

Om ljuset i tillvaron

Ett undervisningsexperiment inom optik

GÖTEBORG STUDIES
IN EDUCATIONAL SCIENCES 162

Frank Bach

Om ljuset i tillvaron

Ett undervisningsexperiment inom optik

ACTA UNIVERSITATIS GOTHOBURGENSIS

©*Frank Bach, 2001*

ISBN 91-7346-406-6

ISSN 0436-1121

Distribution: ACTA UNIVERSITATIS GOTHOBURGENSIS

Box 222

SE-405 30 Göteborg, Sweden

ABSTRACT

Title: A matter of light
A teaching experiment in optics
Language: Swedish, with a summary in English.
Keywords: Teaching, learning, science education, subject matter, light, optics.
ISBN: 91-7346-406-6

The main purposes of this thesis were to study the students' learning outcome and the teachers' response to a proposed new way of teaching based on research in science education, in the field of optics. The theoretical frameworks for this work draw on Piaget and his genetic epistemology. According to this knowledge cannot be regarded as an object possible to acquire or to possess in a static sense. Neither can knowledge be transferred from books to a person or from one person to another. Instead knowledge is seen as something constructed by the subject in an indissociable subject-object relation and when studying learning it is therefore impossible to think about knowledge as something solely outside or inside a person. This theoretical platform together with the extensive research on pupils' ideas in the field of optics published served as the starting point for the proposal of a new way of teaching optics.

Eleven teachers were interviewed about their prior experience of teaching optics and five of them were actually trying the newly developed teaching sequence. These five teachers were also interviewed later on about their experiences of trying the teaching sequence. The pupils taught by these teachers performed a pre-test before the teaching sequence started and an unknown post-test at least six months after the end of the teaching period.

The pupils' answers to the test items were categorised and the categorisation from the pre-test was compared with the post-test. The categorisations were also compared with other investigations, e.g. national assessments (UG-95), when possible. Most pupils answered the delayed post-test in a qualitatively better way than compared to their pre-test results. They also answered the questions significantly better than the "control-groups" of e.g. UG-95 (after "ordinary" teaching). This is a strong indication that the use of this teaching sequence stimulated the conceptual development of these pupils in a positive way.

The interviews with the teachers showed some interesting results. Some teachers interpreted the teaching guide of the sequence as a proposal for pupils' to work by themselves individually or in groups, and after a while the pupils should learn from their experiences and cooperation with their peers. On the other hand two teachers interpreted the teacher's guide in almost the opposite way. For them, the main idea was to introduce a theory or model of light and after that the pupils should try to use it in various new situations.

Del 1: Utgångspunkter

1	INLEDNING	1
1.1	VÄGEN FRAM TILL FORSKNINGSINTRESSET	1
1.2	ÄMNESDIDAKTIK?	2
2	TEORETISK RAM FÖR DENNA STUDIE	5
2.1	EMPIRISM – POSITIVISM.....	8
2.2	KONSTRUKTIVISM	9
2.3	JÄMFÖRELSE MELLAN KONSTRUKTIVISM OCH EMPIRISM	10
2.4	UNDERVISNINGSSSEKVENSER SOM FORSKNINGSOMRÅDE.....	24
3	IDÉHISTORISK UTVECKLING AV GEOMETRISK OPTIK ...	27
3.1	SEENDE – TRE MODELLER FRÅN ANTIKEN.....	27
3.2	BEGREPPET STRÅLE SKAPAS.....	28
3.3	PUNKTFORMIG AVBILDNING	29
3.4	EUROPEISK MEDELTID OCH BÖRJAN PÅ NYA TIDEN	29
3.5	KEPLER – DEN MODERNA OPTIKENS GRUNDARE.....	30
3.6	VAD ÄR FÄRG?.....	31
3.7	DEN GEOMETRISKA OPTIKENS MODELL AV LJUSET	31
3.8	ALTERNATIV FRAMSTÄLLNING AV DEN GEOMETRISKA OPTIKENS UPPBYGGNAD.....	32
4	ELEVUPPFATTNINGAR INOM OPTIK SAMT UNDERVISNINGSFÖRSÖK	35
4.1	LJUSETS EXISTENS OCH EGENSKAPER	35
4.2	LJUSETS UTBREDNING	36
4.3	KONSERVATION AV LJUS	38
4.4	OLIKA KATEGORIER AV LJUS?.....	38
4.5	LJUS OCH SEENDE.....	38
4.6	LJUS OCH SKUGGOR	43
4.7	LJUSETS REFLEKTION.....	44
4.8	LINSER OCH SPEGLAR; AVBILDNING OCH VIRTUELL BILD.....	44
4.9	FÄRGER OCH FILTRERING AV LJUS	51
4.10	FLICKOR, POJKAR OCH NATURVETENSKAP	52
4.11	BESTÅENDE ELLER ÖVERGÅENDE FÖRESTÄLLNINGAR?	53
4.12	TIDIGARE UNDERVISNINGSFÖRSÖK INOM OPTIK	53
5	OPTIKUNDERVISNING I GRUNDSKOLAN.....	60
5.1	MOTIV FÖR OPTIK I GRUNDSKOLAN.....	60
5.2	MÅL EFTER UNDERVISNING.....	61
6	FÖRSLAGET TILL FÖRÄNDRAD UNDERVISNING	65
6.1	UNDERVISNINGSFILOSOFI	65
6.2	INNEHÅLL OCH UPPLÄGGNING	68

Del 2: Syften och utformning

7 ÖVERGRIPANDE SYFTEN OCH UTFORMNING.....	85
7.1 STUDIENS UPPLÄGGNING.....	85
7.2 PILOTTEST.....	85
7.3 URVAL AV FÖRSÖKSPERSONER.....	86

Del 3: De skriftliga testen

8 FRÅGOR.....	87
9 METOD.....	87
9.1 JÄMFÖRELSE MED UG-95.....	88
9.2 METOD FÖR ANALYS AV DATA.....	91
9.3 PROBLEM MED DESIGNEN.....	92
9.4 VALIDITET.....	96
9.5 RELIABILITET.....	98
9.6 GENERALISERBARHET.....	98
10 RESULTATEN FRÅN DE SKRIFTLIGA TESTEN I KOMPRIMERAD FORM.....	100
10.1 JÄMFÖRELSE UPPGIFT FÖR UPPGIFT OCH MED ANDRA STUDIER....	103
11 RESULTATET I UTVECKLAD FORM.....	106
11.1 LJUSETS EXISTENS OCH UTBREDNING.....	106
11.2 SEENDET.....	132
11.3 LJUSETS REFLEKTION.....	145
11.4 LJUSETS BRYTNING.....	154
11.5 AVBILDNING.....	160
11.6 FÄRGER.....	163

Del 4: Lärarintervjuer

12 FRÅGOR.....	169
13 METOD.....	169
13.1 INTERVJU OM LÄRARNAS VANLIGA UNDERVISNING OM OPTIK.....	170
13.2 INTERVJU EFTER ATT LÄRARNA PROVAT UNDERVISNINGSEKVENSEN.....	171
13.3 METOD FÖR ANALYS AV INTERVJUERNA.....	171
13.4 BESKRIVNING AV KATEGORISYSTEM.....	173
13.5 PROBLEM MED METODEN.....	176

14 RESULTAT	177
14.1 PRÖVNING AV FÖRSLAGET TILL FÖRÄNDRAD UNDERVISNING.....	178
14.1.1 Fall 1: Lärare 6, Abel. Interöju före experimentundervisning.....	178
14.1.2 Fall 2: Lärare 8-10, Bertil. Interöju före experimentundervisning.....	187
14.1.3 Fall 3. Lärare 2, Anna. Interöju före experimentundervisning.....	196
14.1.4 Fall 4. Lärare 4, Boel. Interöju före experimentundervisning.....	206
14.1.5 Fall 5. Lärare 11-13, Cecilia. Interöju före experimentundervisning.....	215

Del 5: Lektionsbesök

15 LEKTIONSBSÖK	223
15.1 FÖRUTSÄTTNINGAR	223
15.2 UTDRAK FRÅN SAMTALET	223

Del 6: Diskussion

16 DE SKRIFTLIGA TESTEN	227
16.1 INLEDANDE DISKUSSION	227
16.2 LJUSETS EXISTENS OCH UTBREDNING	227
16.3 SEENDET	228
16.4 LJUSETS REFLEKTION	232
16.5 LJUSETS BRYTNING	233
16.6 FÄRGER OCH FILTRERING AV LJUS	234
16.7 AVBILDNING.....	234
16.8 ÅTERKOPPLING OCH VÄRDERING.....	235
17 INTERVJUERNA	236
18 DEN FILMADE LEKTIONEN	244
18.1 TEORI OCH VERKLIGHET.....	244
19 SVAR PÅ FRÅGORNA	247
19.1 ANGÅENDE ELEVERNA OCH DET SKRIFTLIGA TESTET	247
19.2 ANGÅENDE LÄRARNA	250
19.3 ANGÅENDE LEKTIONEN	254
20 RESULTATEN VÄCKER NYA FRÅGOR	256
20.1 OPTIK I NÅGRA LÄROBÖCKER.....	256
20.2 ANGÅENDE RELEVANSEN HOS BEGREPPET LJUSSTRÅLE	267
20.3 SLUTET ELLER BÖRJAN?	270
SUMMARY	273
REFERENSER	291

Förord

I slutet av ett arbete som detta blickar man gärna tillbaka och funderar på hur det började. I mitt fall är det svårt att hitta någon egentlig tidpunkt där jag bestämde mig för att försöka skriva en avhandling. Det ena har lett till det andra och det är först sedan sommaren 1998 då jag fick en doktorandtjänst som jag riktigt har förstått att jag har arbetat med en doktorsavhandling.

På grund av denna min omedvetenhet är det många personer som på olika sätt bidragit med att det småningom ändå blev en avhandling. Det är många som är värda ett tack. Alla kan inte nämnas, men några måste lyftas fram.

Först av alla vill jag tacka mina föräldrar som trots (eller på grund av) sin bakgrund med 6- respektive 7-årig folkskola som enda utbildning alltid stöttat mig när jag velat studera. Som lärare har jag upplevt det motsatta för en del elever jag haft. Det hade inte varit lätt att välja att studera om ni föräldrar inte hade givit mig ert stöd. Det förstår jag nu. Tack!

Som en vilsen ung man i gymnasieskolan fick jag en del förebilder i form av mina naturvetenskapliga lärare. De var djupt engagerade i sina kunskapsområden samtidigt som de visade prov på humor och kulturell bildning. Utan dem hade jag nog aldrig valt att bli lärare och alldeles säkert inte i matematik och fysik.

Det finns också en person från mina universitetsstudier i fysik som betytt väldigt mycket och det är Ture Eriksson. Hans värme och omtanke om studenter kombinerat med stort kunnande både på bredden och på djupet gjorde att jag studerade mer förståelseinriktat än vad jag annars skulle ha gjort. Det har varit en god hjälp när jag senare behövt förstå och tolka frågor från elever.

En grupp av personer som betytt mycket är alla de elever som jag undervisat. Hade inte ni varit så öppna, glada, positiva, kritiska och frågvisa hade jag nog aldrig förstått hur olika vedermödorna kan se ut när vi människor håller på att lära. Det var ni som fick mig att förstå att jag behövde lära mig mycket mer för att kunna hjälpa er bättre. Det var ni som gjorde att jag sökte mig tillbaka till universitetet och träffade den person som småningom blev min huvudhandledare, Björn Andersson.

Björn, du har under många år utgjort ett föredöme för mig genom att oförtröttligt försöka sätta dig in i hur elever förstår och tänker om olika naturvetenskapliga fenomen. Alltid med samma målsättning: att

förbättra deras möjligheter att lära och njuta av naturvetenskap. Som handledare har du alltid varit entusiastisk och kreativ samtidigt som du lämnat stor frihet och stort ansvar till mig. Tack Björn!

Som biträdande handledare har Christina Kärrqvist och Shirley Booth bidragit till mitt arbete på helt olika sätt. Christina, du har bidragit mycket med din förmåga att kunna se saker och ting på ett annorlunda sätt. Din positiva livssyn har också satt sin prägel på kommentarer och förslag. Dig, Shirley vill jag tacka för att du, med din entusiasm för pedagogik och pedagogisk forskning, bidrog till att jag sökte doktorandtjänsten i ämnesdidaktik (det visste du inte!?). Jag vill också tacka för de givande samtal vi har haft både efter att du läst mitt avhandlingsmanus och i andra sammanhang.

Jag vill också rikta ett stort tack till mina doktorandkolleger, Jonas Emanuelsson, Anita Wallin och Ann Zetterqvist som alla bidragit med att noggrant ha läst mitt manus och kommit med värdefull kritik och ägnat mig tid i diskussioner om såväl mitt manus som konstruktivism, fenomenografi och annat. I arbetsrummet intill finns numera också Eva West, som deltog i pilotprojektet och som kom med värdefulla synpunkter i början av projektet.

Ni lärare som villigt låtit er intervjuas och som prövat de idéer som hela avhandlingen bygger på är också värda särskild uppmärksamhet. Jag vill tacka er och eleverna som blivit inblandade genom den undervisning som ni planerat efter att ha tagit del av förslaget till förändrad undervisning.

I samband med slutseminariet påpekade Albert Christian Paulsen och Allan Svensson båda en del brister i mitt manus. Detta fick mig att tänka igenom delar av arbetet ordentligt en gång till och en del förändringar genomfördes på grund av detta. I slutskedet bidrog också Michael Christie med översättningshjälp och Bo Malmensten med korrekturläsning och språkgranskning.

Till sist vill jag tacka min familj, Kerstin, Hanna och Fredrik för att ni stöttat mig och haft förståelse för att jag inte alltid har funnits till hands när ni skulle ha velat ha mer av mig. Nu är det sommar och den skall vi njuta av tillsammans!

Fjällbacka, juli 2001

Frank Bach

Del 1: Utgångspunkter

1 Inledning

Forskning inom utbildningsvetenskap har en enorm spännvidd och det är därför inte givet på vilket sätt ett forskningsintresse växer fram och hur detta omsätts i konkret arbete. Syftet med detta inledande kapitel är därför att ge en bakgrund till hur mitt forskningsintresse vuxit fram och även redovisa några personliga ställningstaganden av betydelse för val av forskningsfrågor och metoder.

1.1 Vägen fram till forskningsintresset

Ganska snart efter min lärarexamen upplevde jag att mina elever hade betydande svårigheter att förstå det naturvetenskapliga innehållet i undervisningen. Viljan att förbättra möjligheterna för eleverna att förstå ledde mig till att, efter några år i yrket, återvända till universitetet där jag påbörjade en påbyggnadsutbildning inom pedagogik med didaktisk inriktning. Genom den utbildningen kom jag i kontakt med ämnesdidaktik inom naturvetenskap och matematik, allmän didaktik och vetenskaplig metod inom det utbildningsvetenskapliga området. Det var en spännande och stimulerande utbildning med både allmänna och specifika inslag. Det som intresserade mig mest var de mer specifika ämnesdidaktiska inslagen om "forskning om elevuppfattningar" och genom att ta del av denna forskning förstod jag snart att jag inte var ensam om att uppleva elevers svårigheter med naturvetenskapligt innehåll i undervisningen.

Småningom ledde detta till att jag ville arbeta aktivt med att förändra min egen undervisning (inom ett avgränsat ämnesområde) och skriva om detta arbete inom ramen för utbildningen (Andersson & Bach, 1995; Bach, 1993). Kortfattat kan man säga att genom att förändra min egen undervisning till att i större utsträckning än vanligt försöka ta hänsyn till, och bearbeta, vanliga föreställningar (som avviker från de naturvetenskapliga) angående materia och då särskilt gaser kunde eleverna i årskurs 7, drygt sex månader efter avslutad undervisning, svara signifikant bättre på skriftliga frågor än vad de kunde före undervisning. De kunde även svara betydligt bättre än vad elever ur ett slumpmässigt riksurval i åk 9 (Andersson, Emanuelsson, & Zetterqvist, 1993) gjorde. En betydande komponent i denna undervisningssekvens var att medvetet införa och låta eleverna använda en partikelmodell för gaser.

Delvis parallellt med detta arbete arbetade jag under en tid, kombinerat med jobbet i grundskolan, inom ett projekt som gick ut på att undersöka om en vattenanalogi till elektrisk ström kunde underlätta

Frank Bach

för eleverna att förstå sig på den elektriska kretsen. På samma sätt som i projektet med gasundervisning utvecklades konkreta undervisningsidéer som prövades och utvärderades (Andersson, Bach, & Emanuelsson, 1992).

Efter ytterligare en tid blev jag, fortfarande parallellt med halvtidsarbete som lärare, inblandad i "Utvärdering av Grundskolan 1995", UG-95. Arbetet i vårt delprojekt innebar att skapa och använda ett utvärderingsinstrument för att ta reda på vad elever, i slutet av år 9, kan om olika delområden inom naturvetenskap. Ett område som kom att ingå var geometrisk optik. Resultaten (Andersson, Bach, & Zetterqvist, 1997) stämde ganska väl med tidigare undersökningar gjorda både inom Sverige och utomlands och visade att många elever inte använde naturvetenskapliga modeller för att besvara frågorna.

Kunskaper om elevers sätt att svara på frågor om ljusets egenskaper och utbredning tillsammans med erfarenheterna från att förändra min egen undervisning och skriva om detta gjorde att det var naturligt att börja fundera över en studie gällande geometrisk optik, men med fler lärare och elever inblandade. Skulle det gå att få liknande resultat med andra lärare och annat innehåll som jag själv fick med min undervisning om gaser? Förhoppningen var att det skulle vara möjligt och att det, på sikt, skulle kunna utgöra ett litet bidrag till att öka elevernas intresse för att studera naturvetenskap.

1.2 Ämnesdidaktik?

I vardagliga sammanhang görs normalt ingen skillnad mellan god undervisning och en bra lärare. En bra lärare förvandlar, i denna referensram, det tråkiga och svåra till något roligt och lätt medan en dålig lärare kan göra det som barn och unga tycker är roligt och lätt till något svårt och tråkigt. I bedömningar av huruvida en lärare är bra eller inte finns det en tendens att betrakta den goda lärarens egenskaper som något som till största delen är kopplat till hennes personlighet men naturligtvis även i viss utsträckning till hennes erfarenhet av att undervisa. Det är också naturligt att tänka sig att det är nödvändigt att läraren själv är kunnig i det som barnen eller ungdomarna skall lära sig. De flesta människor har svårt att föreställa sig att en person utan, eller med bristfälliga kunskaper, i det område hon skall undervisa, kan vara en särskilt bra lärare inom området. Vidare är det vanligt att man anser att det finns många lärare som är mycket kompetenta inom sitt/sina ämne(n), men som inte alls kan "lära ut".

Läroutbildning har i många år varit föremål för debatt. Det gäller inte minst i skrivande stund då en ny läroutbildning skall skapas efter direktiv framlagda av Läroutbildningskommittén (LUK 97)

(Utbildningsdepartementet., 1999). Resonemanget ovan om goda ämneskunskaper kontra "förmågan att lära ut" är på sätt och vis samma spänningsfält som skapandet av den nya lärarutbildningen befinner sig i. Kanske kan man säga att det utvecklats två relativt tydliga grupper, där den ena menar att goda ämneskunskaper är det absolut viktigaste för att en lärare skall kunna göra ett gott arbete och en annan som menar att en lärare måste ha stort kunnande inom mer allmänna områden för att kunna bli en bra lärare. Dessa två synsätt har förmodligen sina ursprung i två olika kulturer, akademikerkulturen och folkskollärarkulturen. Andersson (2000d) skriver om detta.

Under den svenska skolans utveckling har två olika undervisningskulturer varit märkbara. Den ena kan kallas 'folkskollärarkultur', den andra 'traditionell akademikerkultur'. Till den förras positiva drag hör ideologisk medvetenhet, i vilken ingår att sätta elevens utveckling och behov i främsta rummet. En holistisk syn på val av innehåll förekommer. Man försöker utgå från för eleven meningsfulla helheter och problem i omvärlden i stället för från ämnen. Men det finns också en viss skepsis mot ämnesundervisning och specialiserade ämneskunskaper, vilket gör att holismen kan bli ytlig. Till den traditionella akademikerkulturens dygder hör uppskattning av djupa ämneskunskaper och en säker och kompetent ämnesundervisning. Men en obenägenhet att gå utanför de egna ämnena innebär en risk för att eleverna upplever undervisningen som en palett av ämnesklickar med ringa inbördes sammanhang och föga kontakt med den komplexa omvärlden (sidorna 3-4).

Mellan dessa två ytterligheter kan man placera ämnesdidaktiken. För drygt 20 år sedan skrev Marton (1980):

Om vi tänker efter hur vi uppfattar lärarens funktion kan vi inte komma ifrån att vi nog anser att åtminstone en av hans eller hennes viktigaste uppgifter är att medverka till att eleverna skall lära sig att göra saker som de inte har kunnat göra tidigare och att de skall lära sig att tänka på sätt som de inte har kunnat tidigare. Nu är det så att nya sätt att fungera och nya sätt att tänka måste nödvändigtvis bygga på och modifiera eller ersätta tidigare sätt att fungera och tänka. Att känna till vilka dessa sätt att fungera och tänka är, eller kan vara, måste rimligtvis vara en stor fördel i lärarens arbete. Insikter i elevernas funktionssätt och tankevärld ifråga och om de aspekter av verkligheten som undervisningen berör borde, enligt min mening, utgöra en väsentlig del i lärar-kompetensen. Det är ett slags kompetens som många lärare utvecklar för egen del på basis av den fond av erfarenheter som de hinner att skaffa sig under åren, men att göra detta är betydligt svårare än man skulle tro. Lärare arbetar i klassrumssituationen under konstant tidspress, han eller hon hinner att konstatera om en elev svarar rätt eller fel men har sällan tid att analysera hur eleven resonerar. Dessutom, även om den enskilda läraren med tiden får "*blick för*" elevernas sätt att uppfatta olika problem inom hans eller hennes ämnesområde förblir dessa insikter privata, de tas sällan till vara av andra, de dör med den enskilde läraren. Om man inriktade sig på att systematiskt exploatera lärarnas erfarenhetskaptal, att ta vara på vetande inom olika discipliner som rör människors sätt att tänka kring de fenomen som behandlas i skolan, om man gick in för att utveckla nytt vetande genom det vi här kallar innehållsrelaterad pedagogisk forskning, då skulle vi kunna få en kumulativ kunskapsstillväxt

Frank Bach

inom det kunskapsområde som i stor utsträckning skulle kunna utgöra lärar-kompetensens substans (sidorna 9-10).

Detta är lika relevant idag som för 20 år sedan. Sedan 1996 finns det, vid Göteborgs universitet en forskarutbildning inom ämnesdidaktik vars syfte bl.a. är att försöka göra det som Marton ovan efterlyser. Det har också getts ut en skrift (Andersson, 2000d) i avsikt att definiera kunskapsområdet Ämnesdidaktik. I denna sammanfattas Ämnesdidaktik till att vara:

Kortfattat kan man säga att ämnesdidaktikens uppgift är att skapa, utveckla och vårda kunnande om undervisning angående olika innehåll och under olika betingelser.

