.

There are different views concerning what presuppositions that underpin science (see article D). For example some people state that scientific views (Poole, 1998) are necessary for science. However others disagree with that, and there are people who understand science from different kinds of religious world-views. The relevant question for science education is not which one of these that are the "correct" view. There is more than one worldview that is compatible with science (Cobern, 1991). Instead, I believe, that the question to be asked is

what kinds of views that are necessary for science (Cobern, 2000a), and therefore should be associated with science by students. The starting point of this thesis is that neither scientific views, nor religious views are necessary for science (Cobern, 2000a; Poole, 1998).

10.5. CHAPTER 5: COSMOLOGY AS CONTEXT FOR THE PROJECT

The choice of cosmology as the context for the students reasoning is based on this being an area that for many people is related to existential questions. This was also one of the areas, together with evolution, that were mentioned by the students in a study by Fysh & Lucas (1998), as leading to conflicts between science and religion in the science classroom.

In this chapter I also describe, in a historical perspective, how humans' views about the universe has been influenced by scientific views, but also to a great extent by philosophical and theological views. There have been examples of views where the universe has always existed, but also views where the universe is supposed to have had some kind of beginning – from nothing or from something already existing (see Kragh (2007) for examples). These different views have shifted throughout the history, and have sometimes met and resulted in confrontations between different kinds of views. This was the case for example with the "Big Bang" and the "Steady State" models. Also today different cosmological models are discussed, also within the scientific community. Even though this is the case the standard Big Bang model is the dominating model, and the model communicated to students in the teaching of science.

Most studies of students views in the area of cosmology is concerned with our own solar system, for example what the Earth looks like, it's place in the solar system, the seasons, and the day-night cycle. There are much fewer studies concerned with students' views of the universe outside our solar system – for example stars, and comets (Trumper, 2000; Skamp, 1994). Also concerning the structure of the universe there are only a few studies (Lemmer et al., 2003; Spiliotopoulou & Ioannidis, 1996; Spiliotopoulou-Parantoniou, 2007).

In Shipman et al. (2002) students in an astronomy course are studied, and their view of the Big Bang model is described to some extent. The focus of the study is on students' views of the relationship between science and religion, and their views concerning scientific proofs and theories. Lightman & Miller (1989) studies peoples understanding of modern cosmology, and state that there are major shortcomings. For example 25% state that the universe is expanding, while most people (59%) state that it stays the same. Most people base their answer on personal opinion rather than scientific models. This study is further dis-

cussed and problematised in chapter 9. All together there are very few studies on students' views concerning the origin and over all development of the universe.

10.6. CHAPTER 6: COSMOLOGY AND WORLDVIEW IN THE SCIENCE SYLLABUSES

In this chapter the extent to which cosmology and worldview is part of the science syllabuses in compulsory, and upper secondary school are discussed, and examples are shown. The syllabuses can be find translated into English on <http://www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=EN>.

10.7. CHAPTER 7: DESIGN OF THE PROJECT

10.7.1. Aims

- to study whether there are students that describe their own view and the physics' view in different ways
- to study what kinds of presuppositions about what the world is like that the students associate with physics
- discuss what importance presuppositions can have 1) for the students possibility to understand specific models in physics, and 2) for their interest in learning science/physics
- reach initial knowledge about how presuppositions can be handled in the teaching of physics

In the project a specific area has been chosen for the students' reasoning – the origin and development of the universe, and existential questions related to that. A special focus is on students' views of the relationship between science and religion.

10.7.2. Description of the project

The data that this thesis builds on comes from two different studies. In the first study students have answered written questions, and some of the students have been interviewed (see article A and B). In the second study I have designed and observed students' group discussions as part of a teaching sequence in an upper secondary physics class. Based on the first study three articles have been written (article A–C) . The second study has so far resulted in one article (article D).

The students in both studies are studying Physics B in ordinary Swedish upper secondary schools. In the first study the students are from five study groups at three different schools, in different towns. All together 88 students answered to the written questions, and 12 students were interviewed. The second study was

performed in yet another study group. In the studies the research ethical principles of the Swedish research council have been followed (Vetenskapsrådet, 2007).

For more information about the written questions and the interviews see article A and B. For more information about the design of the group discussions, see article D. Also information about the analysis is included in the articles.

10.7.2. Generalizability

Kvale (1997) talks about different kinds of generalizability. The studies that I have performed are not generalizable in a statistic sense (Kvale, 1997), but instead you can discuss the study concerning the possibility for “analytic generalizability”. Such kind of generalizability is based on an analysis of similarities and differences between the students in my studies and other students. The samples are not random, but there are – as far as I can see – no reason to believe that the students in my studies are in any way special or different from many other students at the same age, studying the same subjects. In addition to this the results from the two studies strengthen each other since the results from the written questions and the interviews are in line with the results from the group discussions. To gain similar results using different research methods strengthen the credibility (Cohen et al., 2000). This also makes the relevance clear of the views that students present in their written answers and in the interviews in respect of physics teaching.