Genom detta sätt att beskriva ämnesdidaktiken blir lärarens undervisning, elevernas studier och innehållet centrala delar av forskningsområdet. Detaljerad kunskap om ett ämnesområde och om elevers sätt att resonera om företeelser inom detta ämnesområde kan leda till att både innehåll och sätt att presentera innehållet förändras jämfört med om man inte har tillgång till denna kunskap. Denna kunskap ger oss också möjlighet att urskilja det som skulle kunna karaktäriseras som bra undervisning inom ett område från det som brukar karaktäriseras som en bra lärare. Vi får möjlighet att betrakta lärande och undervisning inom specifika områden på ett nytt sätt som kan få tydliga konsekvenser för hur man i praktiken väljer att utforma undervisningen inom varje enskilt område. Målsättningen med mitt avhandlingsarbete är att ge ett bidrag i den riktningen.

2 Teoretisk ram för denna studie

Hur man ser på vad som kan utgöra bra undervisning hänger intimt samman med hur man tänker sig att kunskap uppstår, vad kunskap är och hur man kan veta någonting om världen. Ofta hänger dessa frågor också samman med föreställningar om hur världen är beskaffad. Undervisningen som prövas i denna avhandling bygger på specifika idéer om lärande och på forskning om elevers sätt att resonera inom optik. Det betyder att kunskapssyn och syn på lärande haft stor betydelse då undervisningssekvensen skapats. En annan viktig sak är att resultaten av studien tolkas genom denna kunskapssyn och syn på lärande.

Det är viktigt att försöka skilja mellan teorier om hur kunskap är beskaffad, teorier om lärande och teorier (kanske snarare idéer) om undervisning. Utsagor om vetande bör inte förväxlas med utsagor om lärande och undervisning. Samtidigt är det så att tänkande inom dessa olika områden påverkas av varandra och att isolering av områdena inte är meningsfullt.

Det är två dimensioner utefter vilka det är särskilt intressant att diskutera denna studies utgångspunkter angående kunskapssyn och lärande. En fråga är om kunskapen växer inifrån människan eller utifrån genom erfarenheter av världen. En annan fråga är om lärandet skall ses som erövrande av kunskap eller om det skall ses som "legitimt perifert deltagande" eller "lärlingskap i tänkande" (Sfard, 1998). Den första frågeställningen har engagerat tänkare i flera tusen år och en historisk återblick kan vara på sin plats. Den andra frågeställningen behandlas senare (sidan 16).

Det är inte så lätt att sätta gränsen för hur långt tillbaka i historien man skall gå för att hitta en lämplig startpunkt för återblicken men kanske diskussionen mellan Menos och Sokrates (ca 400 f. Kr.) kan vara lämpligt. Menos ställde frågan hur det är möjligt att söka efter något som man inte vet vad det är, alltså lära sig något om världen som man inte redan kan. Enligt Platon svarade Sokrates att det inte är möjligt att vare sig söka efter det man vet, för det vet man redan, eller efter det man inte vet, eftersom man då inte vet vad man skall leta efter (Marton & Booth, 1997). Det förefaller lite överraskande att svaret på frågan om hur man kan lära sig något om världen är att det inte är möjligt. Platon levererade en lösning på denna paradox som handlade om att människans själ är odödlig och byter kropp i samband med att någon dör eller föds och varje individs kunnande återuppväcks inifrån med själen som källa till kunskap. Kunskaperna om världen kommer

alltså inifrån människan (eller själen) och är till och med medfödda. Konsekvensen för undervisning blir att skapa metoder för att locka fram det som redan finns i varje människa genom frågor som hjälper individen att återuppväcka sina kunskaper. En annan konsekvens av resonemanget är också att det existerar ett slutgiltigt mål när det gäller vad man kan nå för kunskaper.

Något före Platon (427–347 f.kr.) verkade Demokritos (460–370 f.kr.) vars skrifter Platon ville bränna (Levander & Westman, 1996), förmodligen för att de hotade hans egen filosofi. I motsats till Platons idévärld förespråkade Demokritos en materialistisk syn där huvudingrediensen var en idé om att Urämnet var osynliga, eviga och odelbara atomer. Allt skulle vara uppbyggt av dessa atomer. Människans uppfattning av världen var beroende av det utanför människan och kunde förklaras genom det sätt världen var uppbyggd. En av Platons elever, Aristoteles (384–322 f.kr.) valde ungefär samma väg som Demokritos, att studera världen med sina sinnen och försöka förklara det han observerade.

Två huvudinriktningar för hur man ser på hur människan vinner kunskaper om världen kan redan vid den här tiden urskiljas. De som förespråkade erfarenheten som källan till kunskap om världen kom att kallas empiriker (eller empirister) och de som förespråkade själen eller förnuftet som källan till kunskap om världen fick beteckningen rationalister.

Nästa historiska nedslag görs hos René Descartes (1596–1650). Han var en framstående matematiker som också gjorde stora insatser inom det kunskapsteoretiska området. Han funderade över vad han med säkerhet kunde veta och denna tanke ledde honom till att tvivla på allt för att försöka utröna om det fanns något som han inte kunde tvivla på. Insikten om att samma tankar kan förekomma i vaket tillstånd som i drömmar vilka kan vara oerhört verklighetsfrämmande fick honom att bestämma sig för att låtsas att allt som "fått insteg i hans förstånd är lika lite sant som hans drömmars bländverk". Detta ledde dock tanken vidare till att den som hyste sådana tvivel måste existera just genom att kunna tänka sådana tankar. Det var då de berömda orden "Jag tänker, alltså är jag till" myntades (Descartes, 1637/1990). Detta ledde i sin tur vidare till slutsatsen att allt man kan inse mycket klart och mycket tydligt måste vara sant. Han gick vidare med resonemanget för att bevisa Guds existens.

För oss är det intressanta att kunskaperna igen kommer inifrån och precis som i Platons fall från själen men som i detta fall är inplanterad i människan av ett högre väsen, Gud.

Engelsmannen John Locke (1632–1704) hade helt motsatt uppfattning jämfört med Descartes. Han menade att själen var som ett oskrivet blad och att materialet för tänkandet enbart kom från erfarenheten (Locke, 1660/1967). Han delade upp källorna till tänkandet i två kategorier. Den ena, som direkt kunde härledas till sinnesintryck kallade han för sensation och den andra, som refererar till tänkandet om själens verksamhet, kallade han för reflexion. I det senare fallet handlade det alltså om sådant som själen får genom att reflektera över sina egna aktiviteter. Sammanfattningsvis menade Locke att de yttre objekten förser själen med intryck och själen förser förståndet med idéer om sina egna aktiviteter.

Här har vi idén om en självständig yttervärld igen, inte direkt uttryckt på samma sätt som hos Demokritos, men tanken att det finns en "objektiv" yttre verklighet utanför människan som vi kan lära oss något om förefaller vara gemensam. Locke redovisar dessutom en mekanism för hur detta kan gå till.

En irländsk biskop vid namn George Berkeley (1685–1753) förde ett resonemang, bland annat med hjälp av argument om drömmar och sinnesjukdomar, om det omöjliga i att det skulle kunna finnas några objektiva kroppar utanför medvetandet. Han menade också att det inte går att tänka sig något föremål som ingen är medveten om. Därmed ansåg han att tanken på yttre kroppar utanför medvetandet var motbevisad (Berkeley, återgiven 1996).

David Humes (1711–1776) argumenterade för att människan inte har rätt att fastställa orsakssamband bara genom att konstatera att en viss händelse brukar leda till att en annan inträffar. Han menade att slutsatser om orsak och verkan var ett utslag av vanans makt och att det enda man kunde konstatera var att en viss sak har hänt ett visst antal gånger och att vi inte vet om det kommer att hända igen (Hume, 1992).

Problemet som alltså diskuterats hittills handlar om huruvida världen är precis som vi upplever den eller om den är sådan som den framstår för vårt förnuft. David Humes resonemang inspirerade Immanuel Kant (1724–1804) till att försöka reda ut vad i vår uppfattning om verkligheten som kommer inifrån, från förnuftet och vad som är en följd av erfarenheten (Levander & Westman, 1996). Samtidigt är det viktigt att nämna att Kant ansåg att alla företeelser endast existerar i förhållande till ett subjekt, det går inte att få kännedom om tinget i sig (Kant, 1781/1996). Det var det som gjorde att han ansåg att orsakssamband inte gick att fastlägga empiriskt, utan det mänskliga förnuftet gjorde det i relation till erfarenheten.

Kant ansåg alltså att både erfarenheten (eller förnimmelsen) och förnuftet har stor betydelse för hur vi uppfattar världen. Han menade att det är sinnesintrycken som ger oss information om världen, men att dessa är "färgade" av vissa ordningsprinciper hos själva förnuftet, och att dessa ordningsprinciper präglar hela vår uppfattning. Kant menade att människans medvetande inte är ett passivt "oskrivet blad" som Locke föreslog, utan istället aktivt och skapande. Medvetandet sätter sin prägel på vår uppfattning av världen (Gaarder, 1993). Kanske är det första gången någon person på allvar försökte kombinera två, till synes, oförenliga sätt att se på ursprunget till kunskap om världen.

Kants resonemang kan ses som ursprunget till det som senare kom att utvecklas till konstruktivism.

Den empiriska inriktningen utvecklades inom det beteendevetenskapliga området mot det som kallas behaviorism av personer som Ivan Pavlov (1849–1936), John B Watson (1878–1958) (Marton & Booth, 1997; Säljö, 2000b) och Herman Ebbinghaus (1850-1909) (Marton & Booth, 1997; Nationalencyklopedin, 2000a). Inom framförallt naturvetenskap utvecklades en tradition som har fått beteckningar som positivism eller logisk empirism. Behaviorism inom psykologi och empirism inom naturvetenskap utgår från liknande syn på hur människan erhåller kunskap om världen (Sjøberg, 2000; Säljö, 2000b). En empiristisk syn på lärande innebär att de fysiska erfarenheterna är grunden för vad en individ lär.

Denna syn på vetenskap och lärande präglade en hel del av den psykologiska forskningen om lärande som inledde 1900-talet. Den gav oss genom Ivan Pavlov (1849-1936) kunskap om först betingade reflexer (Hesslow, 2001) och sedan med B. F. Skinner (1904–1990) också kunskaper om operant betingning (Säljö, 2000b) som innebär att man förstärker en respons med belöning eller bestraffning av ett visst beteende.

2.1 Empirism – positivism

Ordet positivism har sitt språkliga ursprung från *positivisme*, av latinska *positivus* som betyder "satt", "given", av *pono* "sätta", "ställa" eller "lägga" (Edman, 2000).

August Comte (1798-1857) var den person som började använda begreppet positivism (Edman, 2000; Sjøberg, 2000). Syftet var att försöka bli av med de spekulativa och subjektiva beskrivningarna om hur människan når kunskap om världen. Sann kunskap uppstår genom att koncentrera sig på det "positivt" givna. I den positivistiska kunskaps-teorin vilar kunskap om faktiska förhållanden på sinneserfarenhet och kunskap som inte rör det konkreta sinneserfarenheter behandlar för-

hållandet mellan idéer. Sådan kunskap, menade man, kunde endast uppstå i formella vetenskaper som logik och matematik.

Om vi generaliserar innebär i korthet den positivistiska uppfattningen om lärandet att människan studerar omvärlden med objektiva sinnen och med sin erfarenhet drar hon småningom slutsatser eller gör generaliseringar som utgör en sann bild av den studerade verkligheten. Detta leder till att vetenskap är objektiv och värdeneutral. Forskaren (eller skoleleven) har inga förutfattade meningar och arbetar med helt öppet sinne. Alla (relevanta) data nedtecknas och utifrån denna stora mängd med data dras slutsatser i form av lagmässigheter. Detta är då den vetenskapliga kunskapen, bevisad och sann. Denna kunskap kan sedan relativt lätt överföras mellan människor, eller från en bok till en människa.

Detta sätt att betrakta förvärvande av kunskap stämmer relativt bra med vår vardagliga uppfattning om hur det går till att lära sig saker, vilket uppmärksammades av vetenskapsfilosofen Karl Popper. Han kallade detta synsätt för "the common sence conception of knowledge" (Andersson, 1989b).

Den ursprungliga empiristiska och positivistiska synen på hur människor får kunskap om världen anses idag vetenskapsfilosofiskt vara övergiven (Prawitz, 2000), men våra undervisningstraditioner bär fortfarande på mycket som har sitt ursprung i empirismen.

2.2 Konstruktivism

Den samling perspektiv som benämns konstruktivism är minst sagt brokig. I den ena extremen kan man finna den rationalistiska traditionen som utvecklades mot det som kommit att kallas kognitivism (Säljö, 2000b) och som till stor del förknippats med jämförelser mellan det mänskliga intellektet och hur en dator fungerar med olika sorters minnen och bearbetning av information. I den andra extremen finns sociala konstruktivister varav en del hävdar att såväl det enskilda jaget som de samhälleliga strukturerna är produkter av mellanmänsklig interaktion. De allra mest extrema hävdar att all kunskap över huvud taget är en social konstruktion och därmed saknar grund i objektiva observationer eller en oberoende värld (Nationalencyklopedin, 2000d).

Den medelväg som Kant inledde utvecklades i första hand av Jean Piaget (1896–1980) mot det som kom att kallas för konstruktivism. Piaget kanske är mest känd för sin stadieteori. Väldigt många exempel i hans arbete kom från naturvetenskapen, men kom att utgöra en grund för att se på lärande på ett mer generellt sätt. Piagets stadieteori kom också att bli känd för den kritik som den fått utstå (se exempelvis Donaldson, 1983). Kritiken ledde till att stadieteorin förlorade i aktua-

Frank Bach

litet. Kanske är det också på det sättet att Piagets allmänna arbete inriktat mot vad kunskap är och den bildas har, likt "barnet med badvattnet", åkt ut samtidigt som stadieteorin. För en del konstruktivister har emellertid denna del av Piagets arbete haft stor inverkan på hur man idag ser på lärande och kunnande. Det är på den traditionen som denna studie bygger.

Det är dock inte enbart inom pedagogik och närliggande områden som konstruktivismen utvecklats. Vetenskapsfilosofi inom det naturvetenskapliga området har också haft stort inflytande på tankar om hur kunskap om världen växer. Till exempel var Albert Einstein en av dem som uppmanade Piaget att gå vidare med sin forskning om vad kunskap är och hur den uppstår (Sjøberg, 2000). Einsteins egen syn framgår av ett citat ur "The evolution of Physics" från 1938 (Sjøberg, 2000):

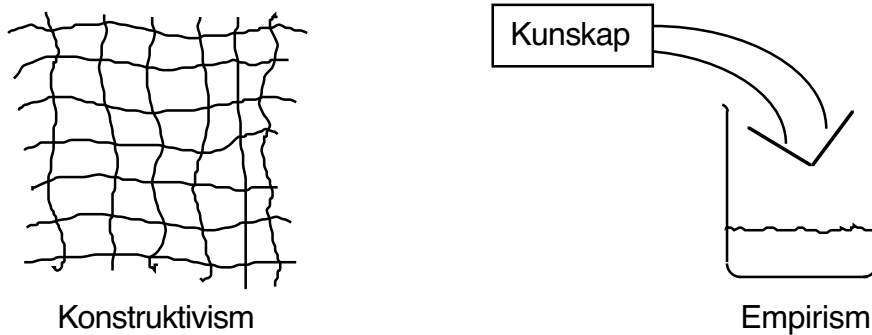
Fysikaliska begrepp är fria konstruktioner, skapade av människors intellekt. Även om det kan se så ut, är de inte entydigt bestämda av den yttre verkligheten.

På samma sätt som Kant verkar Einstein se kunskapstillväxt som en kombination av erfarenheter och "förnuftets" arbete. För 1900-talets vetenskapsfilosofer blev det alltmer uppenbart att de empiristiska idéerna hade stora brister. Det var inte självklart att det var möjligt att göra förutsättningslösa observationer. Karl Popper, Imre Lakatos (Chalmers, 1996; Cross, 2000) och Thomas Kuhn (Kuhn, 1962) bidrog på olika sätt att klargöra att observationer är teoriberoende (paradigmberoende eller forskningsprogramberoende).

Både diskussionerna inom naturvetenskapen och inom delar av pedagogiken ledde till framväxten av konstruktivismen som ett sätt att betrakta vad kunskap är och hur den växer till både inom forskning och när människor lär i största allmänhet.

2.3 Jämförelse mellan konstruktivism och empirism

För att förklara skillnaderna mellan empiristiskt och konstruktivistiskt sätt att föreställa sig hur kunskap om världen uppstår kan man använda sig av olika jämförelser. En svårighet med jämförelser är att de nästan aldrig fångar hela skillnaden eller beskriver den helt rättvist. Därför behövs flera olika beskrivningar för att få en någorlunda rättvis bild. Här kommer en första.



Figur 1.1. Jämförelse mellan konstruktivistisk och empiristisk syn på lärande. Lärande enligt konstruktivistisk synsätt kan liknas vid att knyta ett nät, ett empiristisk vid att fylla på ett kärl.

Naturligtvis är jämförelsen orättvis och förenklad, men kan hjälpa till att fokusera en skillnad. En konstruktivistisk tanke är att man inte kan betrakta elever som tomma lådor färdiga att fylla kunskap i eftersom man utgår från att eleverna har en rad föreställningar "med sig". Uttrycket att "ha med sig" begreppen ger dock en alltför statisk bild av vad som menas med ett begrepp. Detta behandlas strax.

Tabell 1.1. Jämförelse mellan empiristisk och konstruktivistisk syn på lärande och kunnande (Children's Learning in Science Project, 1987)

	Empirist	Konstruktivist
Lärarens roll	Överför kunskap	Tillhandahåller erfarenheter som gör det möjligt för eleverna att konstruera mening
Elevens roll	Absorberar passivt information	Konstruerar aktivt mening
Intellektuellt tillstånd hos eleven	Tom eller omfattar lätt utbytbara idéer	Omfattar ofta starka idéer grundade på tidigare erfarenheter
Lärandet beror av	Den yttre inlärningsmiljön; lärare, klassrum, böcker och experiment	Den yttre lärandemiljön <u>och</u> elevernas idéer och erfarenheter
Att lära är	som att fylla tomma lådor	att justera eller ändra existerande idéer/begrepp
Att kunna innebär	att komma ihåg	att kunna relatera (och komma ihåg) och använda i nya situationer
Kunskap är	något som finns "där ute", d.v.s. oberoende av den som kan	något som konstrueras av varje individ

Även tabellen lämnar en del frågor efter sig. För att göra skillnaderna tydliga mellan perspektiven blir det empiristiska synsättet väl naivt och det konstruktivistiska en aning "extremt". När det gäller det senare kan man nästan få intrycket att läraren i det närmaste lämnar eleverna åt sig själva att konstruera sin bild av "världen" och att lärandet utslutande är personligt. Man kan också få intrycket att begrepp och kunnande är något som kan utvecklas från ett tillstånd till ett annat. Det är då man lärt sig något. Detta intryck kan bero på att man beskriver lärandet som en justering eller förändring av existerande begrepp.

Piaget tänkte sig dock inte att begreppen och kunskaperna¹ var statiska och något som man bar med sig från en situation till en annan. Istället beskrevs kunnande och lärande som något mycket dynamiskt med begreppet tankestruktur som en av tre nyckelidéer (Andersson, 2000a). Det är när tankestrukturerna är aktiva som begreppen, minnen och andra mentala "fenomen" skapas. Dessa finns alltså inte statistiskt lagrade i huvudet på oss, utan är föränderliga beroende av i vilken situation de kommer att användas. Det är strukturerna som konstrueras (förändras) och inte begreppen i sig när man lär sig något. Förändringarna i strukturerna sker på grund av att människan strävar efter att vara i tankemässig jämvikt och om denna störs strävar hon efter att tänka om för att återställa balansen. Att hon överhuvudtaget hamnar i situationer där obalans i jämvikten kan uppstå tillskrivs bl.a. människans nyfikna natur (Andersson, 1985).

Sammanfattningsvis är, för denna studie det viktigaste, draget i konstruktivismen att allt vi upplever är kopplat till våra föreställningar och erfarenheter. Man kan inte uppfatta något helt neutralt. Sättet att uppfatta "stys" av föreställningsvärlden. Detta öppnar dörrarna ordentligt för elevperspektivet.

Piagets arbeten ledde till att elevperspektivet aktualiserades på två sätt. Det ena var på ett mer generellt plan med stadieteorin och det andra var att intresset ökade för elevernas föreställningar om olika företeelser i omvärlden. Det senare ledde till att forskare inom naturvetenskaplig undervisning började ställa frågor om vilka uppfattningar elever kan ha om ljus, elektricitet, evolution, materiens byggnad och många andra områden. Det naturvetenskapliga innehållet tolkat genom eleverna blev ett viktigt forskningsområde och har varit så i snart 25 år. Det framstod allt tydligare att den kanske viktigaste faktorn för att undervisning skall kunna bli framgångsrik är att försöka ta reda på elevernas föreställningsvärld och undervisa utifrån denna (Ausubel, 1968).

2.3.1 Subjekt–objektrelation i konstruktivism och fenomenografi

Tidigare under den historiska genomgången av olika försök att lösa lärandets gåta kategoriserades i två grupper, de som menade att kunnandet på något sätt var en avbildning av verkligheten utanför och de som menade att kunnande byggdes upp inifrån. Gemensamt för alla var dock en uppdelning mellan en yttre värld och en inre föreställningsvärld. Kants och Piagets arbeten presenterades som ett

¹ Notera att orden kunskap och kunnande används för att poängtera skillnad mellan kunskap som objekt och kunnande som mer aktivt och dynamiskt

Frank Bach

försök att integrera de båda synsätten. Furth (1969) beskriver Piagets uppfattning om kunskap på följande sätt:

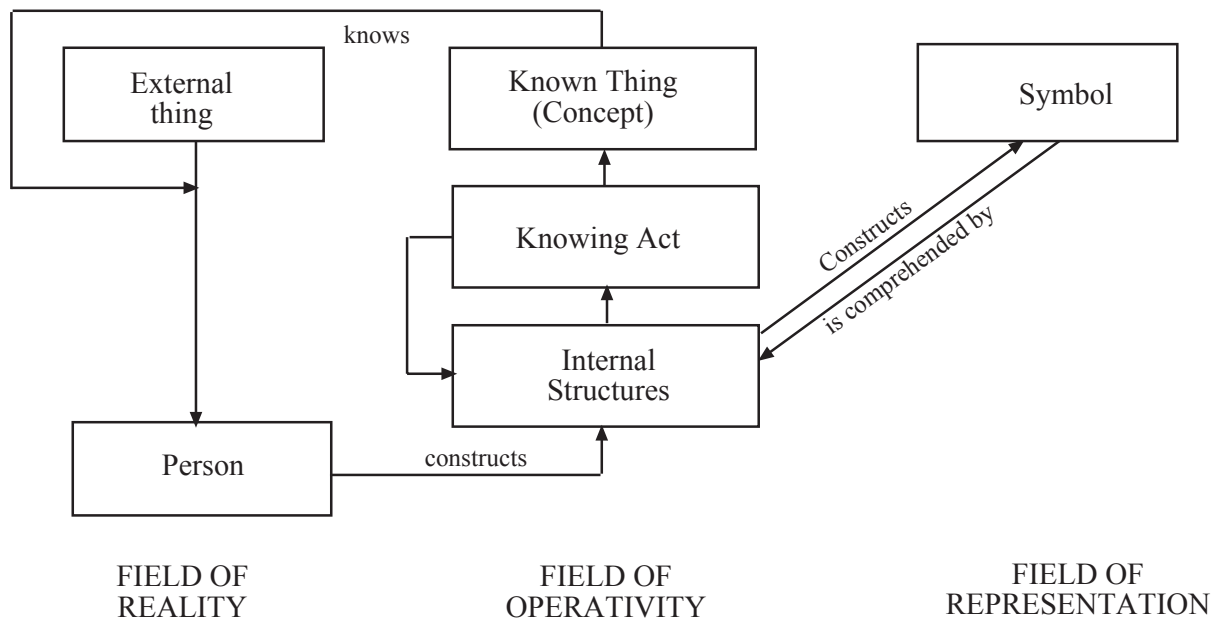
His (Piagets) biological notion of an organism in constant interaction with its milieu is a rather commonplace notion, one would think; but this view has for Piaget the special implication that development and evolution are seen as intrinsic characteristics of the biological knowing process and not as events outside that process. On the level of the theory of knowledge, this notion corresponds with the thesis that knowledge is neither solely in the subject, nor in a supposedly independent object, but is constructed by the subject as an indissociable subject-object relation (sidan 19).