10.8. CHAPTER 8: SUMMARY OF THE ARTICLES

This chapter consists of short summaries of the four articles. For summaries in English see the abstracts included in the articles.

10.9. CONCLUSIONS, DISCUSSIONS, AND IMPLICATIONS

The conclusions drawn from the studies are presented and discussed in this chapter. Six different themes are put forward in the discussions.

10.9.1. The importance of presuppositions for the understanding of scientific models

The results tell us that many students show deficiencies in their understanding of the physics’ models for the origin and development of the universe. There could be different reasons for this. Here I discuss the possibility that it depends partly upon the fact that students themselves do not necessarily share the presuppositions that are taken for granted in science. The presuppositions that science

builds upon are rarely discussed explicitly in the science classroom, which probably is the reason lying behind the results of the group discussion study – that is that students not necessarily associate physics with views that the knowledge system of physics builds upon (article D). When students do not know about the presuppositions that underpin science, they probably use their own presuppositions when trying to understand the models taught in science class. Students' own presuppositions are however not always the same as the ones taken for granted in science (unpublished data from study 2). The discussion takes its starting point in the works of Cobern (1991; 1996; 2000a) and Poole (1998). The implication for teaching put forward in this thesis is that the presuppositions of science should be dealt with explicitly in science class. I however agree with Aikenhead (1996) on a cross-cultural approach to science teaching, rather than that the teaching should aim at having the students change presuppositions. For this there are both ethical and practical reasons (Aikenhead, 1996), but the practical problems with aiming at changing the students' presuppositions are obvious when remembering that a change of presuppositions is not an easy thing (Cobern, 1991; Posner et al., 1982; Vosniadou, 1994).

10.9.2. Physics' view – the students' view

The results show that for some students it is a difference between describing their one view and the view of physics (article A, B, C). For example students can describe the origin and development of the universe in one way when asked to describe their own view and in another way when asked to describe their view of the physics' view (see examples given in article A). This is supported by Cobern (1996) who states that *"comprehension does not necessitate apprehension"* (Cobern, 1996, p. 592). This has also been exemplified in the areas of evolution (Dagher & BouJaude, 1997) and relativity (Brewer & Chinn, 1991). I have in my study discussed the differences between the students' descriptions of the view of physics, and the students' own views with the starting point in different types of "cross-cultural learning". There are examples both of "autonomous acculturation", and "anthropological learning". This adds to a traditional conceptual change model (Posner et al., 1982). In that model one does not discuss the possibility that students understands, and learn about the scientific view, without making it their own. It is possible, I have stated (Article A), that a student understands a specific scientific model, understands why this view from the physics point of view if both "plausible" and "fruitful" (Posner et al., 1982), even though her or his view of what is "plausible" and "fruitful" is another (see also article A).

10.9.3. To ask about what we want to know

In studies concerned with students' understanding of different phenomena many students give answers that, when evaluated against scientific models, are interpreted as students having lacking knowledge of the scientific view. Students do not describe the phenomena in a, from a science perspective, correct way. This is exemplified with a study by Lightman & Miller (1989). I argue that all research in science education is underpinned by some presupposition about what learning science mean. Most often this presupposition is that learning science means that the students understands the scientific view, and that she or he takes this view to be her/his own. In this perspective the conclusions described above make sense. If you however by learning science mean that the student understands the scientific view, but does not necessarily take the view to be her/his own – for example through learning cross-culturally such conclusions do not make sense any longer. Empirical data (Article A, B) show that students not necessarily answer in the same way when asked about their own view compared to when asked about the view of physics. This means that in the case of questionnaires and interviews one should take care to differentiate between the students' own view and the view of science, i.e. we as researchers in the future should ask about what we want to know.

10.9.4. Presuppositions about what the world is like as one part of "the nature of science"

It is frequent that the students associate scientific views (Poole, 1998) with physics (Article A, C & D). In this section I argue that what kinds of presuppositions that underpin science should be included in the teaching of science, and that it should be dealt with explicitly as one part of the nature of science.

10.9.5. "I'm a scientist – I'm not that religious" – The view of science in relation to students identities

The results show that there are students that not only relate to science, but also to religion when describing their view of the universe (article A). This shows that also religious views are relevant when cosmology is discussed in the science classroom.

For students the views that they associate with science can become a frame that one has to relate to and to some extent be attached to as science students (Article C). The results show that the views that the students associate with science question religious views, while atheistic views are supported. This has to do with students associating scientism with physics (article B, C, D). The studies show that many students associate scientism with physics, even though they

themselves do not share such views. Relating those results to Lemke (2001) and Brickhouse (2001), who both state that learning science is an identity issue, one could expect that there are students choosing not to study physics depending on that they are not able to identify themselves with scientific views. There is therefore a risk that some individuals, and worldviews, are excluded from science education. Hansson & Lindahl (manuscript) have shown an example of such a worldview exclusion in the choice or non-choice of science intense profiles in upper-secondary school. Results in line with this are also presented by Krogh (2005) and Worthley (1992). To avoid worldview exclusions, and to strengthen the possibility for students with different worldviews to identify themselves with science, there is a need for including discussions of how science could be understood from different kinds of worldviews – more than one worldview is compatible with science (Cobern, 2000a).