Här poängteras att kunskap (eller kunnande) konstrueras av ett subjekt som en oupplöslig relation mellan subjektet och objektet. Lite senare i texten kan man läsa:

Most importantly, through interlocking mutual coordination's of actions the child reaches the stage of the first basic invariant of all knowledge, that is, the formation of the object, of a thing "out there", independent in existence from his own action. At this point of development, we witness the beginning of a clear separation between the known thing, namely the object, and the knowing person. Knowledge, in the full sense of its human meaning, is found right between these two terms; for knowledge is about our way of expressing the mutual relation of the knower to the known.

Här lyfts fram två saker. Den ena är att det lilla barnet börjar urskilja skillnaden mellan sig själv och föremål utanför sig själv. Detta ses som ett första steg att separera ut en invariant. Den andra är att mänskligt kunnande ses som en relation mellan subjekt och objekt.

Furth (1969) försökte också beskriva kunnandets "natur" i en figur, men han gjorde det med viss tvekan, eftersom han menade att "operativ intelligens" på grund av sin dynamik inte låter sig representeras av en statisk figur.



Figur 2.1. Schematisk beskrivning av kunnandets "natur"

I figuren kan man se att i "field of operativity" sker ingen uppdelning i "yttre och inre".

Inom fenomenografin presenteras kunnande på ett liknande sätt. Världen är inte en "subjektiv" konstruerad värld och inte heller en reell värld utanför människan. Istället konstitueras världen som en "intern relation" mellan den "yttre" och "inre" världen. Detta leder till att det bara finns en värld – en värld som vi upplever, en värld som vi lever i och som är vår (Marton & Booth, 1997).

Epistemologiskt verkar det inte skilja särskilt mycket mellan konstruktivism och fenomenografi, möjligen är skillnaden när det gäller ontologi större. Den här presenterade konstruktivismen är tydlig med att fastslå existensen av en värld oberoende av människor (se exempelvis von Glaserfeldt, 1992). När det gäller fenomenografin är det lite annorlunda. Världen är den erfarna världen, eller den av alla människor tillsammans erfarna världen. Med ett sådant antagande faller frågorna om epistemologi och ontologi samman till en.

Just när det gäller naturvetenskap är denna skillnad mellan konstruktivism och fenomenografi intressant. Ett utmärkande drag hos naturvetenskaperna är att skapa modeller för att hantera den komplexa världen. Man kan ha olika syn på vilken status dessa modeller har. En är att se dem som mer eller mindre bra avbildningar av världen och ju mer sofistikerade de blir desto närmare "sanningen" kommer modellen. Ett annat sätt att se på modellerna är att tänka sig

dem som tankekonstruktioner som kan provas mot naturen med olika experiment för att avgöra vilken validitet och förmåga att förklara och förutsäga händelser de har. I det senare fallet gör man inget anspråk på att modellerna beskriver världen som den är eller nästan är. Det intressanta i just detta sammanhang är att man gör en uppdelning mellan modellen och de fenomen den beskriver och förklarar. Det råder ingen tvekan om att det är människor som skapat modellerna och inte heller att det finns stora fördelar att se dem som just modeller och inte som avbildningar av verkligheten. En fråga som jag har svårt att finna ett riktigt bra svar på är hur modellerna skulle beskrivas inom fenomenografi. Med tanke på vilken roll resonemang om naturvetenskapliga modeller har i mitt avhandlingsarbete passar en konstruktivistisk syn bättre då den "tillåter" uppdelning.

Tidigare (på sidan 5) nämndes att det även är intressant för studien med en diskussion om huruvida lärandet ses som erövrande av kunskap eller som "legitimt perifert deltagande" alternativt "lärlingskap i tänkande" (Sfard, 1998). Sfard (1998) har gjort en jämförelse mellan det hon kallar för erövrande- och deltagandemetaforerna för lärande.

Tabell 2.1. Jämförelse mellan erövrande- och deltagande-metaforerna för lärande, kunnande och undervisning

	Erövrandedemetaforen	Deltagandedemetaforen
Målet med lärandet	Individuell utveckling	Att tillhöra en viss del av samhället
Lärande	Erövrande av någonting	Att bli en deltagare
Student	mottagare, konsument, rekonstruktör	Perifer deltagare, lärling
Lärare	Leverantör, förmedlare, inspiratör	Bevarande deltagande expert
Kunskap, begrepp	Egenskap, egendom, vara	Aspekt av praktik, aktivitet
Att kunna	Att ha kunnande, äga kunskap	Att tillhöra, delta, kommunicera

Jämförelsen sätter fokus på om lärande innebär att kunskap är objekt som erövrar eller om man istället skall se kunskap som en aktivitet som utvecklas genom att bli en alltmer förtrogen deltagare i en social praktik med ett visst syfte.

Erövrandedemetaforen innebär att kunskap är ett objekt som på ett eller annat sätt skall erövrar och därefter ägs av någon. Just detta är ett

problem som karaktäriseras av de svårigheter som tidigare benämnts med Menos Paradox. Å andra sidan medför en alltför kraftig betoning av deltagandemetaforen att det uppstår problem med att kunna förklara hur människor kan överföra kunnande från en situation till en annan.

Det är emellertid svårt att få Furths beskrivning av Piagets teori om kunskap ovan (sidan 14) att passa in i någon av metaforerna. I den är begrepp och kunnande något som uppstår i den situation och i det ögonblick de används och är inte något entydigt fast och fixt som en person bär med sig genom livet. Däremot kan man säga att de strukturer som utvecklas hos individer gör att tänkandet har en tendens att ta en viss riktning som kan vara gemensam för en mängd olika situationer.

I boken "Educational Psychology: A Cognitive View" (Ausubel, 1968) finns ett kapitel som handlar om begrepp och begreppsbildning. I detta kan man läsa:

The concept meanings represented in a given language, therefore, may be thought of as both a product or reflection of culture and as a patterning or limiting factor in the cognitive development of the individual carriers of the culture. It reflects the idiosyncratic kinds of, and approaches to, categorization, as well as the characteristic attitudes, values, and ways of thinking, that prevail in a given culture. Once constituted, then, the structure of a language, and the conceptual and syntactic categories it contains, definitely influence, in turn, the perceptual and cognitive processes of the developing individual. He learns to perceive, think, and acquire new meanings selectively in terms of the classificatory schemes available to him in his mother tongue; if the latter fails to recognize certain conceptual distinctions, he is greatly handicapped in making them himself. Thus, characteristic patterns of thought in a particular cultural affect the nature of the language that evolves; and the language reciprocally patterns and limits perceptual and cognitive experience and the types of thinking in which individual members of the culture engage (sidan 508)

Den individuella utvecklingen kopplas i citatet intimt ihop med kultur och språk. Dessa två sidor presenteras som två olika, men oskiljaktiga aspekter av samma sak, nämligen lärandet.

Understundom kan man urskilja en kamp mellan olika sätt att beskriva kunnande och lärande och skiljelinjen går ungefär mitt i tabellen ovan. Om man vill leka med tanken lite kan man dock göra en jämförelse mellan hur man löste en till synes olöslig konflikt inom fysiken i början på 1900-talet och diskussionen mellan företrädare av olika paradig när det gäller lärande och kunnande. Det handlar om huruvida man skulle betrakta ljus som en vågrörelse eller en partikelström (samma problematik gällde även materien). Niels Bohr föreslog det han kallade för komplementaritetsprincipen; ibland beskrivs ljus

(eller materia) bäst som vågrörelse och ibland bäst som partiklar. Kanske är det samma sak med olika perspektiv på lärande och kunnande; de kan betraktas som komplementära och båda nödvändiga istället för konkurrerande och uteslutande (Emanuelsson, 2000; Sfard, 1996, 1998).

I vilket fall som helst är konsekvensen av diskussionen om erövrande- och deltagandemetaforen för den här studien att betrakta lärandet som något som sker individuellt men är socialt medierat (Andersson, 2000a) och att aspekter från båda metaforerna finns med. En viktig faktor vid utvecklandet av förslaget till undervisningssekvensen har varit att föreslå situationer med socialt "förhandlande" om olika betydelser och sätt att tänka angående innehållet i undervisningen.

2.3.2 Rekommendationer för undervisning

Konstruktivismen är ingen teori för undervisning. Däremot kan den inspirera till att fundera över hur undervisning bör gå till. Det har åtskilliga personer gjort och här följer en sammanställning av en del av dessas strävanden.

2.3.2.1 En modell för begreppsförändring

När det gäller naturvetenskaplig undervisning är ett nytt sätt att förstå ett fenomen på måhända ett mål. Det är därför intressant att fundera över vilka förutsättningar som måste vara uppfyllda för att detta skall kunna ske. Posner, Strike, Hewson, & Gertzog (1982) anger följande faktorer som viktiga för att en kvalitativ förändring i förståelse skall kunna uppstå:

- Man måste vara missnöjd med nuvarande begrepp
- Alternativet måste vara begripligt
- Alternativet måste också vara användbart
- Ett nytt begrepp skall också omfatta möjligheten till att utvidgas och öppna nya områden för undersökning.

För att den kvalitativa förändringen skall ha större möjlighet att ske i en viss riktning kan följande vara av betydelse.

Anomalier

Karaktären på de misslyckanden en idé leder till är en viktig faktor i valet av efterträdare.

Analogier och metaforer

Analogier och metaforer kan stödja nya idéer och göra dessa begripliga.

Ideal om vad som är kunskap

- a. De flesta områden har några ämnesrelaterade ideal om vad som betraktas som goda förklaringar.
- b. Generella ideal för kunskap som är gemensam för alla discipliner såsom elegans, enkelhet, och att inte vara belastade med ad hoc-förklaringar.

Metafysisk tro och begrepp

- a. Metafysisk tro om naturvetenskap: Uppfattningar om att symmetri, ordning eller icke slumpmässighet i naturen ofta är viktiga inom naturvetenskapligt arbete kan leda till att vissa förklaringsmodeller förkastas eller accepteras. Föreställningar om relationen mellan erfarenheter i vardagen och naturvetenskap är också en viktig faktor.
- b. Metafysiska begrepp om naturvetenskap: En del av de naturvetenskapliga begreppen har en metafysisk karaktär i det avseendet att det inte går att vare sig finna bevis för eller emot dem. Exempel på sådana kan vara tron på absolut tid eller rymd.

Annan kunskap

Kunskap inom andra områden eller konkurrerande begrepp har betydelse; En grundval för valet av ett nytt begrepp är att det är mer lovande än sina konkurrenter.

Författarna (Posner m.fl., 1982) kom fram till att anomalier och studenternas grundläggande uppfattningar om naturvetenskap och om kunskap är de två viktigaste faktorerna när det gäller möjligheterna till begreppslik förändring. Om studenterna tar anomalierna på allvar kan det leda till att de blir alltmer missnöjda med sina begrepp och då blir det allt troligare att de är beredda att skapa nya.

Grundläggande uppfattningar om vad naturvetenskap är och vad som karaktäriserar kunskap inom området formar den bakgrund mot vilken överväganden om den nya kunskapens relevans och trovärdighet görs. Om studenterna inte har en medvetenhet om detta kommer de att vara tvungna att acceptera nya teorier och begrepp utan rationell grund och mer för att läraren säger så eller att det står i boken.

Vidare föreslår man, bland andra, följande strategier för undervisning:

- Utveckla lektioner, demonstrationer, problem och laborationer som kan användas för att åstadkomma kognitiva konflikter hos studenterna.
- Organisera undervisningen så att en avgörande andel av tiden avsätts för att diagnostisera studenternas resonemang och att

identifiera försvarsreaktioner hos studenterna som kan leda till att studenterna undviker ackommodation.

- Presentera innehållet på flera sätt (ex. muntligt, matematiskt, praktiskt-konkret, bilder) och hjälpa studenter att översätta mellan de olika representationssätten.

Avslutningsvis tar de upp lärarens roll när det gäller att förmedla det som kan kallas för "nature of science". De menar att det är viktigt att visa på kraven på konsistens mellan teori och empiri, att vara på jakt efter sparsamhet när det gäller vad man tror på och att vara skeptisk till ad-hoc-satser i teorier samt att kritiskt värdera huruvida avvikelser mellan resultat kan vara "rimligt överensstämmande" med teorin.

2.3.2.2 Fler konstruktivistiskt inspirerade undervisningsstrategier

Följande framställning bygger i huvudsak på en forskningsöversikt (Scott, Asoko, & Driver, 1992) om undervisningsstrategier. I denna föreläsning författarna tre hierarkiskt ordnade områden där det krävs pedagogiska överväganden. Det första handlar om att läraren måste se till att odla en god lärandemiljö. En sådan ger till exempel tillfälle till diskussioner och möjligheter att överväga andra ståndpunkter och argument. Det andra området handlar om att välja undervisningsstrategier. Dessa ses som övergripande guider för sekvensering av undervisningen inom det speciella innehållsområdet. Det tredje området berör val av uppgifter avsedda för lärandet.

Författarna föreslår fyra faktorer som bör övervägas för att avgöra lämplig undervisningsstrategi.

- Elevernas/studenternas förföreställningar och attityder: För en mängd olika naturvetenskapliga områden är numera elevers/studenters förföreställningar väl undersökta och dokumenterade. Nu behöver denna kunskap komma till användning för utveckling av undervisning.
- Egenskaperna hos det tänkta resultatet av lärandet: traditionellt sett har logiska analyser utgjort huvudsakligt fokus vid planering av undervisning.
- En analys av intellektuella krav på eleverna/studenterna för att utveckla eller ändra det begreppsliga kunnandet: denna analys fokuserar på egenskaper hos den intellektuella resa som krävs av eleven/studenten för att utvecklas från existerande föreställningar till det tänkta resultatet av lärandet.

- Övervägande av tänkbara undervisningsstrategier för att hjälpa elever/studenterna ta steget från nuvarande föreställningar till de naturvetenskapliga.

Resten av översiktsartikeln handlar om olika undervisningsstrategier. Gemensamt för alla är att de som ett inledande steg på något sätt lockar fram elevernas/studenternas föreställningar om innehållet. Undervisningsstrategierna skiljer sig åt på andra sätt och har därför delats in i två huvudgrupper och flera undergrupper: En av huvudgrupperna innehåller de undervisningsstrategier som utgår från kognitiva konflikter och lösning av dessa. Exempelen från den andra gruppen tar sin utgångspunkt i att försöka bygga vidare på elevernas existerande föreställningar, exempelvis genom analogier och metaforer, till en ny kunskapsdomän. Strategierna ur denna grupp går ut på att skapa situationer som kan utgöra länkar ("scaffolding") till nya sätt att tänka.

I gruppen som fokuserar kognitiva konflikter har författarna identifierat två understrategier. Den ena tar sin utgångspunkt i att utsätta eleverna/studenterna för situationer där deras egna idéer skall möta händelser som skall leda till insikt om att det råder en konflikt mellan den egna föreställningsvärlden och det man upplever, för att därifrån kunna gå vidare och bygga vetenskapliga föreställningar.

Strategier i den andra undergruppen lyfter fram konflikter mellan olika sätt att se på "samma händelse" och att man ibland tänker på det ena sättet och ibland på det andra. En strategi kan då gå ut på att synliggöra olika sätt att föreställa sig ett begrepp och kontrastera dem mot varandra för att se konflikterna mellan dem och utveckla någon av dem vidare.

En strategi i denna grupp kan se ut så här:

- Planeringsfas: läraren måste förstå den naturvetenskapliga föreställningen, elevernas/studenternas föreställningar och sin egen. Denna fas betonas som särskilt viktig.
- Fokuseringsfas: ge tillfälle för eleverna/studenterna att undersöka sammanhanget/n för de aktuella begreppen, helst i en vardaglig situation. Eleverna/studenterna skall engageras till att klarlägga egna föreställningar.
- Utmaningsfas: Debatt om för- och nackdelar med deras nuvarande föreställningar varefter läraren introducerar den vetenskapliga modellen (om nödvändigt)
- Tillämpningsfas: ge tillfälle att prova de nya idéerna i flera olika kontexter.

En viktig erfarenhet som författarna gjort är att eleverna inte tar emot den vetenskapliga modellen med särskilt stor entusiasm förrän den kunde bedömas som "intelligible" och "plausible" (begriplig och rimlig), genom experiment, demonstrationer och/eller analogier.

Undervisningsstrategierna i den andra huvudgruppen utgår alltså, i motsats till dem i förra huvudgruppen, från att ta vara på elevernas/studenternas existerande idéer och utveckla dem mot den vetenskapliga ståndpunkten. En del av dessa strategier tar sin utgångspunkt i analogier för att försöka utnyttja den intuitiva kunskap som är utvecklingsbar och undvika den som har lägre utvecklingspotential. Strategierna utgår från att "conceptual change" kan uppstå genom att studenterna/eleverna får tillfälle att bygga upp kvalitativt-intuitivt kunnande innan de försöker behärska kvantitativa principer. För att göra detta utnyttjas analoga situationer, vilka eleverna/studenterna intuitivt förstår på ett sätt som liknar det vetenskapliga sättet. Ett exempel kan vara problemet med kraft och motkraft. Ett vanligt sätt att resonera är att exempelvis ett bord inte utövar någon uppåtriktad kraft på en bok som ligger på bordet. En analog situation kan då vara en person som håller en bok i handen och då är det för många intuitivt lättare att föreställa sig den uppåtriktade kraften. Denna analogi utnyttjas då för att föra resonemanget vidare genom att låta studenterna göra jämförelser mellan de två exemplen i avsikt att etablera relationerna i analogin. Om studenten inte accepterar analogin försöker läraren finna en överbryggande analogi som begreppsligt ligger mellan de två ursprungliga exemplen.

En annan variant inom denna grupp tar sin utgångspunkt i att vardagsföreställningar och vetenskapliga föreställningar kan samexistera och att eleverna/studenterna utvecklar ett vetenskapligt kunnande genom att lära sig skillnaderna mellan vardagstänkande och vetenskapligt tänkande.

Författarna (Scott m.fl., 1992) jämför olika undervisningssekvenser med avseende på fyra olika aspekter.

Elevernas/studenternas föreställningar och idéer.

Gemensamt för alla de undersökta undervisningsstrategierna är att elevernas/studenternas existerande idéer och föreställningar lyfts fram i ljuset och används som ett innehåll i undervisningen. Detta görs på några olika sätt:

- genom explicit utforskning av förekommande idéer i klassen.
- som bakgrund när man väljer utgångspunkter för undervisningen
- som bakgrund vid utformandet av undervisningsplanen/kursplanen.

Ett exempel på den sistnämnda punkten är en undervisningssekvens som istället för att utgå från begreppet kraft i mekanikundervisningen tar fasta på elevernas/studenternas intuitiva idéer om föremål i rörelse. Dessa idéer innebär att det finns något som håller föremål igång. Detta "något" ges namnet rörelsemängd och blir därigenom möjligt att bygga vidare på för att komma åt andra begrepp som exempelvis kraft.

Konfliktens egenskaper och roll

En konfliktstrategi för undervisning är beroende av att den som lär har möjlighet att och är villig att identifiera och lösa konflikten. Även de undervisningsstrategier som inte tar sin utgångspunkt i kognitiva konflikter har ett element av potentiella konflikter. Dessa är mellan den accepterade vetenskapliga teorin och de idéer elever/studenter antingen har med sig till undervisningssituationen eller konstruerar som en konsekvens av den. Det är dock inte säkert att de studerande är medvetna om existensen av eller relevansen hos konflikten även om läraren ser den. Även om konflikten är meningsskapande kan man inte med säkerhet veta att den leder till det önskade skapandet av kunskap.

Författarna identifierade fyra olika ställningstaganden när det gäller detta i de studerade undervisningsstrategierna.

- Konflikten måste identifieras av den studerande tidigt i undervisningen
- Ett "alternativt sätt att se" introduceras och konflikterna lyfts fram senare
- Konflikter kan uppstå eller förekomma men ses inte som något viktigt i förhållande till lärande
- Medvetet försöka undvika konflikter för de som lär

De vetenskapliga begreppens tillblivelse

Om de vetenskapliga begreppen skall kunna utgöra ett alternativ till de vardagliga måste de upplevas som begripliga. I de undervisningsstrategier som tar sin huvudsakliga utgångspunkt i kognitiva konflikter finns en tendens till ett antagande om att bättre alternativ kommer att genereras från några i undervisningsgruppen. Alternativen förväntas därefter delas av de andra genom diskussion och experimentellt arbete.

Det är dock inte alltid så att detta fungerar och författarna hävdar att naturvetenskapliga begrepp inte endast är individuella konstruktioner som utvecklats för att göra erfarenheter begripliga. Istället menar de

att det är frågan om "sätt att se" eller "sätt att förstå" som utvecklats i en mänsklig kultur, och att dessa behöver "överföras" genom den naturvetenskapliga kulturen snarare än "upptäckas" genom personliga sinneserfarenheter. De naturvetenskapliga begreppen och teorierna görs tillgängliga för eleverna/studenterna och deras meningar "förhandlas" med dem.

Utvärdering och användning av de naturvetenskapliga begreppen

Det räcker inte med att de som lär lyckas konstruera och förstå en vetenskaplig idé. Ytterligare en aspekt är vilken status det vetenskapliga synsättet får för eleverna/studenterna. Det är fullt möjligt att de förstår men inte ser den vetenskapliga föreställningen som en bra representation av hur verkligheten är beskaffad. De kanske gör en utvärdering i förhållande till "nyttan" de kan ha av det vetenskapliga synsättet, eller hur fruktbart det är (Hewson, 1981), och då kan det vara viktigt att hjälpa dem att uppskatta tillämpligheten av "särskilda sätt att se på världen" i olika utvalda kontexter. Ytterligare ett utvärderingsmått kan vara frågan om hur generellt det nya "sättet att se på världen" är.

Shapiro (1994) påpekar vikten av elevernas aktiva deltagande i lärandet genom att kraftigt betona den känslomässiga sidan av lärandet, betydelsen av att vara personligt engagerad och att själv aktivt konstruera mening i kunskaperna. Hon kommer med förslag på projektarbeten och andra arbetsformer som tydligt fokuserar innehållet i lärandet snarare än synliga produkter som resultat av arbetet.

2.4 Undervisningssekvenser som forskningsområde

Undervisningssekvenser är ett nygammalt område. På 1960-talet dök programmerad undervisning upp som en följd av Fredrik Skinners (1904-90) (Husén, 2000) inlärningspsykologiska arbeten (Nationalencyklopedin, 2000c; Ågren, 1999). I korthet gick denna ut på att dela upp det material som eleverna skulle lära sig i små genomtänkta delar och presentera dessa i sekvens med ökande svårighetsgrad. På detta sätt kunde eleverna jobba i sin egen takt och undervisningen blev individualiserad. För att få eleverna att lära sig det avsedda och bli motiverade användes något som kallades för operant eller instrumentell betingning, vilket går ut på att önskade beteenden belönas och icke önskade beteenden "bestraffas" (Husén, 2000; Marton & Booth, 1997; Säljö, 2000b).

Undervisningsmetoderna från denna tid har numera i stort sett övergetts, utom möjligen i samband med vissa "lek och lär-program" till datorer där de under 1990-talet fick nytt liv (Nationalencyklopedin, 2000c). Idag bygger de flesta undervisningsstrategier istället på någon

tradition med elevernas förståelse som utgångspunkt (se tidigare kapitel).

Denna tradition har lett till framtagandet av modeller för systematisk utveckling eller utvärdering av undervisning (Andersson, 2000c; Andersson & Bach, 1995; Duit, 2000; Leach & Scott, 2000). I dessa är analyser av elevgruppens föreställningsvärld (före undervisning) och av det naturvetenskapliga innehållet gemensamma utgångspunkter. I mitt avhandlingsarbete har följande modell använts:

1. Analys av det naturvetenskapliga innehållet inklusive historisk utveckling.
2. Analys av forskningsresultat angående elevers föreställningar inom det aktuella området.
3. Karaktäristik av elevers föreställningar i förhållande till naturvetenskapens [the learning demand (Leach & Scott, 2000)]
4. Analys av andra undervisningsförsök
5. Studium av läroplanen
6. Genomgång av skäl för undervisning om det aktuella området i grundskolan
7. Formulering av mål för området
8. Konstruktion/val av uppgifter som prövar om olika mål är uppnådda eller ej.
9. Konstruktion av undervisningssekvens där ovanstående punkter vägs in, men också lärarerfarenheter och ämneskunskaper.
10. Studium av undervisningen med avseende dels på långsiktig behållning, dels hur lärarna upplever att arbeta med undervisningssekvensen
11. Revision och vidareutveckling av undervisningssekvensen

De olika komponenterna hänger ihop och det är svårt (och är inte heller meningen) att tänka på en utan att ta med några av de andra samtidigt. Den följande framställningen bygger i stort på denna modell men ordningen är inte strikt densamma. Ytterligare diskussion om modellen följer i metodkapitlet.

2.4.1 Problem med undervisningssekvenser som forskningsområde

Leach & Scott (2000) presenterar olika problem som berör forskning om undervisningssekvenser. Dessa kan sammanfattas i punktform:

- Den ofta använda metoden för att avgöra undervisningens effektivitet med för- respektive eftertest utelämnar ofta möjligheten att jämföra med traditionell undervisning

- Om sådana jämförelser görs är det svårt att finna ett instrument som inte favoriserar experimentundervisningens uppläggning.
- Det är svårt att konstanthålla viktiga variabler som exempelvis undervisningstid, kostnader och lärarnas attityd till och förståelse av olika undervisningsstrategier
- En undervisningssekvens kan inte bedömas vara bättre än någon annan utan kommentarer om lärarnas roll när det gäller att påverka elevernas motivation och hur lärarna engagerar eleverna genom samtal.

Ytterligare behandling av dessa frågor följer i metoddelen senare.

Det finns också ett problem med ordet undervisningssekvens då det kan locka till att tänka på "programmerad undervisning" lik den som presenterades i förra avsnittet. Därför kommer ofta termen "förslaget till förändrad undervisning" fortsättningsvis att användas istället för "undervisningssekvens".

3 Idéhistorisk utveckling av geometrisk optik

I genomgången ovan framhölls elevernas/studenternas föreställningar som en mycket viktig faktor när det gäller planering av undervisning. Den historiska utvecklingen inom ett område kan ge värdefull information om olika möjliga sätt att förstå ett kunskapsområde. Den följande framställningen lyfter fram några intressanta idéer om seende samt ljusets utbredning och egenskaper² i förhållande till elevernas lärande.

3.1 Seende – tre modeller från antiken

Under det femte och fjärde århundradet före Kristus fördes, inom den Grekiska kulturen, en intensiv diskussion om hur det går till när vi ser ett föremål. I huvudsak tre modeller fördes fram. Empedokles (500-430 f Kr) förklarade seendet med två flöden av motsatt riktning. Ett från ögat mot föremålet och ett från föremålet mot ögat.

Atomisterna föreslog en annan lösning. De propagerade för ett flöde enbart utifrån och in. Leukippos ansåg att ett slags bilder, kallade eidola, lösgjorde sig från föremålets yta och förde egenskaper såsom form och färg till själen.

En tredje ansats för att förklara länken mellan föremålet och ögat företräddes av pythagoréerna, vilka tänkte sig att seendet kunde förklaras uteslutande av en osynlig eld, som ögat sände ut och som avslöjade föremåls färg och form. Det är alltså primärt fråga om ett flöde inifrån och ut.

² Framställningen här bygger i stor utsträckning på UG-95 – Optik, (Andersson et al., 1997) och "The nature of light" (Ronchi, 1970). Övriga källor refereras.

3.2 Begreppet stråle skapas

Euklides (300-talet f Kr) menade att seendet enbart förklaras med att något går från ögat och ut. Han skapade begreppet stråle och presenterade sina idéer i 14 postulat. Några följer här:

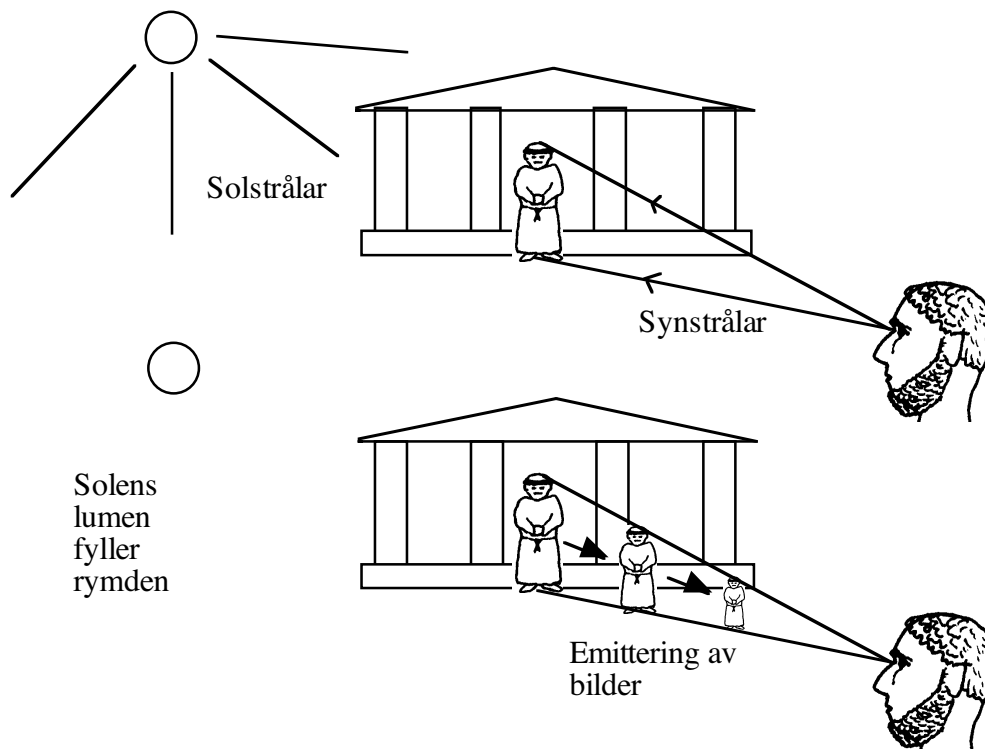
1. Strålarna, som utsänds av ögat, färdas rätlinjigt.
2. Den figur, som synstrålarna omsluter, är en kon med spetsen vid ögat och basen vid kanten på det föremål man betraktar.
3. Föremål, på vilka synstrålarna faller, ses.
4. Föremål, på vilka synstrålarna inte faller, ses ej.

13. Alla strålar har samma hastighet.

Euklides viktigaste bidrag till utvecklingen av optiken är alltså idén om en stråle, men även idén om att strålarna formar en kon finns kvar i dagens geometriska modell för ljuset. Riktningen är dock den motsatta.

Intuitivt kan Euklides synstrålar verka tilltalande. Då vi ser vanliga föremål upplever vi oss själva som aktiva. "Blicken" riktas mot föremål, och tillskrivs en mängd olika egenskaper som exempelvis att vara genomträngande, intensiv, pigg och så vidare. Det ligger nära till hands att tänka sig, att något utgår från ögonen istället för tvärt om.

Atomisterna, som förespråkade idén om att en slags bilder, eidola, lösgjordes från föremålet och färdades mot ögat övertygades inte av synstrålemodellen. En relativt långvarig utväxling av olika idéer vidtog och utvecklingen kom att gå vidare i de arabiska kulturerna.



Figur 3.1. Olika uppfattningar av seendet under antiken.

3.3 Punktformig avbildning

Alkindi (813-873) föreslog, på grund av sitt arbete inom anatomi, att seendet orsakas av en fysiologisk påverkan utifrån och Alhazen (965-1039) förde resonemanget vidare med argument om att det kan göra ont att titta på solen och andra starkt lysande föremål. Den sistnämnde drog slutsatsen att det måste vara fråga om strålar från föremål som kommer in i ögat och att dessa orsakar seende. Han föreslog också att vanliga föremål reflekterar ljus åt alla håll. På 1000-talet (Selley, 1996a) framlade matematikern och fysikern Ibn-al Haytham en teori om optik som omfattar många grundläggande "upptäckter". Den innehöll förslag som exempelvis att när ljus når ett föremål reflekteras det i alla riktningar så att det tycks som om ljuset kommer från föremålet och inte från ljuskällan.

Jämfört med den grekiska epoken innebar dessa arbeten ett väsentligt steg framåt. Begreppet synstråle förlorade från och med nu i betydelse. Men ett fundamentalt problem återstod att lösa. Hur kunde ljusstrålarna, som gick in i ögat, överföra föremålets struktur och form?

3.4 Europeisk medeltid och början på nya tiden

En annan, mer inflytelserik person var Avicenna (980-1037), som ansåg, att de psykologiska aspekterna av seendet var de mest betydelsefulla. Han drev denna idé till att förneka att länken mellan föremål och öga hade någon betydelse för att förstå seendet.

Det dröjde ända till 1600-talet innan Johannes Kepler tog de avgörande stegen och förde fram den geometriska optikens grundsatser till en enkelhet och klarhet, som i långa stycken är giltig än i dag.

3.5 Kepler – den moderna optikens grundare

Kepler återvände till Alhazens och Ibn-al Haythams idéer, som han vidareutvecklade på sitt eget sätt, utan sidoblickar på klassikerna, som fortfarande stod högt i kurs.

Keplers grunduppfattning av ljuset ges i de fyra första satserna i Paralipomena (Kepler, 1604).

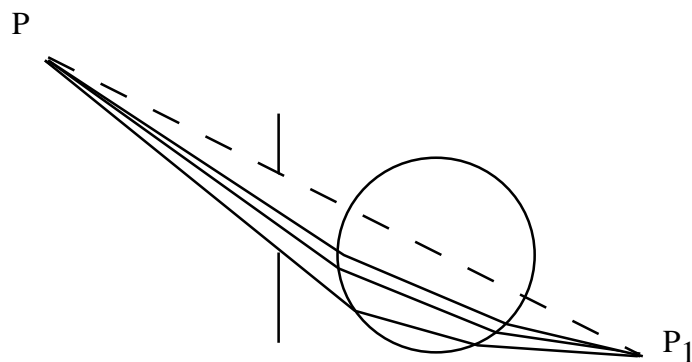
Sats 1. Ljus har egenskapen att flöda eller att utsändas av sin källa mot en avlägsen plats.

Sats 2. Från en godtycklig punkt sker flödet efter ett oändligt antal räta linjer.

Sats 3. Ljuset självt har förmåga att utbreda sig till oändligheten.

Sats 4. Linjerna längs vilka denna emission sker är räta och kallas strålar.

Kepler kunde med hjälp av kunskap om reflektion och refraktion visa att ett smalt strålknippe divergenta strålar från en punkt kunde, efter brytning exempelvis i en vattendroppe, åter möts i en annan punkt. Han insåg att detta betyder att punkten P_1 är en avbildning av P



Figur 3.2. Illustration av ljusbrytning gjord efter Kepler.

Tidigare hade man endast kommit på att studera hur breda, parallella strålknippen bröts i hela och halva sfärer.

Kepler lyckades sedan demonstrera med hjälp av två koner, båda med basen i en tänkt pupillöppning, att en punkt på ett föremål kunde avbildas på näthinnan i ögat. Med hjälp av ytterligare ett par koner visade han att andra punkter fick motsvarande placering på näthinnan. Bilden blev visserligen uppochner, men Kepler tänkte sig att hjärnan kunde vända detta rätt på något sätt.

Denna förklaring av seendet var ingenting mindre än en revolution. För första gången i optikens historia föreställer man sig en bild på näthinnan och att det är ljuset och dess egenskaper som förklarar bilden. Vetenskapligt sett är idén att det är bilder, som lösgör sig från föremålet och svävar in i ögat eller att det är ögat, som skickar ut något som gör det möjligt att se, borta.

3.6 Vad är färg?

Keplers arbete hade stor betydelse för att etablera föreställningen att ljuset existerar som fysikaliskt objekt, skilt från källor och effekter. Eidola-idén levde dock på sätt och vis vidare när det gäller färger. Ljus och färg tänktes vara skilda åt och att färgen transporterades med ljuset. På det sättet förklarade man att ljus kunde färgas genom att passera färgade föremål.

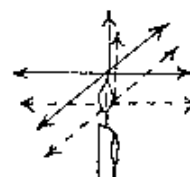
Isaac Newton (1642-1726) kunde med hjälp av experiment med vitt ljus som han lät passera ett prisma visa att strålen som gav upphov till vitt ljus bestod av flera strålar som var och en gav upphov till olika färger. Newton presenterade en partikelmodell för ljuset i ett försök att förklara hur olika färger separerades ur vitt ljus.

Huygens (1629-1695) kunde med en vågmodell för ljusets utbredning förklara refraktion och diffraktion (Beckman, 2000). Strålmodellen dominerade dock fram till att Young m.fl. experimentellt påvisade ljusets vågegenskaper (Jönsson & Hallstadius, 1987). Ytterligare drygt hundra år senare påvisades den fotoelektriska effekten (Nationalencyklopedin, 2000b) och med Einsteins förklaring återkom idéerna om att ljuset har partikelegenskaper. Detta ledde till funderingar om man skulle återgå till att betrakta ljus som strålar, utgörande en ström av fotoner. Niels Bohr lade fram komplementaritetsprincipen som innebär att man ibland, när detta är den bästa modellen, betraktar ljus som ett flöde av fotoner och vid andra tillfällen bäst angriper problemet med vågbeskrivningen (Jönsson & Hallstadius, 1987).

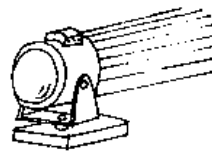
3.7 Den geometriska optikens modell av ljuset

Som avslutning på detta kapitel om ljusets historia redovisas en sammanfattning av den geometriska optikens modell av ljuset, hämtad från en lärobok i fysik (Karplus, 1969)

1. Varje punkt av en primär ljuskälla sänder ut strålar, vilka divergerar åt alla håll från punkten ifråga.

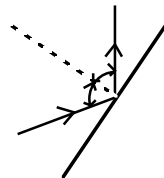


2. Ljusstrålar i ett likformigt medium utbreder sig linjärt.

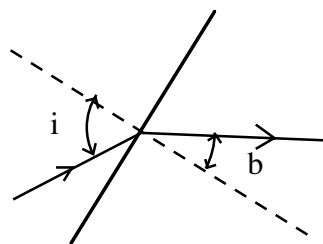


3. Varje punkt av ett föremål kan transmitta, absorbera eller reflektera infallande strålar.

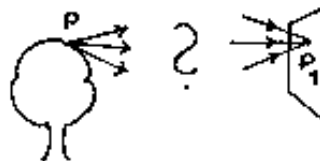
4. Ljusstrålar reflekteras, med infallsvinkeln lika med reflexionsvinkeln, $i=r$



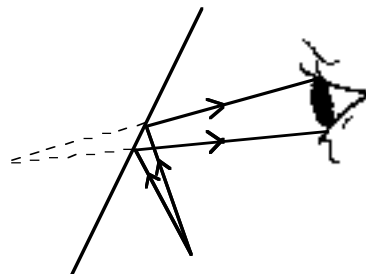
5. Ljusstrålar bryts vid passage från ett medium till ett annat. (Snells brytningslag kvalitativt).



6. Närhelst ett strålknippe som divergerar från en punkt P på ett föremål möts igen i en annan punkt P1 på grund av reflexion och/eller refraktion, ger de upphov till en bild av punkten P i P1



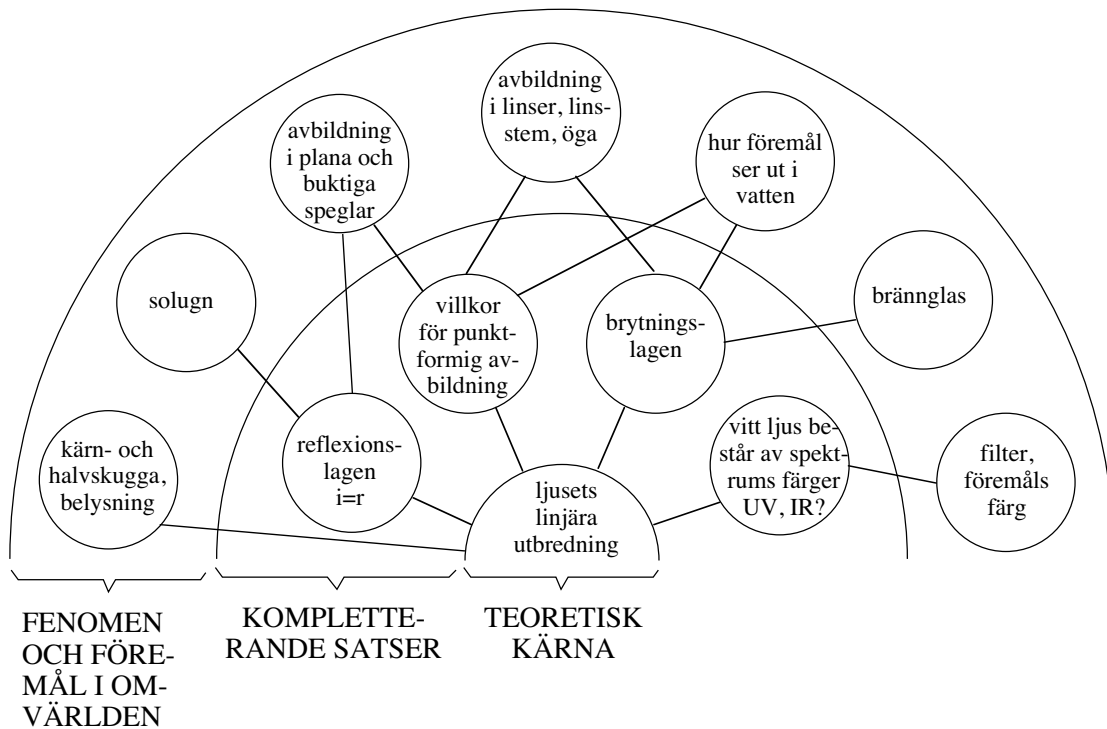
7. Ett föremål som ses genom reflexion eller refraktion verkar befinna sig i den punkt från vilken strålarna, som faller in i ögat, divergerar.



8. Strålar som ger upphov till vit färg består av strålar som ger upphov till färgerna rött, orange, gult, grönt, blått, indigo och violett

3.8 Alternativ framställning av den geometriska optikens uppbyggnad

I figur 3.3 nedan ges en integrerande framställning av den geometriska optikens begreppsstruktur som kan hjälpa till att hålla medvetandet om relationen observation-modell levande (Andersson, 2000a; Andersson & Bach, 1997).



Figur 3.3. En framställning av den geometriska optikens struktur.

Kunskapsområdet kan sägas vara uppbyggt av tre nivåer med en teoretisk kärna, kompletterande satser och fenomen samt fenomen och föremål i omvärlden. Den teoretiska kärnan utgörs av idén om ljusets linjära utbredning. Denna idé utgör grunden för allt som har med geometrisk optik att göra.

Nästa skikt i kunskapsstrukturen utgörs av några teoretiska satser, som alla bygger på att ljuset utbreder sig linjärt i ett givet medium. Dessa är reflektions- och brytningslagarna, villkoren för punktformig avbildning samt ljusets uppdelning i färger. Dessa satser utvidgar teorin och gör det möjligt att förstå och förklara fenomen i omvärlden såsom spegelbilder, avbildning med linser och konkava speglar, föremåls färg m.m.

Det yttersta skiktet är den upplevda världens föremål och fenomen (i den mån man kan göra skillnad på att just dessa upplevs och inte den naturvetenskapliga teorin). I figuren visas bara några områden som exempel. Andra är tänkbara, t.ex. optiska fibrer, kameran, kikare, hägring och regnbågen. Ämnesdidaktiskt är det värt att notera att de enskilda fenomenen i det yttre skiktet inte har några självklara samband mellan varandra. Vägen till integrerad förståelse av en rik flora av fenomen går via de kompletterande satserna till den teoretiska kärnan.

I figuren kan man, via de många relationerna, notera en annan mycket viktig ämnesdidaktisk poäng. Villkoren för punktformig avbildning har en central ställning när det gäller att förklara seendet, reella och virtuella bilder samt olika brytningsfenomen i gaser, vätskor och andra genomskinliga ämnen. Om eleverna inte förstår dessa villkor får man i undervisningen "nöja sig med" att beskriva olika former av avbildning (obs. även seendet!).

Figuren kan betraktas som ett ämnesdidaktiskt orienterings-mönster för området geometrisk optik. Man kan se hur den naturvetenskapliga teorin fungerar på ett integrerande sätt. Om undervisningen enbart håller sig inom det yttre skiktet blir optiken en rad av upplevelser utan sammanhang. På grund av detta kan man argumentera för att röra sig mellan de olika skikten i figuren. Om en lärare gör detta tillsammans med sina elever kan det framkomma att vissa vägar är svårare än andra. Det kan exempelvis visa sig att det är svårt att förstå villkoren för punktformig avbildning och att det därför kommer att vara svårt att gå vidare med avbildning och vissa brytningsfenomen. Då är det möjligt att välja att arbeta vidare utefter andra linjer i orienteringsmönstret och återkomma till punktformig avbildning senare. En av de stora finesserna med mönstret är just att man som lärare får ett verktyg för att upptäcka denna typ av samband och kan skapa sig handlingsberedskap och alternativ.

4 Elevuppfattningar inom optik samt undervisningsförsök

Den idéhistoriska översikten ovan har förhoppningsvis visat människans svårigheter att komma fram till den geometriska optikens modell av ljuset. Det tog mycket lång tid för mänskligheten att förstå att ljus är något som existerar fritt i rummet skilt från både källor och effekter, och att det är ljusets egenskaper i förhållande till de objekt ljuset växelverkar med som förklarar optiska fenomen. En av de största svårigheterna var att förstå seendet i förhållande till ljusets egenskaper. Det är inte sannolikt att människor utvecklar denna vetenskapliga förståelse ur vardagserfarenheter enbart.