10.9.6. Presuppositions of what the world is like in the teaching of science

To avoid scientific companion meanings (Roberts, 1998; Östman, 1998) in the science classroom presuppositions must be dealt with explicitly in the teaching of science. It is not possible to present science without worldview, but through an open discussion in the science classroom the students could get knowledge about how science could be understood through different kinds of worldviews (Fourez, 1988; Kilbourn, 1980; Proper et al., 1988). That it is necessary with an explicit teaching of this is in line with research on students' understanding of other parts of "the nature of science" (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998). One way to start addressing these issues is through a separate teaching sequence. One example was designed and tested as part of this thesis (article D). In that study students took part in group discussions about physics and presuppositions of what the world is like.

TACK TILL...

Så här när jag sätter punkt för avhandlingsarbetet vill jag passa på att tacka dem som på olika sätt bidragit. Ett första självklart tack går till alla de elever som deltagit i studierna och som därmed gjort avhandlingen möjlig!

Sedan finns det många som på olika sätt bidragit till mitt intresse och utbildningsval, utan vilka jag antagligen inte skrivit detta arbete. De första jag tänker på är två av mina lärare på Spyken i Lund – Ingegärd Rösler Rosenberg och Barbro Grevholm. Ingegärd – du fick mig att tycka skrivande är roligt och bidrog också till mitt intresse för religionsvetenskap. Tack för en mycket inspirerande undervisning! Barbro – för dig utvecklade jag mitt intresse för matematik och fysik. Tack för att du uppmuntrade och stöttade mitt val att börja läsa matematik på universitetet! Mitt examensarbete inom lärarutbildningen var en viktig förutsättning för det forskningsintresse jag sökte till forskarskolan på. Tack Mats Areskoug för att du lät mig pröva mina tankar och idéer! Jag vill också tacka alla trevliga kollegor och elever på Furulundsskolan i Sölvesborg. Tillsammans med er fick jag pröva mina vingar som lärare och på allvar börja fundera över lärande och undervisning. Tack för den trevliga tiden!

Ett stort tack går också till Nationella forskarskolan i naturvetenskapernas och teknikens didaktik (FontD) som finansierat min forskarutbildning. Tack också för givande kurser i FontD:s regi som alla hjälpt mig en bit på vägen! Det viktigaste med FontD kanske ändå varit alla trevliga och intressanta diskussioner med doktorandkollegor – först under alla våra besök i Norrköping och sedan när vi mötts på andra orter. Ni har varit ett viktigt stöd och samtalen med er har varit en viktig inspirationskälla!

Miljön på hemmaplan är ju naturligtvis också betydelsefull. Tack till alla trevliga kollegor i Kristianstad som förgyllt vardagen. Ett speciellt tack till alla i LISMA-gruppen! På våra seminarier har jag fått presentera och pröva tankar i relation till forskningsprojektet och i relation till didaktisk forskning generellt. Tack för att ni stått ut med jobbiga frågor och kommentarer... Ett jättetack går också till Lena och Ola i LOL-gruppen. Ni har varit mina främsta kritiker och samtidigt ett stort stöd. Tack för alla våra konstruktiva diskussioner!

Sedan är det ju några som mer än de flesta andra får stå ut med besvärliga doktorander – handledarna! Andreas Redfors är den som varit med hela tiden. Tack Andreas för att du stått ut med mig alla de här åren! Stort tack för att du alltid tagit dig tid att diskutera med mig och för att du hela tiden har stöttat och visat

att du trott på min förmåga att genomföra projektet! Tack också till Gustav Helldén, Shirley Booth och Ingemar Holgersson som stöttat i olika faser av projektet.

Kommentarer och synpunkter från andra är viktiga under avhandlingsarbetet. Tack alla ni som läst och kommenterat vid seminarier, konferenser eller personliga möten. Speciellt vill jag tacka Ingrid Carlgren som var diskutant på mitt 60%-seminarium, Helge Strömdahl som var diskutant på mitt 90%-seminarium och Leif Östman som var läsare inför mitt 90%-seminarium. Ett tack vill jag också rikta till Glen Aikenhead för intressanta samtal och seminarier under hans besök i Kristianstad.

Slutligen vill jag också tacka familj och vänner! Ett speciellt tack vill jag rikta till mina föräldrar och syskon för olika typer av stöd, hjälp och diskussioner under min tid som doktorand och dessförinnan. Ett varmt tack också till Jesper – för att du uppmuntrade mig att söka till forskarutbildningen och för intressanta diskussioner om våra olika forskningsprojekt och om forskning i allmänhet. Slutligen ett stort tack till Albin! Du får din mamma att tänka på annat och påminner dagligen om att det finns viktigare saker i världen än avhandlingar!