4.1 Ljusets existens och egenskaper

Piaget & Garcia (1974) redovisar i arbetet *Understanding Causality* tre studier angående barns uppfattning av ljus. Den intervjuade har bland annat fått förklara hur man kan se en bild av ett föremål i en spegel och hur en ljuscirkel på en vägg kan bildas av en lampa. Intervjuerna redovisas mycket summariskt. Piaget & Garcia (1974) sammanfattar dessa så här:

Trots daglig användning av ficklampor och trots den vanliga iden om 'strålar' från solen eller andra ljuskällor, så är förståelsen av ljusöverföring knappast tidigare utvecklad än förståelsen av värmeöverföring. Det är först i stadium III (formella operationsstadiet, tonårsåldern) som eleverna medger att det existerar ljus mellan lampan och den runda fläcken. Jag ser det inte, men jag vet att det är där (sidan 104).

Elever som är 10-11 respektive 13-14 år gamla har fått frågan "Var finns det ljus i det här rummet?" (Guesne, 1985) De uttrycker olika idéer:

- Ljus är detsamma som ljuskällor (t.ex. en lampa)
- Ljus är detsamma som ljusets effekter (t.ex. en ljusfläck)
- Ljus är ett tillstånd (t.ex. det är ljust)
- Ljus är ett fysikaliskt fenomen mellan källa och effekt.

I en holländsk undersökning (Bouwens, 1987) med äldre elever (14-18 år gamla) redovisas liknande elevuppfattningar som de tre första. Man fann att elever kan föreställa sig ljus som enbart statistiskt. På samma sätt som luft fyller rummet, är det ljust, annars mörkt. Ett mindre antal elever kopplar ljuset till lampan och/eller dess effekter.

Guesne konstaterar, på basis av flera olika situationer och frågor, att de yngre eleverna (10-11 år) oftast uttrycker att ljus är källor och ef-

fekter, under det att de äldre har övergått till att åtminstone ibland tala om ljus som ett fenomen i rummet, skilt från källor och effekter. Bouwens har funnit att äldre elever i ännu större omfattning resonerar om ljus som något som existerar mellan ljuskällan och dess effekter. Denna förändring hänför de dock i första hand till utbildningen och inte till större mognad. Eleverna i denna undersökning hade också, i någon utsträckning, valt en naturvetenskaplig inriktning på sina studier.

Det är vanligt att ungdomar som ännu inte fått någon undervisning föreställer sig ljus som en statisk storhet placerad i rummet (Galili, 1996), vilket för över till nästa avsnitt.

4.2 Ljusets utbredning

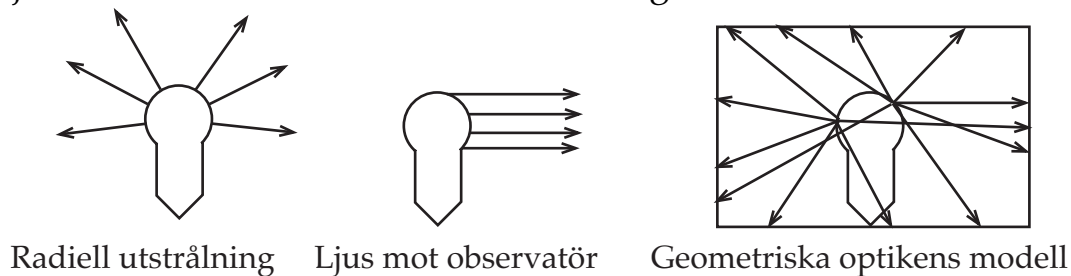
Språket rymmer uttryck om ljuset och dess egenskaper. Många av dessa uttryck utgår från vår mänskliga upplevelse av ljuset och berör inte ljuset som utbreder sig mellan ljuskällan och den upplevda effekten av detta ljus, exempelvis ett upplyst föremål. Istället syftar de språkliga uttrycken antingen på ljuskällan eller på våra upplevelser av effekterna av ljuset. "Tänd ljuset" syftar på ljuskällan medan ett uttryck som "det är väldigt ljust härinne" istället lyfter fram vår upplevelse av hur vårt synsystem reagerar på ljuset.

Språkbruket tyder alltså på, att vi i det dagliga livet inte har några större behov av att prata om det ljus, som till exempel just nu går mellan textsidan (eller datorskärmen) och läsarens öga. Istället bidrar troligen den vardagliga användningen av språket till att vi utvecklar idéer som motsäger den vetenskapliga modellen. Om inte samtal om det fysikaliska ljuset förekommer med barn och ungdomar är det inte så troligt att de bildar sig några föreställningar om detta.

Många 13-14-åringar använder, enligt en fransk undersökning (Guesne, 1985) uttryck som att ljuset kommer ifrån, går igenom, stud-sar tillbaka, korsar och så vidare. Sådana uttryck indikerar åtminstone att eleverna tänker sig att ljuset finns i rummet. Men kan man också ta dem som tecken på att de tänker sig att ljuset färdas genom rummet? Som svar på det (Guesne, 1985) kan sägas att det är sällsynt att eleverna explicit uttrycker idén om att ljuset rör sig genom rummet. När så sker är det nästan alltid i samband med mycket stora avstånd, som till exempel att det tar en viss tid för ljuset att färdas från solen till jorden. När det gäller företeelser i vår närmaste omgivning, som till exempel en lampa som lyser, verkar idén att ljuset färdas genom rummet vara främmande för eleverna. De kan istället föreställa sig att ljuset fyller upp rummet och går runt föremål, ibland kompletterat med rätlinjiga ljusstrålar (La Rosa, Mayer, Patrizi, & Vicentini-Missoni, 1984). Strålarna kan "brytas" när de passerar ett fönster eller en öppning så att

hela utrymmet innanför fylls av ljus. I denna modell kan ljuset breda ut sig utan rörelse. Ljus kan gå mellan ljuskällan och ett föremål på samma sätt som en väg går mellan Göteborg och Fjällbacka, det vill säga "gå" utan förflyttning.

För att representera ljus använder eleverna räta, streckade eller kurviga linjer, men också fyllda områden förekommer. Det är sällsynt att eleverna spontant markerar någon riktning för ljusets utbredning (Langley, Ronen, & Eylon, 1997). Många ritar ljus som strålar runt en lampa eller solen. Ofta slutar strålarna en liten bit utanför lampan eller solen och det kan innebära att de menar att ljuset är källan, eller finns vid denna, inte att det utbreder sig i rummet (Guesne, 1985). Eventuella linjer ritade runt en ljuskälla kan representera själva lysandet (Galili, 1996). Ritar eleverna däremot strålar mellan en ljuskälla och exempelvis ett belyst föremål har de en uppfattning om att ljuset finns i rummet, men det behöver inte betyda att de menar att ljuset utbreder sig som strålar. Det kan vara ett uttryck för att det finns ljus mellan källa och föremål, i analogi med att det finns en lina mellan två punkter (Guesne, 1985). Efter undervisning skapar eleverna ofta en modell som är en hybrid mellan vetenskapliga och egna föreställningar (Galili, 1996). En variant är att ljuset lämnar en lampa radiellt med en stråle från varje punkt. Om ljuskällan kopplas samman med en observatör förekommer föreställningen att ljuset från alla punkter på ljuskällan är riktat mot observatören. Den naturvetenskapliga modellen innebär i kontrast till dessa att vi föreställer oss att varje punkt på ljuskällan sänder ut strålar i alla riktningar.



Figur 4.1. Olika modeller för hur ljuset sprids från en ljuskälla (ramen runt den geometriska optikens modell är till för att markera att strålarna inte tar slut utan fortsätter även utanför ramen men att figuren inte är större)

Eleverna är mer benägna att representera ljus som något som utbreder sig i en bestämd riktning om det inte finns någon observatör i kontexten för frågandet. Det är mycket sällan elever spontant tolkar seende med hjälp av ljusstrålar (Langley m.fl., 1997).

För många beror hur långt ljus färdas av storleken på ljuskällan. De flesta eleverna i en undersökning från Nya Zeeland (Stead & Osborne,

1980) menade att ljus färdas från solen till jorden medan betydligt färre sade att ljus från ett brinnande stearinljus ens färdades alls. Sträckan ljus färdas kan också (enligt eleverna) påverkas av om det finns annat ljus närvarande (Fetherstonhaugh & Happs, 1988; Stead & Osborne, 1980). I en del fall kan svagt ljus helt hindras av starkare ljus.

4.3 Konservation av ljus

För en naturvetare konserveras ljus om det inte absorberas av ett materiellt medium. Ej så för eleverna som är 13-14 år gamla. De kan hävda att ljus förstärks då det passerar genom ett förstoringsglas. De tänker sig också att ljus försvagas över avstånd – ljuset når en viss sträcka och sen tar det slut (Guesne, 1985). Den vetenskapliga modellen tar hänsyn till avståndet genom att beakta att intensiteten avtar med kvadraten på avståndet p.g.a. att ljus utbreder sig i alla riktningar.

4.4 Olika kategorier av ljus?

Guesne (1985) har funnit att elever i åldern 13-14 år betraktar 'elektriskt ljus', 'solljus' och 'dagsljus' som olika kategorier. Det är dock inte lätt att på basis av intervjuutdrag förstå vari skillnaden mellan kategorierna består. Likväl framstår det som motiverat att i undervisningen framhålla att elektriskt ljus, solljus och dagsljus tillhör samma fysikaliska kategori, nämligen 'ljus'.

4.5 Ljus och seende

En slags kollektiv vardagsförståelse av seende, ljuset och dess egenskaper ryms i språket. I språkliga uttryck döljer sig exempelvis föreställningar liknande de från den grekiska epoken som redovisats ovan. Vi talar om att kasta blickar och man känner blickar i nacken. Mer drastiska uttryck som "om blickar kunde döda" och "hon såg rakt igenom mig" tyder också på något som går från ögonen och utåt. En del seriefigurer har speciella egenskaper som röntgensyn eller värmesyn. Var och en kan säkert komma på fler exempel. Den viktiga poängen är att vardaglig språkanvändning ofta indikerar att ögonen skickar ut något för att vi skall kunna se.

Som tidigare nämnts inspirerade Piaget andra forskare att försöka förstå hur barn och ungdomar resonerar om olika naturvetenskapliga innehåll. När det gäller uppfattningar om seende noterar han att Stanley Hall³ (1903) redan 1903 rapporterar om en spontan fråga från en femåring: "Papa, why don't our looks mix when they meet?" Hall

³ Läs mer om Stanley Hall på http://calliope.jhu.edu/demo/review_of_higher_education/20.1goodchild.html (Goodchild, 1996)

återger också en vuxens hågkomst från barndomen: "I used also to wonder why it was one did not feel someone else's look, on the cheek for instance if they were looking at one's cheek." (Piaget, 1995 (sid 48))

Piaget (1995) själv redovisar i tre intervjuutdrag besläktade föreställningar, till exempel:

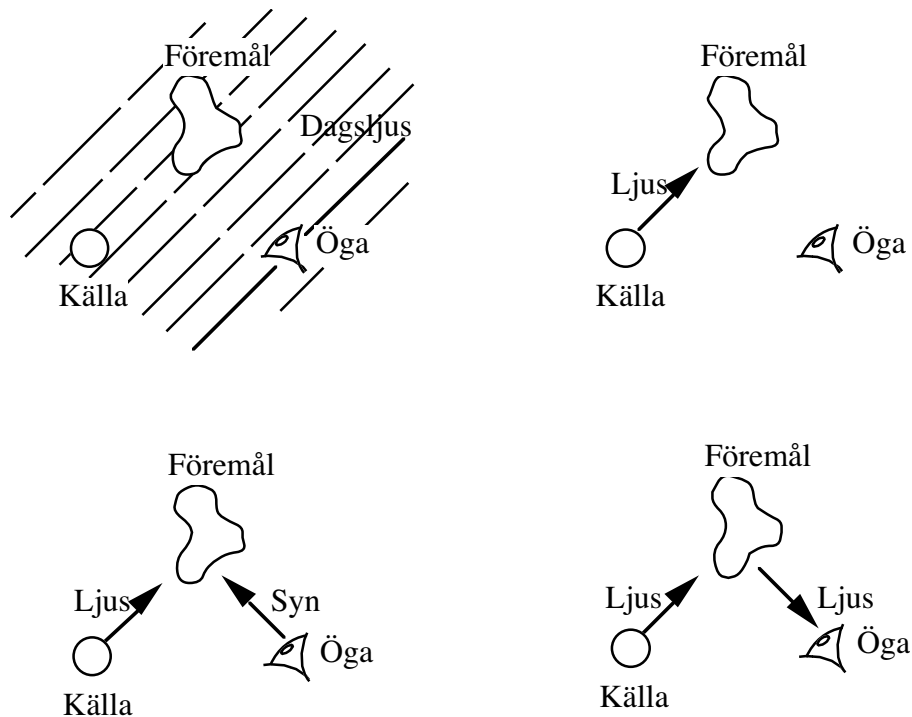
- Are to see and give light the same thing?
 - Yes.
 - Tell me the things which give light?
 - The sun, the moon, the stars, the clouds and God.
 - Can you give light?
 - Noyes
 - How?
 - With the eyes.
 - Why?
 - Because if you hadn't eyes you wouldn't see properly.
- (Den intervjuade eleven är 10 år) (sidan 48).

Piaget drar slutsatsen (av fem fall) att seendet, av en del barn, uppfattas som delvis placerat utanför ögat. Seendet kommer från ögat, lyser upp och barnen är förvånade över att det inte känns när någon tittar på en.

På en skriftlig fråga om vad som händer mellan en person och en bok som personen tittar på har elever svarat på ett sådant sätt att man kunnat gruppera deras svar i sex kategorier (Andersson & Kärrqvist, 1982).

- Ingenting händer mellan boken och ögonen.
- Synsystemet är aktivt.
- Det är ljust.
- Det går en stråle (impuls, blick mm) från öga till bok.
- Något går fram och tillbaka mellan öga och bok.
- Något kommer in i (går mot) ögat: a) Bild b) Ljus eller (ljus-) strålar.

Guesne (Guesne, 1985) har föreslagit 4 olika modeller för hur elever uppfattar seende – se Figur 4.2!

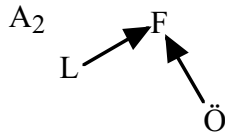


Figur 4.2. Olika uppfattningar om hur seendet går till

En enkel modell av seendet innebär att vi badar i ljus. I denna finns ingen länk mellan öga, föremål och ljuskälla. I en något mer utvecklad modell har ljuskällan en roll, den lyser upp föremålet. Fortfarande saknas dock länken mellan föremål och öga. Nästa modell innehåller däremot en sådan, men ögat är aktivt, samtidigt som det kommer ljus från en ljuskälla. Den sista modellen är den som stämmer med den vetenskapliga och går att bygga vidare på.

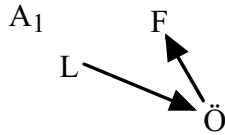
Selley (1996a) kompletterar Guesnes beskrivning med ytterligare några kategorier för hur ungdomar i 9-11 årsåldern kan uppfatta relationen mellan ljus och seende.

MODELL



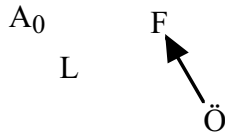
Samverkande emission

En "synstråle" går från öga till föremål, som samtidigt lysas upp av ljuskällan

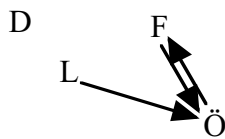


Stimulerad emission

Denna modell kräver att ljus kommer från källa till ögonen, där det antingen reflekteras eller stimulerar en stråle från ögat till föremålet

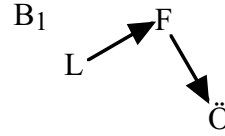


Enkel emission



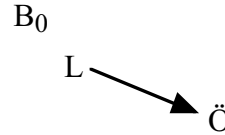
Stimulerad emission med reflektion

MODELL



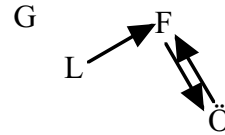
Sekundär reception

Den önskade modellen för hur man ser icke-lyssande föremål (sekundära ljuskällor)

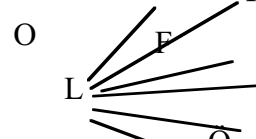


Primär reception

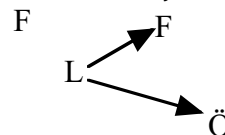
För seende av primära ljuskällor



Sekundär recepto-emission



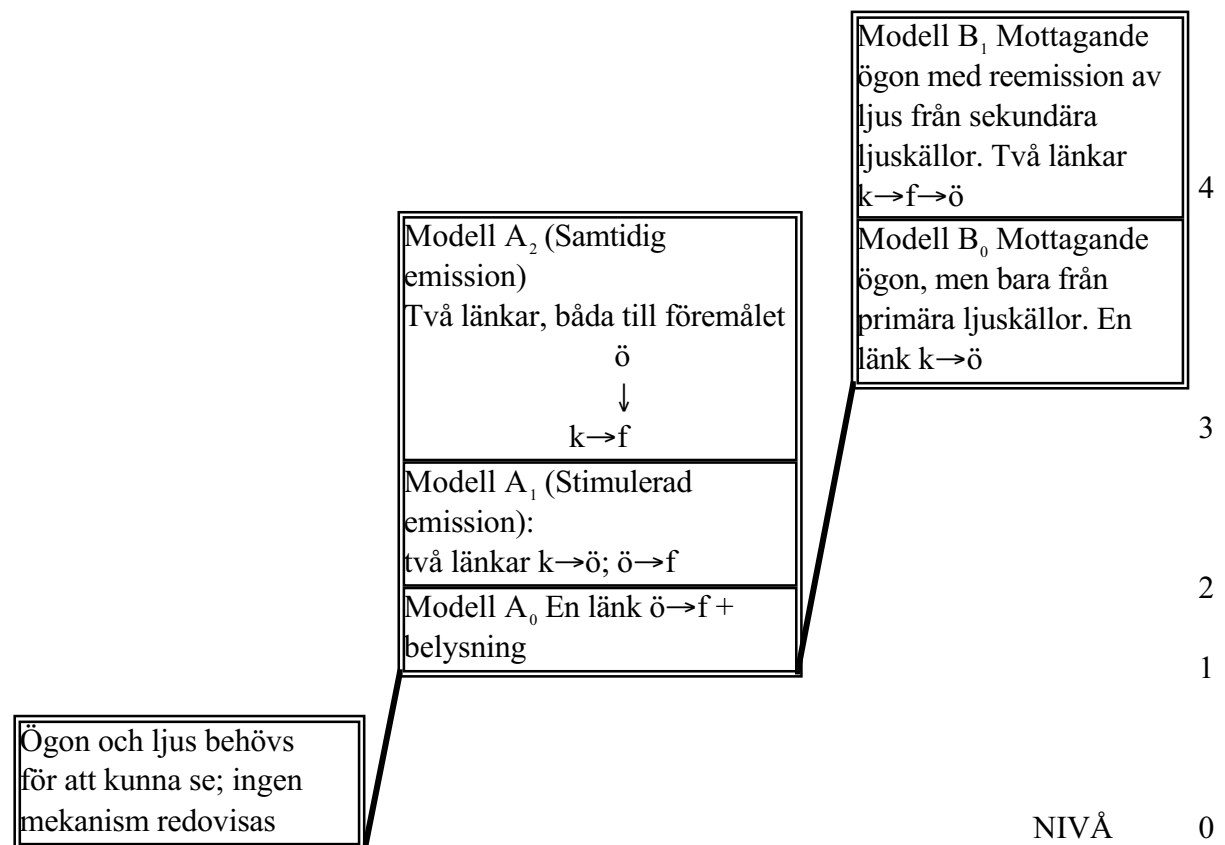
"Hav av ljus"



Dubbel upplysning

Figur 4.3. Modeller som elever i 9-11 årsåldern kan använda sig av när de förklarar seende. "L" betyder ljuskälla, "F" föremål och "Ö" öga.

I en senare artikel går Selley (1996b) vidare och presenterar ett förslag till en hierarkisk ordning för en del av kategorierna i Figur 4.4.

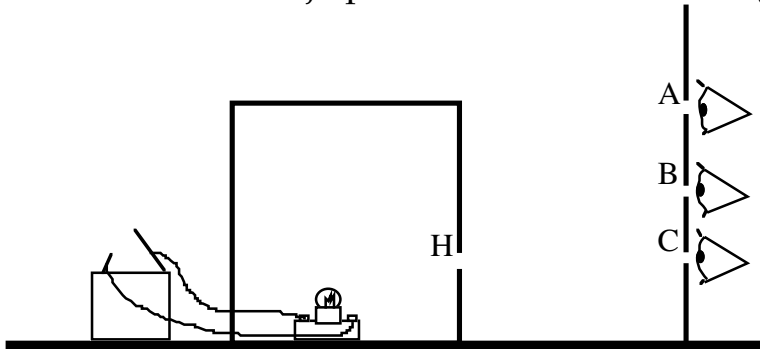


Nivå Kriterium

0	Den mest grundläggande nivån av förståelse är rent fenomenologisk och kräver endast medvetenhet om villkoren för seende: öppna ögon, fri sikt och någon slags belysning
1	Modell A ₀ . Identifiering av att det finns en fysikaliskt storhet som länkar eller färdas utefter en rät linje mellan öga och föremål, men behåller en egocentrisk utgångspunkt
2	Modell A ₁ . Identifiering av att det är två länkar, en rörande banan för ljuset från källan; men fortfarande egocentrisk genom antagandet att det är ögat, snarare än föremålet som är mottagaren för denna upplysande stråle
3A	Modell A ₂ . Identifiering av nödvändigheten av samverkan mellan två rätlinjiga strålar (en från källan och den andra från ögat) som möts vid föremålet för att seende skall uppstå.
3B	På samma nivå kan en receptionsmodell börja utvecklas, men dock endast för primära ljuskällor. Ljus färdas, utefter räta linjer från källan, tills det stoppas (vilket skulle förklara skuggor), eller till det når ett öga och ger en upplevelse av bländning.
4	Modell B. Acceptans av teorin för seende som ögats reception av ljus från sekundära källor (som sprider eller återemitterar belysningen)

Figur 4.4. Selleys hierarkiska ordning för uppfattningar om seendet.

Viennot och Chauvet (1997) refererar undersökningar genomförda av Kaminski från 1989 och Chauvet från 1990. När det gäller elevers uppfattningar av seende redovisar de en intressant frågeställning som de undersöker med hjälp av en konstruktion enligt Figur 4.5.



Figur 4.5. Konstruktion av låda som möjliggör hypotesprövning om seendet (ljus från lampan kan endast nå fram till position B, varför det endast är därifrån man kan se ljus från H).

Inledningsvis ställde man frågor om vilka delar av skärmen (då utan hålen A, B och C) skulle bli belyst av ljuset som kom från hålet H. De flesta förutsåg att det skulle bli en ljusfläck ungefär där hålet B senare kom att befinna sig. Detta visar att många av eleverna använder ljusets rätlinjiga utbredning för att lösa detta problem.

Därefter tillfrågades eleverna om vad de skulle komma att se genom de tre hålen A, B, och C om de placerade ett öga som i Figur 4.5. Ungefär hälften av dem förutsade att de skulle se ett ljust hål H i lådan från hålen A och C.

Sammanfattningsvis kan sägas att den första av förutsägelserna ovan stämmer med accepterad fysik, medan den andra motsäger densamma. Ett resultat som är intressant när man planerar undervisning.