REFERENSER

- AAAS (American Association for the Advancement of Science). (1993). *Benchmarks for Science Literacy. Project 2061*. Oxford University Press.
- Aikenhead, G. S. (1996). Science Education: Border Crossing into the Subculture of Science. *Studies in Science Education*, 27, 1-52.
- Aikenhead, G. S. (2001). Students' Ease in Crossing Cultural Borders into School Science. *Science Education*, 85, 180-188.
- Aikenhead, G. S. (2006). *Science Education for Everyday Life. Evidence-Based Practice*. Teachers College Press.
- Albanese, A., Danhoni Nevis, M. C. & Vicentini, M. (1997). Models in Science and in Education: A critical Review of Research on Students' Ideas About the Earth and its Place in the Universe. *Science & Education*, 6, 573-590.
- Alters, B. J. (1997). Whose Nature of Science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.
- Baker, D. & Taylor, P. C. S. (1995). The effect of culture on the learning of science in non-western countries: the results of an integrated research review. *International Journal of Science Education*, 17(6), 695-704.
- Barbour, I. G. (2000). *When Science meets religion*. HarperCollins.
- Bergström, L., Johansson, E., Nilsson, R. Alphonse, R. & Gunnvald, P. (2005). *HEUREKA! Fysik för gymnasieskolan kurs B*. Natur & Kultur.
- Brewer, W. F. & Chinn, C. A. (1991). Entrenched beliefs, inconsistent information, and knowledge change. I L. Birnbaum (red.), *The international conference of the learning sciences: Proceedings of the 1991 Conference*, 67-73. Association for the Advancement of Computing in Education.
- Brickhouse, N. W. (2001). Embodying Science: A Feminist Perspective on Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 282-295

- Brickhouse, N. W., Dagher, Z. R., Letts IV, W. J. & Shipman, H. L. (2000). Diversity of Students' Views about Evidence, Theory, and the Interface between Science and Religion in an Astronomy Course. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(4), 340-362.
- Brickhouse, N. W., Lowery, P. & Schultz, K. (2000). What kind of a girl does science? The construction of school science identities. *Journal for Research in Science Teaching*, 37(5), 421-458.
- Brush, S. G. (1992). How Cosmology Became a Science. The discovery of the cosmic microwave background in the 1960s established the big bang theory and made cosmology into an empirical science. *Scientific American*. August, 1992, 34-40.
- Bråkenhielm (2001). Livsåskådningsforskning – vad är det? I Bråkenhielm (2001) (red.) *Världsbild och mening. En empirisk studie av livsåskådningar i dagens Sverige*, 7-32, Nya Doxa.
- Cartwright, J. (2007). "Cosmic forgetfulness" shrouds time before the Big Bang. *Physics World*, 1 juli 2007. Hämtad 2007-08-15 från <http://physicsworld.com/cws/article/news/30416>.
- Coburn, W. W. (1991). *World view theory and science education research*. NARST Monograph No. 3. National Association for Research in Science Teaching.
- Coburn, W. W. (1993). College Students' Conceptualizations of Nature: An Interpretive World View Analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 935-951.
- Coburn, W. W. (1994). Point: Belief, Understanding, and the Teaching of Evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 583-590.
- Coburn, W. W. (1996). Worldview Theory and Conceptual Change in Science Education. *Science Education*, 80(5), 579-610.
- Coburn, W. W. (2000a). The Nature of Science and the Role of Knowledge and Belief. *Science and Education*, 9, 219-246.
- Coburn, W. W. (2000b). *Everyday Thoughts about Nature*. Kluwer Academic Publishers.

- Cobern, W. W. (2004). Apples and Oranges: A Rejoinder to Smith and Siegel. *Science & Education*, 13, 583-589.
- Cobern, W. W. & Aikenhead, G. S. (1998). Cultural Aspects of Learning Science. I H. J. Fraser och K.G. Tobin (red.), 39-52. *The International Handbook of Science Education*, 1998. Kluwer Academic Publishers.
- Cobern, W. W. & Loving, C. C. (2000a). The Card Exchange: Introducing the Philosophy of Science. In W. F. McComas (red.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*, 2000, 73-82. Kluwer Academic Publishers.
- Cobern, W. W. & Loving, C. C. (2000b). Scientific Worldviews: A Case Study of Four High School Science Teachers. *Electronic Journal of Science Education*, 5(2).
- Cobern, W. W. & Loving, C. C. (2000c). Defining "Science" in a Multicultural World: Implications for Science Education. *Science Education*, 85, 50-67.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2000). *Research Methods in Education* (5:e uppl.). Routledge.
- Costa, V. B. (1995). When Science Is "Another World": Relationships between Worlds of Family, Friends, School, and Science. *Science Education*, 79(3), 313-333.
- Dagher, Z. R & BouJaude, S. (1997). Scientific Views and Religious Beliefs of College Students: The Case of Biological Evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(5), 429-445
- Dahlin, B. (2004). *Om undran inför livet. Barn och livsfrågor i ett mångkulturellt samhälle*. Studentlitteratur.
- Duschl, R. A. (1988). Abandoning the Scientific Legacy of Science Education. *Science Education*, 72(1), 51-62.
- Eger, M. (1992). Hermeneutics and Science Education: An Introduction. *Science & Education*, 1, 337-348.

- Eisenhart, M. (2001). Changing Conceptions of Culture and Ethnographic Methodology: Recent Thematic Shifts and Their Implications for Research on Teaching. I V. Richardson (red.), *Handbook of research on teaching* (4:e upplagan.), 209-225. American Educational Research Association, 209-225.
- Erickson, F. (1998). Qualitative Research Methods for Science Education. I Fraser & Tobin (red.), 1155-1173. *International Handbook of Science Education*. Kluwer.
- Erickson, F. (2004). Culture in society and educational practices. I J. A. Banks & C. A. M. Banks (red.), 31-60. *Multicultural education: Issues and perspectives* (5:e upplagan). John Wiley.
- Esbenshade, D. H. (1993). Student Perceptions about Science & Religion. *The American Biology Teacher*, 55(6), 334-338.
- EU (2004). *Europe needs more scientists. Report by the High Level Group on Increasing Human Resources on Science and Technology in Europe*. Hämtad 2007-02-22 från http://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/pdf/final_en.pdf.
- Fagerström, T. (1995). *Den skapande evolutionen*. Scandinavian University Press.
- Fourez, G. (1988). Ideologies and Science Teaching. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 8, 269-277.
- Freedman, R. A. & Kaufmann III, W. J. (2005). *Universe: Stars and Galaxies* (2:a upplagan). W. H. Freeman and Company.
- Fysh, R & Lucas, K. B. (1998). Religious Beliefs in Science Classrooms. *Research in Science Education*, 28(4), 399-427.
- Gauch JR, H. G. (2006). Science, Worldviews, and Education. *Science & Education*. Online First.
- Glennan, S. (2007). Whose Science and Whose Religion? Reflections on the Relations between Scientific and Religious Worldviews. *Science & Education*. Online First.

- Görman, U. (1992). Teologer och naturvetenskap. I Görman, Haikola och Sundström, *Kompendium i naturvetenskap och religion*, 101-143. Teologiska institutionen, Lunds universitet.
- Görman, U. (2000). Svenskars uppfattningar om relationen mellan naturvetenskap och religion. En första rapport från en enkätundersökning. *Svensk Teologisk Kvartalskrift*, 76(1), 34-38.
- Haglund, D. A. R. (2007). Artikel “Kosmogoni. Religionsvetenskapligt perspektiv.” *Nationalencyklopedin*. Hämtad 2007-06-15 från http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=230646&i_word=kosmogoni&i_whole_article=true&i_history=1
- Halldén, O. (1999). Conceptual Change and Contextualization. I W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (red.). *New perspectives on conceptual change*, 53-65. Pergamon & Elsevier Science.
- Hamberg, E. M. (2001). Kristen tro och praxis i dagens Sverige. I Bråkenhielm (2001) (red.), *Världsbild och mening. En empirisk studie av livsåskådningar i dagens Sverige*, 33-65. Nya Doxa.
- Hammer, O. (2004). *På spaning efter helheten. NEW AGE en ny folktro?* Wahlström & Widstrand.
- Hammerich, P. N. (2000). Confronting Students’ Conceptions of the Nature of Science with Cooperative Controversy. I W. F. McComas (red.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*, 2000, 127-136. Kluwer Academic Publishers.
- Hansson, L. (2003 - opublicerat). Tankar om universums ursprung – en idéhistorisk översikt samt en koppling till elevers tankar idag. *Paper i kursen ”Människan i universum – den astronomiska världsbilden genom tiderna”*, Lunds universitet. Kan fås av författaren.
- Hansson, L. & Lindahl, B. (2007). Apropå Fuglesang. Världsbilder och rekryteringen till naturvetenskapliga/tekniska utbildningar. *Accepterad för publicering i Nordina*.
- Hansson, L. & Lindahl, B. (2007 – manuskript). Students’ presuppositions of what the world is like and their interest in choosing a science profile in their studies. *Artikeln presenterad på den 6:e ESERA-konferensen, 21-25 augusti 2007, Malmö, Sverige*.