4.6 Ljus och skuggor

Elever har ombetts förklara vad en skugga är och hur den uppkommer (Guesne, 1985). Vanliga svar är att skugga är 'en återkastning' (reflexion), 'ett mörkare ljus' och att skuggan beror på att föremål 'skymmer ljuset' (hide the light). För att förklara skuggor ritas ofta eleverna strålar från ljuskällan, men det är inte alltid så att dessa når ända fram till föremålet och det är sällan de når ända till det skuggade området (Langley m.fl., 1997). Det är ovanligt att storlek och position för föremålet som orsakar skuggan hänger ihop med hur eleverna presenterar att ljuset breder ut sig från ljuskällan. Skuggor presenteras ofta som enskilda företeelser och inte som ett resultat av att ljuset utbreder sig i rummet. Vanligtvis förekommer ingen tydlig representation för hur föremålet som orsakar skuggan hindrar ljuset att komma vidare.

För att kunna förklara eller förutsäga storlek och form hos en skugga måste man ta hänsyn till ljuskällans storlek, avstånd till föremålet och den plats där skuggan uppenbarar sig. Man måste dessutom tänka sig att ljuset utbreder sig från en källa och att denna utbredning sker utefter räta linjer. Först då kan man förstå att skugga uppstår då ljusstrålarna stoppas av ett hinder.

4.7 Ljusets reflektion

I åldern 10-11 år har de flesta elever inte någon föreställning om att ljus reflekteras av en spegel. Detta är i linje med att eleverna i denna åldersgrupp sällan uppfattar ljus som något som finns i rummet, skilt från källor och effekter (Guesne, 1985).

I åldern 13-14 år är däremot idén om reflektion av ljus i en spegel vanlig, men när det gäller ett annat objekt, t. ex ett papper, så är den dominerande uppfattningen att ljuset lämnar ljuskällan, men stannar på pappret:

(The light)...it bounces off the glass [gesture of the child going from the torch to the mirror, then towards herself]. When the light falls on the paper, that makes a screen. ... It stays there... whereas the glass sends the light back (Christine, 14 years).

Guesne påpekar att kunskap om ljusets reflektion mot vanliga föremål är nödvändig för att småningom förstå hur bilder av föremål kan uppstå, t. ex. på filmen i en kamera och på ögats näthinna.

När det gäller att blända någon med en spegel (solkatter) ritar de flesta strålar från ljuskällan via spegeln till den som bländas. Teckningarna innehåller oftast endast en linje för att visa hur det går till. I de fall flera strålar förekommer ändras ofta utbredningen i spegelns yta så att ett parallellt knippe strålar före reflektion övergår till att vara divergent efter reflektion och vice versa. Det är ovanligt att eleverna tar hänsyn till de vinklar som är inblandade för att man skall bli bländad via en spegel (Langley m.fl., 1997).

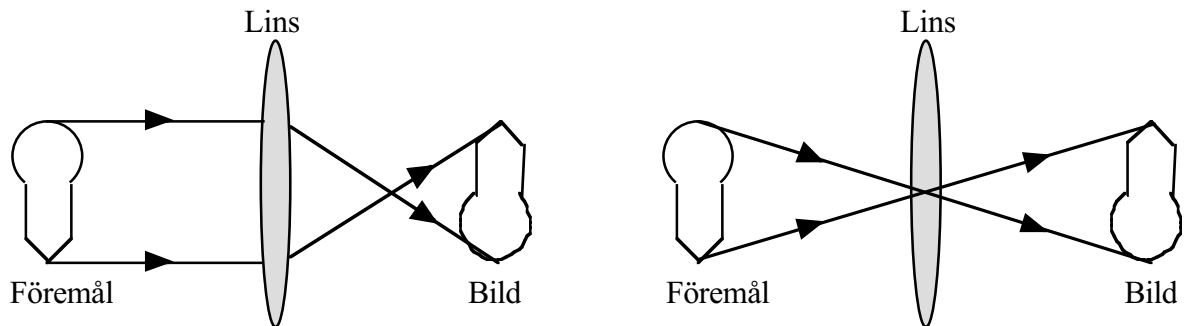
4.8 Linser och speglar; avbildning och virtuell bild

Många elever vet att det går att använda ett förstoringsglas för att med hjälp av solljus sätta eld på exempelvis ett papper. Men hur förklarar de hur detta går till? Två huvudidéer utkristalliserar sig i åldersgruppen 13-14 år: Den ena är att förstoringsglasen 'koncentrerar' ljuset och den andra att ljuset 'förstoras' (Guesne, 1985). Bland de elever som tänker sig att ljuset förstoras föreställer sig en del att det är mer ljus efter passage genom förstoringsglasen och andra att det är lika många strålar, men att de är starkare. Eleverna som säger att ljuset 'koncentre-

ras' har gemensamt att de tänker sig att det är samma mängd ljus efter förstoringsglasets som före.

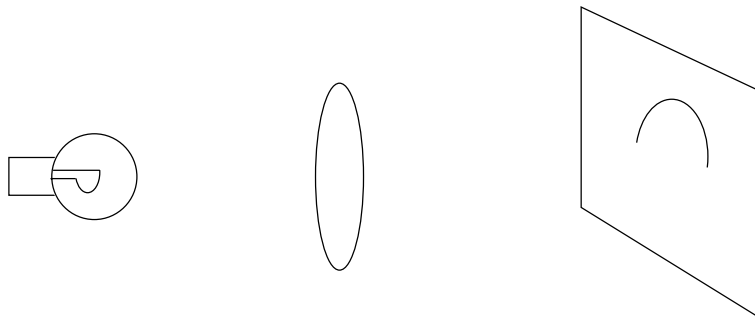
4.8.1 Reell bild med positiv lins

Galili (1996) har funnit att före undervisning kan ungdomar föreställa sig att linsen vänder en bild som färdas från ett föremål till en skärm uppochned. Linsen vänder hela bilden som efter färden finns på skärmen och ett öga kan se den. Efter undervisning kan en hybridmodell börja användas. Denna kan få två olika uttryck (se Figur 4.6).



Figur 4.6. Elevmodeller för hur avbildning med lins går till

Liknande resultat har framkommit vid undersökning av hur nybörjarstuderande i fysik vid ett amerikanskt universitet tänker om avbildning med linser (Goldberg & McDermott, 1987). En glödtråd avbildades med en positiv lins på en skärm (se Figur 4.7)



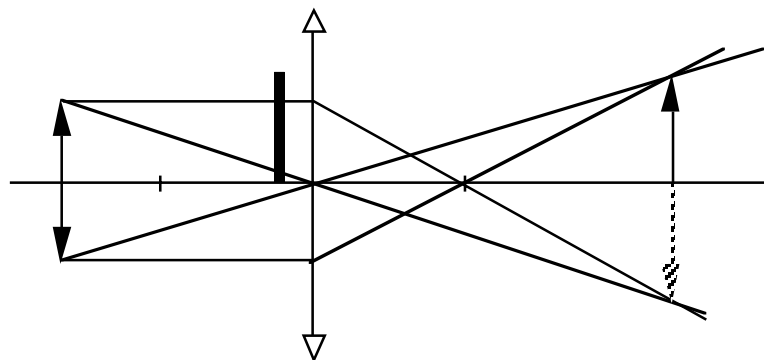
Figur 4.7. Avbildning av glödtråd med en positiv lins.

Den första frågan gällde vad som eventuellt skulle förändras om man tog bort linsen. Majoriteten av de intervjuade ansåg före undervisning att glödtråden på skärmen då skulle bli rättvänd. De tänkte sig t.ex. att linsens funktion var att kasta om riktningen på ljusstrålarna, vilket ansågs leda till att bilden vänder och blir upp och ned. Utan lins går ljusstrålarna rakt fram som de brukar.

Nästa uppgift var att förutsäga vad som skulle hända om övre halvan av linsen täcktes över. Majoriteten svarade före undervisning att i så fall skulle halva bilden försvinna. Vilken halva berodde enligt en del

studenter på vilken sida av linsen som täcktes över. Före linsen ansågs bilden ännu inte vara upp och ned. Då skärmades öppningshalvan av U-et. Efter linsen var det den andra halvan av U-et som togs bort.

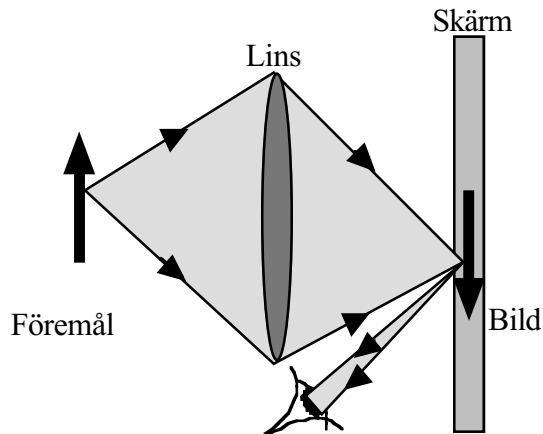
En del studerande motiverade sina svar med att rita strålgång genom linsen (se Figur 4.8). Notera att eleven inte beaktar att strålar från en given punkt på föremålet träffar hela linsen.



Figur 4.8. Elevmotivering till varför halva bilden försvinner då halva linsen skärmas.

Svaren på de nu redovisade uppgifterna blev bättre efter undervisningen, men långt ifrån hundra procentiga.

Dessa modeller kan kontrasteras mot punktformig avbildning, där allt ljus från en punkt som passerar linsen och därefter konvergerar ger upphov till en bildpunkt. Detta är en verklig bild och den går att fånga på en skärm och då sprids ljuset på nytt, i alla riktningar, från bildpunkten och kan träffa ett öga som via sitt linssystem skapar en bild av punkten på näthinnan. I detta sammanhang bör dock påpekas att detta inte gäller verkliga linser där flera olika egenskaper hos linserna (exempelvis sfärisk aberration) skulle göra att bildpunkten blir suddig.

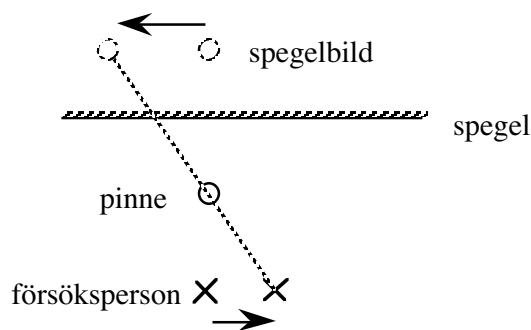


Figur 4.9. Den geometriska optikens modell för hur avbildning mot en skärm via en lins går till.

4.8.2 Virtuellt bild i plan spegel

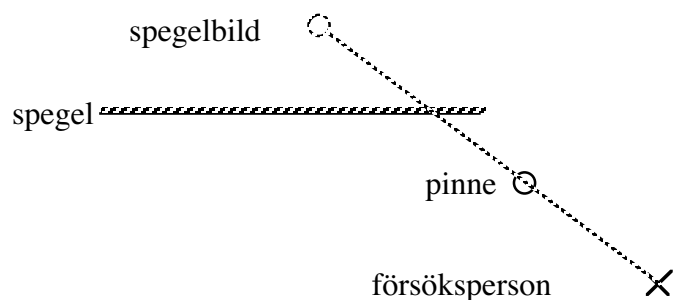
För många elever är upphovet till en spegelbild snarare en egenskap hos spegeln än något som hänger samman med ljusets utbredning (La Rosa m.fl., 1984; Langley m.fl., 1997). Många föreställer sig att spegelbilden finns på spegelns yta och att vi kan se den genom att titta på den. När eleverna ritar figurer över hur spegling går till gör några det utan att redogöra för hur bilden skapas. Andra kan visa reflektion utan att relatera detta till vare sig skapande av en bild eller observation. Några beskriver skapande av bilden och seendet av den som två separata händelser. Bilden projiceras holistiskt från föremål till spegel och en observatör riktar in synlinjer mot spegelbilden. Ytterligare andra kan visa upp en relevant strålgång, men ofta ritas de infallande strålarna fram till platsen för den virtuella bilden för att där plötsligt ändra riktning (Langley m.fl., 1997).

I en undersökning om nybörjarstuderande på ett amerikanskt college (Goldberg & McDermott, 1986) intervjuades studenter sittande framför en spegel. De såg då en spegelbild av en vertikal pinne, placerad mellan sig och spegeln. Första uppgiften var att peka ut var spegelbilden fanns. En tredjedel av studenterna var före undervisningen osäkra. De föreslog oftast att bilden fanns på själva spegeln. De övriga pekade rätt (på en position lika långt bakom spegeln som föremålet befann sig framför). Nästa fråga gällde att ange var bilden skulle vara om man flyttade sig till höger. De flesta menade att bilden då skulle flytta sig åt vänster och förklarade detta med att synlinjen var annorlunda (se Figur 4.10). Fysikens svar är att om föremål och spegel inte ändras så ändras heller ej spegelbildens läge.



Figur 4.10. Illustration av elevresonemang: spegelbildens läge beror av försökspersonens.

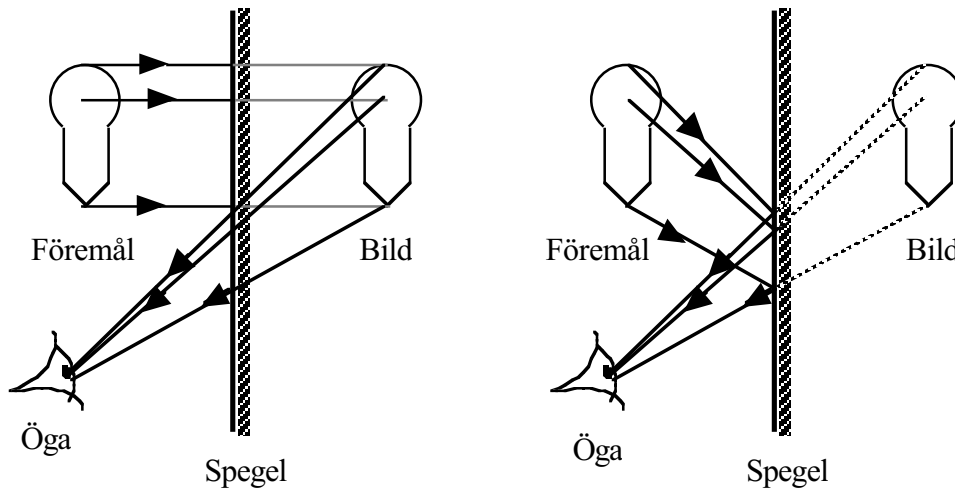
Ett synlinje-resonemang fördes av många elever också för det fall att både pinne och försöksperson befann sig utanför spegelns högra kant. För situationen i Figur 4.11 ansågs spegelbilden av pinnen vara synlig för försökspersonen. Fysikaliskt är detta omöjligt, eftersom inget reflekterat ljus från pinnen kan nå ögat.



Figur 4.11. Illustration av elevresonemang: spegelbilden syns om försöksperson och föremål befinner sig utanför spegelns högra kant.

I den israeliska undersökningen tidigare nämnd (Galili, 1996) redovisar man tre olika sätt att förstå hur en spegelbild uppstår. Det första kallar man holistisk förståelse och den innebär i korthet en överföring av en bild av föremålet till spegelns yta. Denna bild kan man under lämpliga förutsättningar se.

Det andra sättet kallar man för bild-projektion och innebär att en ljusstråle färdas från varje punkt på föremålet till spegeln. Varje sådan ljusstråle bär på information om strukturen hos punkten. En uppsättning strålar formar sedan en spegelbild. Efter att bilden skapats transporteras den till observatörens öga via ljusstrålar. Oavsett om bilden observeras eller inte finns den alltid i spegeln. Man fann två varianter av bild-projektion, en som bryter mot och en som stödjer reflektionslagen.

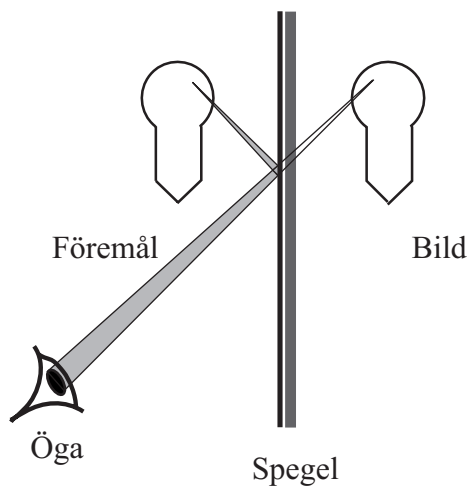


Figur 4.12. Två varianter av bild-projektion

Detta sätt att förstå spegling uppstår som en blandmodell mellan de vardagliga föreställningarna och den vetenskapliga synen som undervisningen försöker förmedla. Den sistnämnda innebär att allt ljus från en punkt divergerar 360° runt lampan. En hel del av ljuset reflekteras i spegeln och den del som når observatörens öga ger upphov till en bild av punkten på näthinnan (via linssystemet i ögat). Bilden finns endast i observatörens öga⁴ och går inte att fånga på någon skärm. Det upplevs⁵ dock som om den finns lika långt bakom spegeln som föremålet är framför. För att förstå hur hela bilden av föremålet kan uppstå får man föreställa sig en upprepning av konstruktionen för alla punkter på föremålet.

⁴ Bilden som konstrueras fram lika långt bakom spegeln som föremålet finns framför, kan inte fångas på en skärm och kallas av den anledningen för virtuell. I nästa tankesteg kan denna virtuella bild utgöra ett virtuellt föremål som avbildas i en observatörs öga. Bilden i ögat skapas på näthinnan via ögats linssystem och är alltså reell och föremålet tycks finnas bakom spegeln istället för framför. Det är också värt att nämna att det är möjligt att konstruera spegelbilder utan att blanda in någon observatör i sammanhanget. Den teknik som då används påminner om de pilar som går från föremål till bild i den vänstra bildprojektionen i figur 4.12. Möjligen kan undervisningen ha haft inslag av den sortens bildkonstruktioner och att det senare leder till att en del elever förväxlar detta med ljusets färd till ögat.

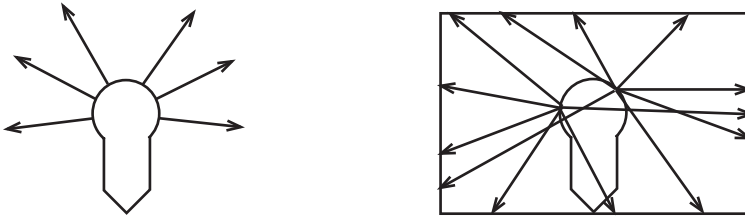
⁵ Det är inte helt utan problem att använda ordet uppleva här. En del av eleverna kan, som tidigare nämnts, uppleva att bilden finns på spegelns yta och inte bakom den. Det kan krävas att de konfronteras med spegelbilder på nya utmanande sätt för att de skall börja uppleva dem som liggande bakom spegeln.



Figur 4.13. Punktformig avbildning i en spegel

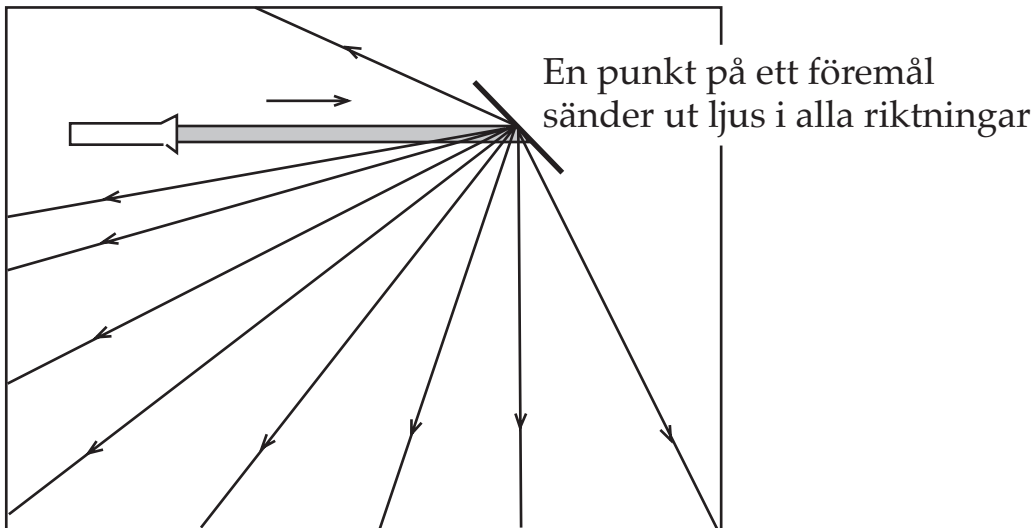
Ytterligare en svårighet för eleverna när det gäller punktformig avbildning (såväl linser som speglar) kan vara att de föreställer sig att all nödvändig information om en punkt finns i en stråle. I ett sådant läge är det inte nödvändigt att rita mer än en stråle från varje punkt på ett föremål för att få fram en bild (Goldberg & Bendall, 1992).

Nu kan vi göra en återblick till undersökningarna av hur elever kan uppfatta seendet. I sina undersökningar (Guesne, 1985; Selley, 1996a, 1996b) redovisar Guesne och Selley många olika varianter för hur elever kan resonera om hur seende går till. I alla dessa fall redovisas, med hjälp av pilar, kombinationer av hur ljus och öga samverkar för att vi skall kunna se. Det är lätt att tro att dessa pilar representerar strålar av något slag. Det är dock inte säkert. Det kan också vara så att eleverna föreställer sig någon form av bild som transporteras in i ögat (Andersson & Kärrqvist, 1982). Undersökningar om hur elever uppfattar avbildning i speglar och linser (Galili, 1996; Goldberg & McDermott, 1986; La Rosa m.fl., 1984) stärker detta resultat. Förmodligen ligger grunden till dessa svårigheter i hur man uppfattar primära och sekundära ljuskällor. Om man tänker sig att ljus strålar ut i alla riktningar runt en lampa (Galili, 1996) istället för att ljus strålar ut i alla riktningar från varje punkt på lampan (se Figur 4.14) blir det svårt att göra en bildkonstruktion som följer den geometriska optikens principer.



Figur 4.14. Jämförelse mellan vanlig elevuppfattning och den geometriska optikens modell

På samma sätt måste man först förstå att en sekundär ljuskälla återutsänder ljus i alla riktningar från varje punkt på föremålet för att förstå punktformig avbildning av ett föremål.



Figur 4.15. Illustration av den geometriska optikens modell för hur varje punkt på en sekundär ljuskälla sänder ut ljus i alla riktningar (notera att ljuset från ficklampan inte är ritat som strålar utan som ett område som innehåller ljus)

4.9 Färger och filtrering av ljus

Fysikaliskt sett skiljer man mellan två olika ursprung till att vi uppfattar färger. Dessa är selektiv reflektion eller selektiv transmission. Det första innebär att föremål som vi uppfattar har en färg delvis reflekterar ljus som träffar föremålet. Resten av ljuset absorberas i föremålet och övergår till inre energi (temperaturen hos föremålet ökar lite). I det andra fallet handlar det om att ljus som träffar exempelvis ett filter delvis passerar och delvis absorberas av filtret.

Det är viktigt att notera att färg inte är en egenskap hos ett föremål, utan ett resultat av en kombination av det ljus som belyser ett föremål,

Frank Bach

föremålets förmåga att absorbera eller transmitta ljus och egenskaper hos våra ögon och hjärna.

I en amerikansk intervjuundersökning (Feher & Meyer, 1992) intervjuades 32 elever i åldern 8-13 år om ett gult, ett grönt och ett rött föremål under en lampa med vitt ljus. Därefter fick eleven förutsäga hur föremålen skulle se ut under lampor med gult, grönt respektive rött ljus.