- Hansson, L. & Redfors, A. (2006a). Swedish Upper Secondary Students' Views of the Origin and Development of the Universe. *Research in Science Education*, 36, 355-379.
- Hansson, L. & Redfors, A. (2006b). Tre elever berättar om universum, gud och fysiken. *Nordina*, 1/06, 31-43.
- Hansson, L. & Redfors, A. (2007a). Physics and the Possibility of a Religious View of the Universe: Swedish Upper Secondary Students' Views. *Science & Education*, 16(3-5), 461-478. Online First 2006.
- Hansson, L. & Redfors, A. (2007b). Upper secondary students in group discussions about physics and our presuppositions of the world. *Science & Education*, 16(9-10), 1007-1025. Online First 2006.
- Hawking. Citerad i Barbour, I. G. (2000). *When Science meets religion*. HarperCollins.
- Helve, H. (1991). The Formation of Religious Attitudes and World Views: A Longitudinal Study of Young Finns. *Social Compass*, 38(4), 373-392.
- Hetherington, N. S. (1993). The Presocratics. I N. S. Hetherington (red.) *Cosmology. Historical, Literary, Philosophical, Religious, and Scientific Perspectives*, 53-66. Garland Publishing, Inc.
- Högnäs, S. (2003). *Idéernas historia. En översikt*. Historiska media.
- Inglehart, R. & Baker, W. E. (2000). Modernization, cultural change, and persistence of traditional values. *American Sociological Review*, 65, 19-51.
- Jackson, D. F., Doster, E. C., Meadows, L. & Wood, T. (1995). Hearts and Minds in the Science Classroom: The Education of a Confirmed Evolutionist, *Journal of Research in Science Teaching*, 32(6), 585-611.
- Jacobs, J. E. & Simpkins, S. D. (red.) (2005). *Leaks in the Pipeline to Math, Science, and Technology Careers: New Directions for Child and Adolescent Development*, No. 110.

- Jegede, O. J. (1995). Collateral Learning and the Eco-Cultural Paradigm in Science and Mathematics Education in Africa. *Studies in Science Education*, 25, 97-137.
- Kearney, M. (1984). *World View*. Chandler & Sharp Publishers, Inc.
- Keranto, T. (2001). The Perceived Credibility of Scientific Claims, Paranormal Phenomena, and Miracles Among Primary Teacher Students: A Comparative Study. *Science & Education*, 10, 493-511.
- Kilbourn, B. (1980). World Views and Science Teaching. I *Seeing Curriculum in a New Light. Essays from Science Education*. H. Munby, G. Orpwood, G. & T. Russell (red.), 34-43. OISE Press/The Ontario Institute for Studies in Education.
- Kilbourn, B. (1980-81). World Views and Curriculum. *Interchange*, 11(2), 1-10.
- Knain, E. (2001). Ideologies in school science textbooks. *International Journal of Science Education*, 23(3), 319-329.
- Koul, R. (2003). Revivalist Thinking and Students Conceptualizations of Science/Religion. *Studies in Science Education*, 39, 103-124.
- Kragh, H. S. (2007). *Conceptions of Cosmos. From Myths to the Accelerating Universe: A history of Cosmology*. Oxford University Press.
- Krogh, L. B. & Thomsen, P. V. (2005). Studying students' attitudes towards science from a cultural perspective but with a quantitative methodology: border crossing into the physics classroom. *International Journal of Science Education*, 27(3), 281-302.
- Kvale, S. (1997). *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Studentlitteratur.
- Kärrqvist, C. (1999). Opublicerat material. Beskrivet i B. Andersson, F. Bach, B. Frändberg, I. Jansson, C. Kärrqvist, E. Nyberg, A. Wallin & A. Zetterqvist (2003). *Att förstå naturen – från vardagsbegrepp till fysik. Sex 'workshops' (Nr3)*. Göteborgs universitet. Institutionen för pedagogik och didaktik.
- Lawrenz, F. & Gray, B. (1995). Investigation of Worldview Theory in a South African Context. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(6), 555-568.

- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. I S. K. Abell & N. G. Lederman, *Handbook of Research on Science Education*, 831-879. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Lederman, N. & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. I W. F. McComas (red.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*, 2000, 83-126. Kluwer Academic Publishers.
- Lemke, J. L. (2001). Articulating Communities: Sociocultural Perspectives on Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 296-316.
- Lemmer, M., Lemmer, T. N. & Smit, J. J. A. (2003). South African students' views of the universe. *International Journal of Science Education*, 25(5), 563-582.
- Lightman, A. P. & Miller, J. D. (1989). Contemporary Cosmological Beliefs. *Social Studies of Science*, 19(1), 127-136.
- Liu, S-Y. & Lederman, N. G. (2007). Exploring Prospective Teachers' Worldviews and Conceptions of Nature of Science. *International Journal of Science Education*, 29(10), 1281-1307.
- Loving, C. C & Foster, A (2000). The Religion-in-the-Science-Classroom Issue: Seeking Graduate Student Conceptual Change. *Science Education*, 84, 445-468.
- Mahner, M. & Bunge, M. (1996). Is Religious Education Compatible With Science Education? *Science & Education*, 5, 101-123.
- Martin-Hansen, L. M. (2006). First-Year College Students' Conflict with Religion and Science. *Science & Education*. Online First.
- Neuman, W. L. (1994). *Social Research Methods. Qualitative and Quantitative Approaches* (2:a upplagan). Allyn and Bacon.
- Nordén, Å. (1999). *Har nutida fysik religiös betydelse?* Parajett. Tidigare utg. som diss. med titeln: Har nutida fysik religiös relevans?

- Nussbaum, J. (1985). The Earth as a Cosmic Body. I Driver, Guesne och Tiberghien (red.), *Children's Ideas In Science*, 170-192. Open University Press.
- Ogunniyi, M. B., Jegede, O. J., Ogawa, M., Yandila, C. D. & Oladele, F. K. (1995). Nature of Worldview Presuppositions among Science Teachers in Botswana, Indonesia, Japan, Nigeria, and the Philippines. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(8), 817-831.
- Patton, M. Q. (1987). *How to Use Qualitative Methods in Evaluation*. SAGA Publication.
- Pedersen, O. (1962). *Medeltidens världsbild. Astronomi och kultur under medeltiden*. Doxa.
- Pedersen, O. & Kragh, H. (2000). *Fra kaos til kosmos. Verdenbilledets historie gennem 3000 år*, Gyldendal.
- Pennicott, K. (2002). Cyclic universe bounces back. *Physics World*. 26 April 2002. Hämtad 2007-08-15 från <http://physicsworld.com/cws/article/news/5383>.
- Phelan, P., Davidson, A. L. & Cao, H. T. (1991). Students' Multiple Worlds: Negotiating the Boundaries of Family, Peer, and School Cultures. *Anthropology & Education Quarterly*, 22, 224-250.
- Pomeroy, D. (1994). Science Education and Cultural Diversity: Mapping the Field. *Studies in Science Education*, 24, 49-73.
- Poole, M. W. (1985). Science Education and the Interplay between Science and Religion. *School Science Review*, Dec 85, 252-261.
- Poole, M. W. (1990). Beliefs and values in science education. A Christian perspective (Part 1). *School Science review*, 71(256), 25-32.
- Poole, M. W. (1995). *Beliefs and values in science education*. Open University Press.
- Poole, M. W. (1998). Science and Science Education: a Judeo-Christian Perspective. I W. W. Cobern (red.), *Socio-Cultural Perspectives on Science Education. An International Dialogue*, 181-201. Kluwer Academic Publishers, 1998.

- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Proper, H., Wideen, M. F. & Ivany, G. (1988). World View Projected by Science Teachers: A Study of Classroom Dialogue. *Science Education*, 72(5), 547-560.
- Reiss, M. J. (1992). How should science teachers teach the relationship between science and religion? *School Science Review*. Dec 1992, 74(267), 126-130.
- Renard, K. (1995). *Den moderna fysikens grunder. Från mikrokosmos till makrokosmos*. Studentlitteratur.
- Rickman, H. (2007). Artikel “Kosmogoni. Naturvetenskapligt synsätt.” I *Nationalencyklopedin*. Hämtad 2007-06-15 från http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=230646&i_word=kosmogoni&i_whole_article=true&i_history=1
- Roberts, D. A. (1998). Analysing School Science Courses: The Concept of Companion Meaning. I D. A. Roberts & L. Östman (red.), *Problems of Meaning in Science Curriculum*, 5-12. Teacher College Press.
- Roth, W-M. & Alexander, T. (1997) The interaction of students' scientific and religious discourses: two case studies. *International Journal of science education*, 19(2), 125-146.
- Schreiner, C. (2006). *EXPLORING A ROSE-GARDEN. Norwegian youth's orientations towards science – seen as signs of late modern identities*. Department of Teacher Education and School Development. Faculty of Education. University of Oslo.
- Schultze, J. (2000). *Nya Fysik Försök och Fakta*. Gleerups.
- Shipman, H. L., Brickhouse, N. W., Dagher, Z. & Letts IV, W. J. (2002). Changes in Student Views of Religion and Science in a College Astronomy Course. *Science Education*, 86, 526-547.
- Sjøberg, S. (2005). *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik* (2:a upplagan). Studentlitteratur.