Tabell 4.1. Föremåls färg i ljus med olika färger. Procentuell fördelning av elevsvar på olika kategorier.

Kategori	Andel
1. Ljuset med färg har ingen effekt på föremålet	6
2. Ljuset med färg är mörkt så att föremålet blir mörkare	19
3. Färgen på ljuset blandas med föremålets färg	47
4. Ljuset ger sin färg till föremålet	12

Efter att eleverna avgett sina svar fick de se hur föremålen såg ut i ljuset under de färgade lamporna. Generellt skapade eleverna förklaringar till vad de såg som passade ihop med de förutsägelser de gjort.

När det gäller ljus som passerar exempelvis en färgad glasskiva är det vanligt att elever i skolår 9 säger att ljuset färgas av den färgade glasskivan (Andersson m.fl., 1997; Andersson & Kärrqvist, 1981). Andra förslag var att reflektion och brytning kunde orsaka att färgen ändrades. 10 % av eleverna gav svar som går ut på att en del av ljuset filtreras bort och endast den röda delen av ljuset passerar glasskivan (Andersson m.fl., 1997).

4.10 Flickor, pojkar och naturvetenskap

Sedan tidigare är det känt (Lee & Burkam, 1996; Ramstedt, 1996; Skolverket, 1996) att fysik är ett av de ämnen i skolan där pojkar ofta presterar bättre på skriftliga test än vad flickor gör. Skillnaderna mellan pojkar och flickor har också visat sig vara större i gruppen högpresterande elever (Lee & Burkam, 1996; Ramstedt, 1996). Trenden är dock att skillnaderna minskar mellan pojkars och flickors skriftliga prestationer i Sverige, Norden och internationellt om man jämför 1970- och 1980-talen (TIMSS, 1996) med hur det ser ut idag. I biologi ser bilden lite annorlunda ut. Flickorna är en aning bättre än pojkarna vid skriftliga test (Lee & Burkam, 1996).

Efter att det i många år varit fler pojkar än flickor som valt naturvetenskapligt program på gymnasiet har detta nu utjämnats (SCB, 2000). När det gäller naturvetenskapligt-tekniska utbildningar med inrikt-

ning mot fysik på universitet och högskolor är det männen som utgör den största andelen studerande (Fysik, 2000). Bilden är dock inte likadana oberoende av vilket naturvetenskapligt ämne som avses. Om man exempelvis studerar könsfördelningen på kemitekniska utbildningar är det ofta 50 % kvinnor och 50 % män på utbildningarna.

Det konkreta innehållet i geometrisk optik är till största delen hämtat från fysik och det är sannolikt att flickor och pojkar hanterar innehållet i optikundervisningen på lite olika sätt.

4.11 Bestående eller övergående föreställningar?

Många av de föreställningar som finns representerade bland elever i grundskolan finns också bland vuxna (Smith, 1987). I detta sammanhang är det viktigt att påpeka (Hawkins, 1982 citerad i (La Rosa m.fl., 1984)) att det inte skall tolkas som att just dessa vuxna är barnlika i sina uppfattningar utan snarare så att det inte på något sätt är självklart att människor i takt med att de blir vuxna skapar sig mer mogna naturvetenskapliga teorier med vilka de betraktar och förstår världen. Vi kan alltså inte hoppas på att elevernas föreställningar automatisk under en allmänt mognande process kommer att förändras till att bli mer naturvetenskapliga i vuxen ålder.

4.12 Tidigare undervisningsförsök inom optik

I en spansk undersökning (Perales & Nieves, 1995) gjorde man ett experiment på två olika nivåer, ett i årskurs 7 i motsvarigheten till den svenska grundskolan och ett med andraårsstudenter på lärarutbildningen. De ville testa om undervisning utformad med "conceptual change" som metod kunde leda till bättre resultat än traditionell undervisning. Experimentundervisningen innebar att först kartlägga elevernas förföreställningar, kontrastera dessa mot de vetenskapliga, försöka medverka till "conceptual change" och slutligen låta eleverna använda de nya kunskaperna. De designade experiment för att orsaka kognitiva konflikter med vilka varje elev jobbade självständigt. De fick dock inga signifikanta skillnader mellan experimentgrupp och kontrollgrupp. Eftertesten gjordes en vecka efter avslutat undervisning. De rekommenderar att framtida studier bör försöka kontrollera så många variabler som möjligt som rör klassrumsklimatet och endast ändra metoden för undervisningen. De föreslår också att man bör utöka tiden mellan undervisning och eftertest.

I ett australiensiskt undervisningsexperiment (Fetherstonhaugh & Happs, 1988) använde man sig av en liknande strategi (Posner m.fl., 1982) vid planeringen av undervisningen. En skillnad var dock att man här ägnade en del tid till att låta eleverna uttrycka sina egna ståndpunkter och att de diskuterade dessa med varandra (och läraren)

en del. Det gavs också tillfälle för eleverna att testa sina kamraters förslag och även en modell som läraren presenterade. De använde sig av experiment som involverade elevernas egna kroppar och upplevelser för att bygga upp situationer som byggde på idén med kognitiv konflikt. Tre månader efter avslutad undervisning genomfördes test och intervjuer och man fann framsteg i elevernas sätt att svara på uppgifterna och sätt att resonera. Notabelt är att man i denna studie explicit undervisade om sådant som normalt tas för givet, exempelvis villkor för seendet.

På gymnasienivå inom ett tekniskt program i Israel (Reiner & Finegold, 1987) har man testat att utveckla datorsystem som mäter och analyserar mätdata. Informationen från detta system blir tillgängligt för eleverna samtidigt som mätdata direkt från experimentet. Hypotesen var att detta skulle öka graden av "intelligibility" begriplighet (Posner m.fl., 1982; Scott m.fl., 1992). Det visade sig att eleverna i stort sett inte ändrade sig alls trots den nya laborationsmetodik. Man tog då ytterligare ett steg, nämligen att arrangera labsituationer där eleverna blev utsatta för kognitiva konflikter. Därutöver konfronterades varje elev med frågor av en intervjuare som tvingade fram "oförmågan" att förklara observerat fenomen. Slutligen arbetade man med att presentera valida förklaringsmodeller genom analogier.

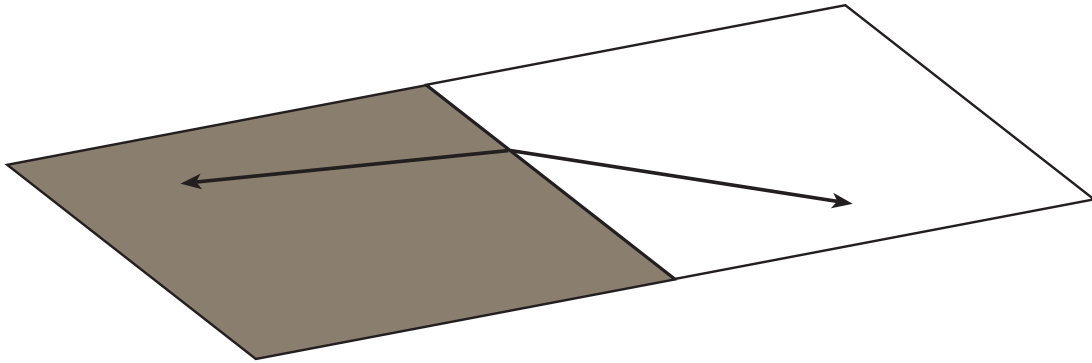
Efter dessa avslutande åtgärder kunde man konstatera att många av eleverna förändrat sitt sätt att resonera om ljus som elektromagnetisk vågrörelse, men betydligt färre när det gäller seende och ännu färre när det gäller färger.

I en studie med förskolebarn (Fleer, 1996) använde man sig av en undervisningsstrategi inspirerad av Biddulph och Osborne (Fleer, 1996). Inspiration hade även hämtats från Vygotsky, Bruner och Haste när det gäller begreppet "scaffolding". Mycket av undervisningen företogs i ett mörkrum där lärarens spelade en aktiv roll genom att interagera med eleverna i diskussion och instruktion. Förutom att eleverna fick uppleva och observera många olika företeelser fick de också höra språkliga konstruktioner för att beskriva och etikettera deras erfarenheter.

Resultaten visar på en tydlig utveckling av barnens sätt att resonera om ljus och mörker under de två veckor de undervisas.

Treagust, Harrison och Grady (1996) har gjort ett undervisningsförsök där de i en undervisningsgrupp introducerade en analogi avsedd att hjälpa eleverna att förstå ljuset brytning. En annan grupp undervisades, av samma lärare, utan analogi. Analogin bygger på att en axel med ett hjul i vardera änden rullar med olika motstånd över varierande

de underlag. Om det ena hjulet rullar på ett trögt underlag och det andra hjulet på ett hårt kommer hjulparet att svänga mot det tröga underlaget. Efter att även det andra hjulet kommit in i det nya området kommer hjulparet att rulla utefter en rät linje, men med en annan riktning än från början. Om passagen sker från det mjuka till det hårda området kommer det hjul som först kommer ut på det hårda underlaget att rulla lättare och det leder till att hjulparet svänger i riktning mot gränsen mellan de två materialen.



Figur 4.16. Beskrivning av hur hjulparet svänger när det rullar från ett hårt område till ett trögt och tvärtom. Det mörka området representerar det med större friktion.

Förklaringen till att hjulparet svänger står att finna i att hjulen rullar långsammare i området med det tröga underlaget än vad de gör i området med det hårda underlaget. Detta är en egenskap som kan överföras till hur ljus beter sig när det passerar in och ut ur exempelvis ett glasprisma. Man förklarar ljusets brytning med att ljuset har olika hastighet i olika medier. Ju långsammare ljuset går desto större brytning (under förutsättning att inte ljuset passerar mellan ämnena i rät vinkel).

I undervisningen förklarades ljusets brytning genom att jämföra hur olika delar av ljuset passerar gränsen mellan två material med hur först det ena hjulet byter underlag och att då hjulparet svänger för att lite senare båda hjulen färdas utefter en ny rät linje.

Eleverna i experimentgruppen uppvisade inte signifikant bättre resultat på ett "traditionellt" skriftligt test efter undervisningen. Däremot tycks de tre månader efter avslutad undervisning kunna resonera sig fram till klart bättre förklaringar än kontrollgruppen. Analogin hjälper eleverna att förstå, tro på och tillämpa sina naturvetenskapliga kunskaper när det gäller annars olösta problem.

Goldberg och Bendall (1992) har utformat en, på ämnesdidaktisk forskning baserad, undervisningssekvens där de tar hjälp av ett interaktivt IKT-läromedel med till viss del manipulerbara videosekvenser

Frank Bach

på datorer. De har konstaterat att många studenter har svårigheter med att koppla samman den grafiska representationen av geometrisk optik med de fenomen de observerar. Genom datortillämpningarna hoppades de, genom att dela upp rutan i två delar där man samtidigt kan se både experimentet "live" och en geometrisk representation av experimentet, kunna underlätta för studenterna att göra dessa kopplingar.

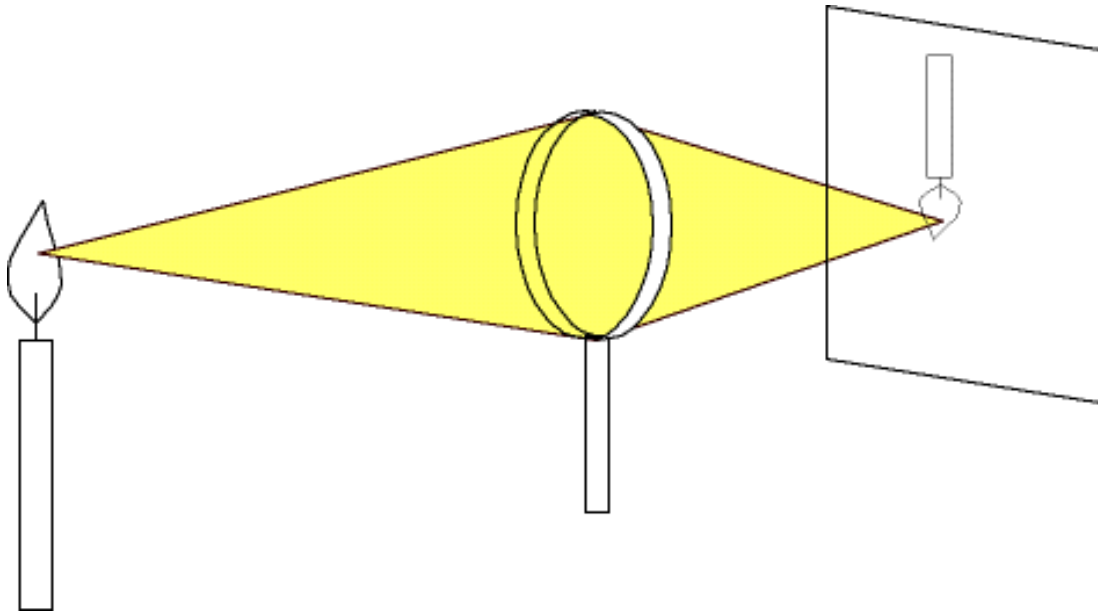
En annan idé var att alltid låta två personer arbeta tillsammans vid datorerna. Tanken med detta var att studenterna skulle diskutera sina förutsägelser till de experiment som skulle genomföras.

Sju enheter om geometrisk optik utvecklades: Ljuset och ögat, Belysning av en yta, Skuggor, Mönster från ljus som passerar små hål, Bilder skapade av positiva linser, Bilder i speglar, Bilder skapade genom brytning. I samtliga dessa enheter utgick man från forskningsresultat angående elevers föreställningar om de fenomen som enheten behandlar.

Varje enhet började med uppgifter där avsikten var att locka fram studenternas kunnande. De uppmuntrades att diskutera högt med varandra sina uppfattningar om de olika uppgifterna. Detta för att hjälpa studenterna att, för sig själva och varandra, klarlägga hur de inledningsvis resonerar om de olika fenomenen.

Uppgifterna i mitten av varje enhet var utformade för att utmana studenternas tänkande. När undervisningen genomfördes noterade man att ovanligt många, långa och känslomässigt intensiva diskussioner uppträdde. Till exempel var det ovanligt många som illustrerade med armar och händer vad de menade. Ett sådant beteende är ovanligt när "verklig" utrustning används i traditionella laborationer. I många fall löste studenterna uppgifterna med hjälp av sina "förkunskaper" och blev då ofta förvånade när de såg resultatet av uppgifterna.

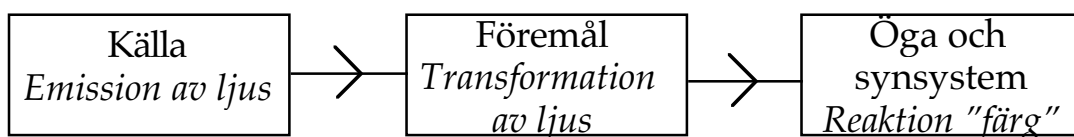
Författarna gör en noggrann genomgång av många detaljer när det gäller punktformig avbildning. De menar att dessa detaljer ofta tas för givna och aldrig blir föremål för vare sig undervisning eller reflektion från studenternas sida. Exempel på detta är att man ofta ritat ett par strålar från en punkt och tar för givet att alla förstår att man menar att ljus flödar överallt mellan dessa strålar. Strålarna ritas ofta i ett plan och man tar för givet att dessa beskriver ytan på en kon med spetsen i den punkt från vilken ljuset utgår.



Figur 4.17. Punktformig avbildning illustrerad med hjälp av ritade ljuskoner

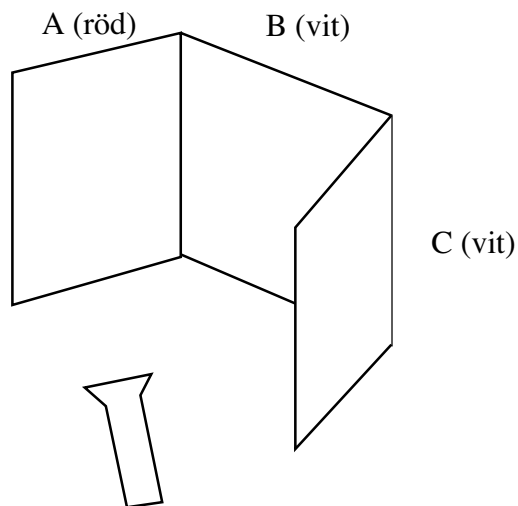
Andelen studenter som svarade tillfredsställande på en uppgift om avbildning med hjälp av konkava speglar ökade från 47% till 67% och från 38% till 86% för en uppgift om avbildning med prisma jämfört med före undervisning.

Chauvet har skapat och genomfört en undervisningssekvens om färger (Viennot & Chauvet, 1997) omfattande cirka 15 timmar. I denna bjuds eleverna bl.a. in till att studera experimentella uppställningar för att förutsäga, genomföra observationer (med guidning) och debattera med stöd från "begreppsliga verktyg", huvudsakligen ett som man valt att kalla "kedjan".



Figur 4.18. Kedjan: Analys av successiva förändringar i informationen om färg från källan till synsystemet

I detta arbete har man använt två olika undervisningsmetoder. Den ena innebär att man försöker använda de intuitiva, vardagliga idéer som eleverna använder spontant och vidareutveckla dessa. Den andra innebär att försöka försätta eleverna i "kognitiv konflikt". Den första metoden har använts exempelvis för att diskutera hur diffus reflektion går till.



Figur 4.19. Konstruktion avsedd för funderingar över hur sekundära ljuskällor fungerar

Genom att lysa med vitt ljus på först en röd pappersskiva och sedan en grön ter sig den vita pappersskivan (C) först lite rosaaktig för att vid belysning av den gröna skivan se grönaktig ut. Det framstår som klart att det finns en länk mellan färgerna på de två inblandade skivorna. Den andra skivan har tagit emot något från den första. Experimentet görs för att introducera diffust "färgat" ljus.

Som kontrast till denna metod att undervisa introducerades en frågeställning om vilken färg en ljusfläck skulle få om man blandade rött och grönt ljus. Båda utgör ungefär en tredjedel av spektrum. Elevernas förutsägelser var ofta att det skulle bli brunt eller ockra, men när experimentet genomfördes blev det istället en gul fläck. Detta var för de flesta överraskande och i en del fall inte ens övertygande. I de diskussioner som uppstod noterades att det var relativt vanligt att eleverna inte såg att ljusfläcken var gul utan "brunaktig".

Detta tas som ett tecken på att även om undervisningen innehåller möjligheter för eleverna att göra förutsägelser och observationer som uppföljning och trots att dessa kan innehålla överraskningar är det endast ett första steg mot förståelse. Det krävs även att eleverna söker efter konsistens, stödda av ett begreppsligt strukturerande verktyg, för att de skall få möjlighet att utveckla sina begrepp mot det naturvetenskapliga synsättet.

På samma sätt kan man resonera om det första experimentet om diffus reflektion ovan. Även om det "sunda förnuftet" i det här fallet inte motstrider den naturvetenskapliga beskrivningen återstår mycket innan eleverna når en god förståelse av reflektion och seende.

Viennot och Chauvet avslutar med att föra fram att det inte är tillräckligt att studera elevernas eventuella framsteg kopplat till en förändrad

undervisning utan man måste också studera hur lärarna förstår den föreslagna undervisningsstrategin.

Sammanfattningsvis indikerar dessa studier om undervisningsexperiment att det är större chans att lyckas om eleverna får ge uttryck för sina idéer och diskutera dessa med varandra och läraren samtidigt som läraren presenterar alternativ som utvärderas. Enbart upplevelser via experiment med lite social interaktion förefaller mindre framgångsrikt.

5 Optikundervisning i grundskolan

Ett självklart och kanske naivt svar på frågan "varför optik i skolan" är att det är fastlagt i grundskolans kursplaner. Detta faktum är dock en viktig utgångspunkt vid planering av en undervisningssekvens. Enligt Lpo-94 och den första upplagan av kursplanerna till densamma skall följande mål ha nåtts i årskurs 9:

– Eleven skall känna till hur ljuset utbreder sig, reflekteras, absorberas och bryts.

Skolan skall också i sin undervisning sträva efter att eleven

– utvecklar kunskaper om den linjära optikens strålmödel och förståelse för att ljuset också kan uppfattas som en elektromagnetisk vågrörelse.

Dessa mål är relativt kortfattade och komprimerade. Därför är det nödvändigt med en tolkning och utvidgning av dem.

5.1 Motiv för optik i grundskolan

Kännedom om ljuset och dess egenskaper är en hjälp att förstå olika fenomen i omvärlden, t.ex. skuggors form och storlek, spegling i blanka ytor och månens faser.

Optiskt kunnande kan också bidra till förståelse av hur vanligt förekommande teknisk utrustning fungerar, t.ex. kameran, förstoringsglasat och bilstrålkastaren.

Att skapa förståelse för livets villkor är ett grundläggande och självklart inslag i skolans undervisning. I detta sammanhang är rådande strålningsförhållanden av stor vikt. Jordens varierande orientering i förhållande till solen ger upphov till årstider. Skillnader i instrålning på olika breddgrader skapar också olika förutsättningar för livet – från tropikernas hetta till polarregionernas köld. Ett annat exempel är jordens strålningsbalans, för vilken växthuseffekten spelar en viktig roll. Leder människans verksamhet till förändring av denna effekt? Vilka blir i så fall konsekvenserna? Då det gäller att förstå och delta i debatten om dessa frågor är begrepp från optiken till god hjälp.

Avsnittet optik är också lämpligt när det gäller att ge eleverna insikter i naturvetenskapligt arbetssätt. Naturvetenskapen vilar, kan man säga, på två fundament. Det ena är den axiomatiskt-deduktiva metoden, som skapades av grekerna. Utgående från ett antal grundantaganden, eller axiom, härleddes logiska konsekvenser. Det andra fundamentet

byggdes senare, under renässansen, då man började pröva de härleda konsekvenserna med experiment, vilket kunde leda till revision av uppställda grundantaganden eller postulat. Detta brukar kallas det hypotetiskt-deduktiva arbetssättet.

Den geometriska optiken bjuder på goda möjligheter att pröva detta arbetssätt utan att matematik behöver användas. I stället kan elever och lärare tillsammans formulera enkla teoretiska påståenden för att sedan pröva dessa med experiment och på så sätt bygga upp en teori om ljusets egenskaper.

Slutligen noteras, att människan i årtusenden varit, och fortfarande är, intresserad av hur seendet går till. Den idéhistoriska utvecklingen torde i sina huvuddrag vara fattbar, och kanske också fascinerande, för eleverna. De kan t.ex. jämföra sina egna vardagsföreställningar med idéer formulerade av grekiska filosofer och finna vissa likheter.

Idéhistoriskt kunnande och egen erfarenhet av hypotetiskt-deduktivt tänkande kan bidra till förståelse av den intellektuella dynamiken i det företag som kallas naturvetenskap.

5.2 Mål efter undervisning

Av tidigare avsnitt har framgått att det råder en skillnad mellan vardaglig och vetenskaplig begreppsvärld när det gäller att förstå och förklara fenomen som rör ljuset och dess utbredning och egenskaper. Frågan är vilken ambition skolan skall ha inom detta område? I Tabell 5.1 föreslås hur vardagens begrepp om optik kan vidareutvecklas.