- Sjøberg, S. & Schreiner, C. (2005). Naturfag og teknologi i skole og samfunn: Interesse of rekruttering. *Utdanning*, 191-213.
- Sjödin, U. (1995). *En skola – flera världar. Värderingar hos elever och lärare i religionskunskap i gymnasieskolan*. Bokförlaget Plus Ultra.
- Sjödin, U. (2002). Övertron på övertron och den sekulariserade ungdomens religiositet. I O. Franck (red). *Mellan vidskepelse och vetenskap. Att tro, att tvivla – och att veta*, 11-33. Föreningen lärare i religionskunskap. Årsbok 2002, Årg. 34.
- Skamp, K. (1994). Determining misconceptions about astronomy. *Australian Science Teachers Journal*, 40(3), 63-67.
- Skolverket (2000a). *Gemensam kursplan för naturorienterande ämnen*. Hämtad 2007-10-02 från <http://www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=SV&ar=0708&infotyp=23&skolform=11&id=3878&extraId=2087>
- Skolverket (2000b). *Kursplan för fysik*. Hämtad 2007-10-02 från <http://www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=SV&ar=0708&infotyp=24&skolform=11&id=3880&extraId=2087>
- Skolverket (2000c). *Ämnesbeskrivning Naturkunskap*. Hämtad 2007-10-02 från <http://www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=SV&ar=0708&infotyp=8&skolform=21&id=NK&extraId=>
- Skolverket (2000d). *Kursplan för NK1201 - Naturkunskap A*. Hämtad 2007-10-02 från <http://www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=SV&ar=0708&infotyp=5&skolform=21&id=3203&extraId=>
- Skolverket (2000e). *Ämnesbeskrivning Fysik*. Hämtad 2007-10-02 från <http://www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=SV&ar=0708&infotyp=8&skolform=21&id=FY&extraId=>
- Skolverket (2000f). *Kursplan för FY1201 - Fysik A*. Hämtad 2007-10-02 från <http://www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=SV&ar=0708&infotyp=5&skolform=21&id=3053&extraId=>

- Skolverket (2000g). *Kursplan för FY1202 - Fysik B*. Hämtad 2007-10-02 från <http://www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=SV&ar=0708&infotyp=5&skolform=21&id=3054&extrald=>
- Skolverket (2000h). *Beskrivning av naturvetenskapsprogrammet*. Hämtad 2007-10-02 från <http://www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=SV&ar=0708&infotyp=15&skolform=21&id=14&extrald=0>
- Smith, M. U. & Siegel, H. (2004). Knowing, Believing, and Understanding: What Goals for Science Education? *Science & Education*, 13, 553-582.
- Spiliotopoulou-Papantoniou, V. (2007). Models of the Universe: Children's Experiences and Evidence from the History of Science. *Science & Education*, 16(7-8). 801-833. Online First 2006.
- Spiliotopoulou, V. & Ioannidis, G. (1996). Primary Teachers' Cosmologies: The Case of the 'Universe'. I G. Welford, J. Osborne & P. Scott (red.). *Research in Science Education in Europe: Current Issues and Themes*, 337-350. Falmer Press.
- Stenmark, M. (2001). *Scientism: Science, ethics and religion*. Ashgate.
- Stenmark, M. (2004). *How to Relate Science and Religion – a multidimensional model*. William B. Eerdmans Publishing Company.
- Svenbäck, M. (2003). *Omsorg om naturen. Om NO-utbildningens selektiva traditioner med fokus på miljöfostran och genus*. Acta Universitatis Upsaliensis. Uppsala Studies in Education 104.
- Sveriges Television. (2003). *Vetenskapens värld. Vad fanns före Big Bang?*, Svt2: 2003-10-11.
- Szybek, P. (2002). Att kommunicera naturvetenskap: Världsbilder och livet i en värld. I H. Strömdahl (red.) *Kommunicera naturvetenskap i skolan – några forskningsresultat*, 115-137. Studentlitteratur.
- Säljö, R. (2000). *Lärande i praktiken. Ett sociokulturellt perspektiv*. Bokförlaget Prisma.

- Säther, J. (2003). The Concept of Ideology in Analysis of Fundamental Questions in Science Education. A Review with Selected Examples from Norwegian Curricula and Textbooks. *Science & Education*, 12, 237-260.
- Trumper, R. (2000). University students' conceptions of basic astronomy concepts. *Physics Education*, 35(1), 9-15.
- Trusted, J. (1991). *Physics and Metaphysics: theories of space and time*. Routledge.
- Uddenberg, N., Bråkenhielm, C. R. & Westerlund, K. (2000). Gentekniken och allmänheten, en enkätstudie. I N. Uddenberg (red.), *Det givna och det föränderliga. En antologi om biologi, människobild och samhälle*, 11-43. Nya Doxa.
- Vetenskapsrådet (2007). Forskningsetiska principer inom humanistisk-samhällsvetenskaplig forskning. Hämtad 2007-09-14 från <http://www.vr.se/download/18.668745410b37070528800029/HS%5B1%5D.pdf>
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Weinberg (1977). Citerad i Barbour, I. G. (2000). *When Science meets religion*. HarperCollins.
- Worthley, J. S. (1992). Is Science Persistence a Matter of Values? *Psychology of Women Quarterly*, 16, 57-68.
- Östman, L. (1995). *Socialisation och mening. No-utbildning som politiskt och miljömoraliskt problem*. Acta Universitatis Upsaliensis. Uppsala Studies in Education 61.
- Östman, L. (1998). How Companion Meanings Are Expressed by Science Education Discourse. I D. A. Roberts & L. Östman (red.), *Problems of Meaning in Science Curriculum*, 54-70, Teacher College Press.
- Östman, L. & Robert, D. A. (1994). Toward understanding the production of meaning in science education. Introduction to the theme. *Nordisk Pedagogik*, 1/1994.