Tabell 5.1. Aspekter av begrepp om optik i vardagstänkandet och i skolans naturvetenskap

Aspekt	Vardagstänkande	Skolans naturvetenskap
Ljusets existens och egenskaper.	Ljus förknippas med dess källa och/eller effekter.	Ljuset finns i rummet, skilt från källor och effekter.
Ljusets utbredning.	Ljus kan uppfattas som något statiskt och kopplas inte till rörelse, ljus kan vara ett tillstånd	Ljus <u>utbreder</u> sig med $3 \cdot 10^8$ m/s från en källa i rummet utefter oändligt många räta linjer
Konservation av ljus	Ljus kan förstärkas eller försvagas av en lins. Ljus kan försvagas och försvinna då det är tillräckligt långt från ljuskällan	Ljus konserveras om det inte absorberas av ett materiellt medium. Intensiteten avtar med kvadraten på avståndet från ljuskällan
Ljusets energi-aspekt	Ljus kan förstärkas eller försvagas när det passerar genom eller reflekteras mot föremål. Ljus kan värma föremål.	Ljus absorberas, transmitteras eller reflekteras, olika mycket i olika media. En del av ljuset kan övergå i inre energi hos olika system

<p>Ljus och seende</p>	<p>Ögat är aktivt vid seende; ögat skickar ut något för att kunna se.</p> <p>Det är dock nödvändigt att ett föremål är belyst för att man skall kunna se. Länken mellan föremål och öga är inte nödvändigtvis fysikens ljus (seende och ljus är inte begreppsligt integrerade).</p>	<p>För att man skall kunna se en punkt måste ett strålknippe från punkten träffa ögat.</p>
<p>Ljus och skuggor</p>	<p>Skuggor kan uppfattas som en bild, som något som tillhör ett objekt</p>	<p>Skugga uppstår då ljus hindras att komma fram. Dit ljuset inte når blir det skugga.</p>
<p>Avbildning</p>	<p>Speglar speglar, förstoringsglas förstorar, kameror tar bilder. Bilder transporteras från föremål och förändras på olika sätt av optiska system</p>	<p>Punktformig avbildning, t.ex. När ett strålknippe som divergerar från en punkt P på ett föremål och på grund av brytning eller reflektion möts igen i annan punkt P_1, ger strålknipppet upphov till en bild av punkten P i P_1.</p>
<p>Föremåls färg</p>	<p>Föremåls färg är en absolut egenskap (färg och ljus är inte begreppsligt integrerade)</p>	<p>Hur ett föremål uppfattas av människan beror på vilket ljus som träffar föremålet och vilka delar av det som reflekteras</p>

Färgfilter	Ljus färgas om det passerar ett färgat filter	Ljus absorberas selektivt av filtret. Ljuset som passerat filtret saknar en del våglängder (eller "färger") som absorberas
------------	---	--

Optik som kunskapsområde är ett nätverk av begrepp som ger varandra mening. Därför är det svårt att formulera exakta mål i punktform som inte griper in i varandra. Sådana formuleringar kan inte heller täcka in allt, men här följer ändå ett förslag.

1. Eleven skall kunna använda modellen "ljus existerar och utbreder sig linjärt i rummet" för att förklara enklare optiska fenomen.
2. Eleven skall veta att, och med vilken fart, ljuset färdas genom vakuum och känna till längdenheten ljusår.
3. Eleven skall förstå att för att vi skall kunna se måste ljus flöda från föremål till och in i ögat.
4. Eleven skall veta hur ljus reflekteras i olika ytor och kunna använda en linjär strålmödel för att beskriva detta.
5. Eleven skall veta hur ljus bryts när det passerar från ett optiskt tunnare till ett optiskt tätare medium och tvärtom och känna till fenomenet totalreflektion.
6. Eleven skall veta att vitt ljus består av alla spektrums färger, att föremåls färger beror på selektiv reflektion och att filtrering innebär selektiv transmission av ljus.
7. Eleven skall förstå att ljusstrålar som kommer från en punkt på ett föremål och som sammanstrålar i en punkt någon annanstans orsakar en bild av punkten på föremålet.
8. Eleven skall kunna förklara hur en skenbild av en punkt på ett föremål uppstår efter reflektion eller brytning.
9. Eleven skall kunna förklara olika astronomiska observationer som rör solen, månen, och jorden med hjälp av den geometriska strålmödeln för ljuset.

6 Förslaget till förändrad undervisning

Idéerna om att utveckla ett förslag till förändrad undervisning dök upp i samband med analysen av resultaten från optikdelen i Utvärderingen av Grundskolan 1995 (UG-95) (Andersson m.fl., 1997). Detta arbete inspirerade till att utveckla materiel som skulle kunna användas som uppgifter, experiment, gruppdiskussioner, storgruppsdiskussioner och hemarbete.

6.1 Undervisningsfilosofi

Ett syfte med förslaget till förändrad undervisning⁶ är att försöka påverka lärarna till att utveckla ett aktivt förhållningssätt till elevernas föreställningsvärld inom optik. Ett annat är att komma med konkreta förslag till innehåll i undervisningen som ger eleverna möjlighet att reflektera över sina egna och andras föreställningar inom området. Undervisningsförslaget innehåller också en "grundskoleanpassad" teori om ljusets utbredning, reflektion, brytning och absorption. Ett tredje syfte är att lärarna skall reflektera över relationen mellan naturvetenskapliga teorier och de observationer man gör i samband med experiment och tolkningar av observationerna och vilken betydelse detta kan ha för undervisningen.

Mycket av materialet i lärarhandledningen är intimt knutet till forskning om ungdomars sätt att besvara frågor inom optik, men det rymmer också en undervisningsfilosofi som inspirerats av mer övergripande perspektiv på lärande. Undervisningsfilosofin bygger på ett försök att samordna fyra perspektiv i lärarens arbete, nämligen elevens, samhällets, innehållets och ett som man brukar kalla "nature of science". Uppdelningen av undervisningsfilosofin i fyra perspektiv innebär dock inte att dessa är separata, utan delarna påverkar hela tiden varandra så att en ny helhet uppstår.

Elevperspektivet innebär att man sätter sig in i forskningsresultat angående elevernas tänkande och svårigheter att förstå innehållet i det aktuella området. Åtskillig tid ägnas åt vad dessa resultat kan ha för praktiska konsekvenser i undervisningen. I sammanhanget är det också av vikt att fundera över vad elever på den aktuella utbildningsnivån kan vara i stånd att prestera med tanke på utveckling, mognad och erfarenheter av innehållet.

⁶ Beskrivningen av förslaget till förändrad undervisning bygger till stora delar på lärarhandledningen (Andersson & Bach, 1997) och för utförligare läsning hänvisas till den.

Samhällsperspektivet betyder att man försöker förstå, och omsätta i praktiken, de mål och intentioner som är formulerade i läroplan och kursplaner. Det innebär att de relativt kortfattade formuleringarna i officiella texter tolkas och formuleras mer utförligt. Forskningsresultat kan dock leda till att en del av målen i läro- och kursplaner ifrågasätts och att nya formuleras och provas.

Innehållsperspektivet är naturligtvis mycket viktigt. Det är av vikt för både lärare och ämnesdidaktiska forskare att förbättra sitt ämneskunnande genom diskussioner och på annat sätt, så att innehållet blir tydligare och mer sammanhängande. Begrepp är inget som man antingen har eller inte har. De förändras ständigt. När man som lärare/forskare skapat kunnande om elevuppfattningar förändras också innehållsperspektivet en del. Nya mål för det innehållsliga lärandet kan uppstå. Ett exempel på detta är att ett uttalat mål att eleverna skall förstå villkoren för seende med största säkerhet inte skulle uppstå ur ett rent ämnesperspektiv eller ur ett rent pedagogiskt – allmändidaktiskt perspektiv. Det är först när man kombinerar ämnesinnehållet med elevernas försök att förstå detta innehåll som en sak som denna blir ett intressant innehåll för undervisningen.

"Nature of Science"

Forskning om elevuppfattningar har visat att dessa kan vara kontextbundna (Säljö, 2000b) och relativt tillfälliga till sin natur. En hypotes är att detta delvis kan förklaras genom skillnader mellan vardagstänkandets och det vetenskapliga tänkandets krav på konsistens och motsägelsefrihet. Generellt kan skillnader i systemegenskaper sammanfattas som i nedanstående tabell.

Tabell 6.1. Systemskillnader mellan vardagligt och vetenskapligt tänkande (Andersson, 2000a, sid. 16)

Vardagstänkande	Vetenskapligt tänkande
Omedvetet	Medvetet
Situationsbundet	Generellt
Mindre krav på inre sammanhang och logik	Logiskt invändningsfritt, systematiskt organiserat
Formas omedvetet i olika situationer, kunskapsbit läggs till kunskapsbit	Artikuleras medvetet och har tillväxtförmåga

Det kan alltså vara lämpligt att medvetet ta upp och diskutera vad naturvetenskaplig teori och modell är och relationen mellan teori – modell och den fysikaliska värld som den beskriver.

En teori har till syfte att beskriva det studerade fenomenets art, klargöra hur det skall uppfattas, tala om vad som är väsentligt (i ett givet sammanhang) samt hur olika faktorer hänger samman och förklaras (Wallén, 1996). Enligt denna beskrivning består en teori av begrepp, modeller, förklaringar samt sammanhang och strukturer. Begreppen utgör grunden för teorin genom att karakterisera objekt, fenomen eller händelser. Begreppen utmärks ofta av att de inte är möjliga att formulera med en språklig omskrivning. De är istället ofta av abstrakt hypotetisk karaktär.

Modeller är en annan viktig aspekt av en teori. En modell anger ofta hur olika företeelser hänger ihop och är en förenkling som medvetet bara tar upp det mest väsentliga. En tredje viktig del i en teori är förklaringar. En av de mest framträdande skillnaderna mellan teorier och beskrivningar är just att det i teorier ingår förklaringar.

Vad menar vi då med förklaring? Man brukar skilja på orsaksförklaringar, funktionella förklaringar och ändamålsförklaringar (Elster, 1990). I en orsaksförklaring förklaras ett fenomen med dess orsaker. En funktionalistisk förklaring kan sägas vara raka motsatsen till en orsaksförklaring. Ett fenomen förklaras genom vad det är orsak till. Med en ändamålsförklaring förutsätts att det finns någon eller något som har som målsättning just det man hänvisar till som förklaring. Dessa tre huvudformer kan kompletteras med (Wallén, 1996) systemförklaringar och historiska förklaringar. Systemförklaringar tar vid där orsaksförklaringar inte längre räcker till. Ett exempel kan vara när man studerar energi- och materiaanvändning i ett samhälle, mänskliga såväl som andra arters samhällen. En annan aspekt av en teori är dess förmåga att förutsäga framtida händelser. Inom naturvetenskap är det ofta möjligt att teorin kan förutsäga, men inom exempelvis olika delar av samhällsvetenskaperna är förutsägelser ofta varken meningsfulla eller möjliga.

Sammanfattningsvis är den teori som är aktuell i förslaget till förändrad undervisning, teorin om ljusets egenskaper och utbredning, en teori som innehåller orsaksförklaringar, ger möjligheter till förutsägelser samt reducerar den komplexa verkligheten till ett mindre antal abstrakta begrepp och modeller. Ett viktigt inslag i förslaget är att på olika sätt fokusera vardagstänkandets systemegenskaper och jämföra med det vetenskapliga tänkandets systemegenskaper.

Motivation

Det finns olika idéer om hur man skall kunna skapa motivation. En är att så mycket som möjligt utgå från vardagssituationer för att erbjuda relevans och fånga intresset. Detta är viktigt, men också att intressen ofta är väldigt personliga och att det inte är lätt att erbjuda vardags-

kontexter som alla elever är genuint intresserade av, samtidigt som dessa skall vara i samklang med målen för undervisningen. Därför är målsättningen att försöka väcka intresse genom uppgifter som har ljusets egenskaper som huvudsakligt fokus.

Konstruktivistiskt synsätt

En grundläggande konstruktivistisk attityd är att lyssna på eleven och försöka förstå honom eller henne. Den kanske viktigaste faktorn för att undervisning skall kunna bli framgångsrik är att försöka kartlägga elevernas föreställningsvärld och undervisa utifrån detta (Andersson, 1985, 2000a, 2000b; Ausubel, 1968; Driver, Asoko, Leach, Mortimer, & Scott, 1994; Furth, 1969, 1970/1977)

Konstruktivismen leder också till att se naturvetenskapen som en kultur (Sjøberg, 2000) och eleverna erbjuds bli delaktiga efter intresse och förmåga. Kultur innebär ömsesidighet, skapande, givande och tagande. Undervisningsmetoder av den typ Lemke (1998) rekommenderar, t.ex. problemlösning i grupp, där en diskussion bland eleverna leder till att de producerar ett skriftligt svar på en given uppgift, har tagits med i förslaget till förändrad undervisning.

6.2 Innehåll och uppläggnig

Lärarhandledningen innehöll relativt omfattande bakgrund med optikens historia, den geometriska optiken modell av ljuset, elevföreställningar om ljus och seende, förslag till mål och en beskrivning av undervisningsfilosofin.

Därefter följde undervisningsförslaget som här presenteras i punktform:

Del 1: Ljusstrålar går rakt och kan reflekteras

Ljusstrålar – syns de?

Vad tänker eleverna om länken mellan ljuskälla och effekt?

Idén om ljusstrålar introduceras.

Teorin används – skuggor

Teorin om ljusstrålar utvecklas – reflektion

Ficklampa

Reflektion i matt yta

Ljuset och seendet

Kan osynliga strålar göras synliga?

Korsande ljusstrålar

Ljusets hastighet

Instrålning mot en yta – årstider och temperaturzoner

Del 2: Ljustrålar bryts och ger olika färger

Teorin i gungning – går ljuset rakt?

Hur kan man beskriva brytning?

Teorin i gungning igen – var kommer alla färger ifrån?

Filter och färger

Del 3: Punktformig avbildning

Verkliga bilder med positiv lins

Speglar

Innehållet bakom varje rubrik är skrivet med utgångspunkt i forskningen om elevers förståelse och lärande av optiska fenomen. I materialet som lärarna fick ingår också en elevtext "Ludvig, Lisa och ljuset" och en problemsamling.

6.2.1 Exempel ur den alternativa elevtexten

Lärare och elever kunde använda den vanliga läroboken under det att de provade undervisningssekvensen. De hade också tillgång till en alternativ text om ljusets egenskaper och utbredning. Ett av inslagen i denna var ett sätt att beskriva relationen mellan teori och företeelser inom optik. Här följer ett avsnitt som handlar om just detta

Bakelsekalas med teoretiska förhinder

En eftermiddag unnar sig Ludvig och Lisa att gå på kondis. Gräddbakelser och kaffe för båda.

-Eftersom gräddbakelser är så otroligt goda måste de vara nyttiga på något sätt, tycker Lisa.

Ludvig nickar och mumsar i sig. När de hunnit till påtåren kommer Carolina – deras fysikfröken – in för att köpa vetebullar.

–Jaså, här sitter ni och kopplar av, säger hon. Det kan behövas efter den långa skoldagen. Det finns en hel del skoltrötta elever. Många menar att det beror på att skolan är alltför teoretisk.

–Vad är egentligen en teori, undrar Lisa.

–Det är en bra fråga, tycker Carolina. Men den är inte så lätt att svara på. Vi kan resonera om en teori som ni båda arbetat med den sista tiden – den om ljuset.

–Ja, den har jag till och med skrivit ned i min anteckningsbok, säger Ludvig. Han tar upp den och läser:

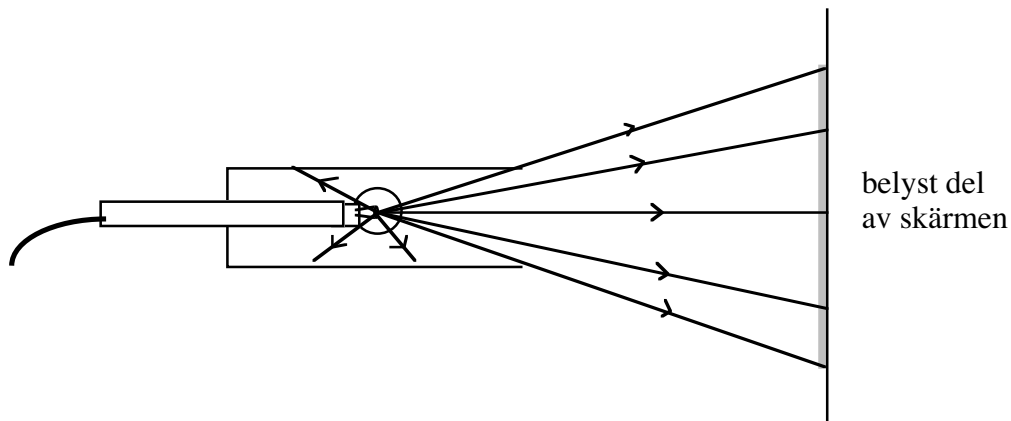
VÅR TEORI OM LJUSET

1. Från varje punkt på en ljuskälla går det ljusstrålar åt alla håll
2. Ljusstrålarna går rakt
3. Ljusstrålar kan reflekteras. Infallsvinkeln är lika med reflektionsvinkeln.

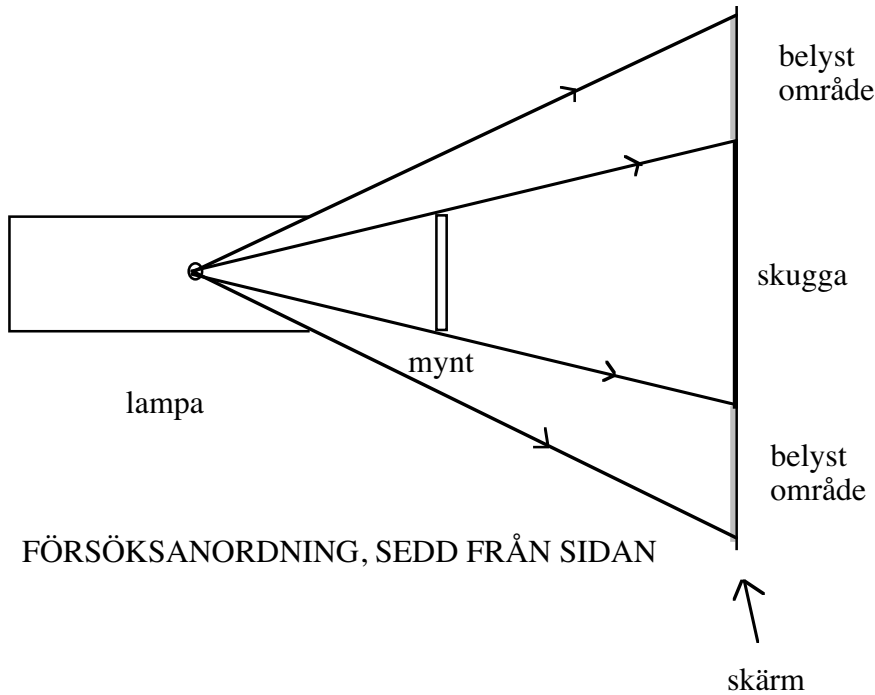
-Ja, där har vi teorin, säger Carolina. Då minns ni också att vi använt teorin till att förklara en hel del.

-Ja, säger Ludvig och Lisa samtidigt. De bläddrar i Ludvigs anteckningar.

-Vi förklarade varför det blev en rund cirkel av ljus på en skärm då vi satte på en lampa som var inuti ett slags rör. Ludvig visar sina anteckningar.



Och så förklarade vi varför det blev en rund och stor skugga då vi höll ett litet mynt framför öppningen, säger Lisa. Hon pekar på en bild i Ludvigs anteckningsbok.

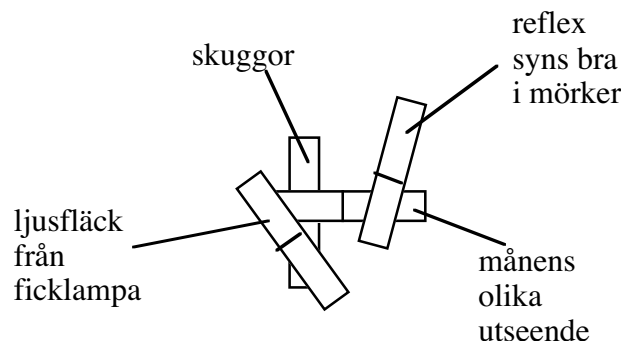


–Och när vi gjorde experiment med reflexen och spegeln i den mörka natten kunde vi förklara varför man såg reflexen från alla håll, men ljus från spegeln bara på ett ställe, påminner sig Ludvig. Och i skolan förklarade vi varför det blir en tydlig ljusfläck då man lyser med en ficklampa på en vägg.

– Ja, då har ni kanske upplevt att teorin om ljuset kan användas i en hel del olika sammanhang, säger Carolina. Tänk då på att teorin bara består av några meningar. Men dessa meningar uttrycker några verkligt väsentliga saker om ljuset. Det är med teorins hjälp som man förstår. Innan vi gick igenom teorin så visste ni

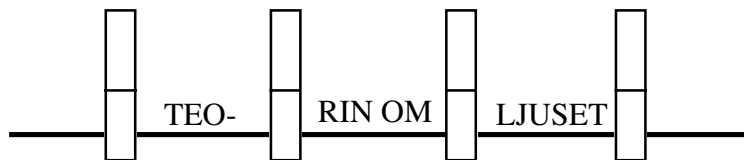
- att en ficklampa kan ge en ljusfläck
- att det finns skuggor
- att reflexer syns från olika håll i mörkret
- att månen har olika form

Vi kan likna dessa kunskapsbitar vid klädnypor som ligger huller om buller i en tvättkorg.



Men så införde vi teorin om ljuset. Den är som en tvättlina som gör att man kan ordna upp de olika kunskapsbitarna. Förut fanns de var för sig. Nu hänger de ihop tack vare teorin.

ljusfläck från ficklampa skuggor reflex syns bra i mörker månens olika utseende



–Jag vill verkligen inte se ut som en hög med klädnypor i mitt huvud, säger Lisa.

–Nej. Fint spända linor och prydligt uppsatta nypor skall det vara, tycker Ludvig. I varje fall i mitt huvud.

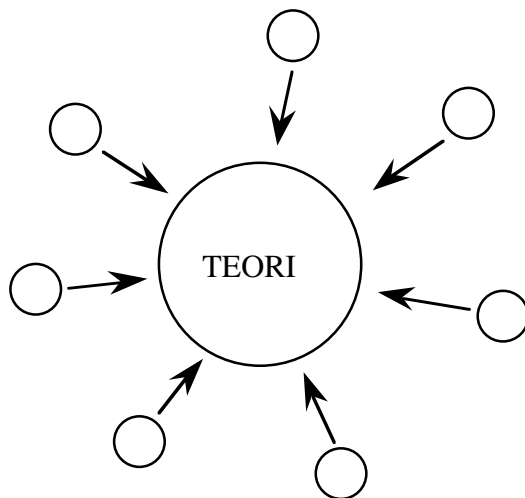
–Ni har tydligen fattat galoppen, replikerar Carolina. Men så lätt går det nu inte. Man får räkna med en hel del oordnad kunskap. Men en teori hjälper till att ordna upp åtminstone delar av det man vet. Den är också ett verktyg som kan användas då man lär sig nya saker. Men detta går inte av sig själv. Man måste öva sig genom att använda teorin gång på gång – som vi försöker göra i skolan.

–Men om en teori fungerar på det här sättet, då kan väl skolan inte vara för teoretisk, framkastar Ludvig. Det måste ju vara bra om man får ordning i sitt huvud. Det kan man väl inte bli trött av?

–Det var en intressant tanke, tycker Carolina.

Lisa har nu fått en idé. Hon tar upp en kulspetspenna och ritar på servetten. Hon säger:

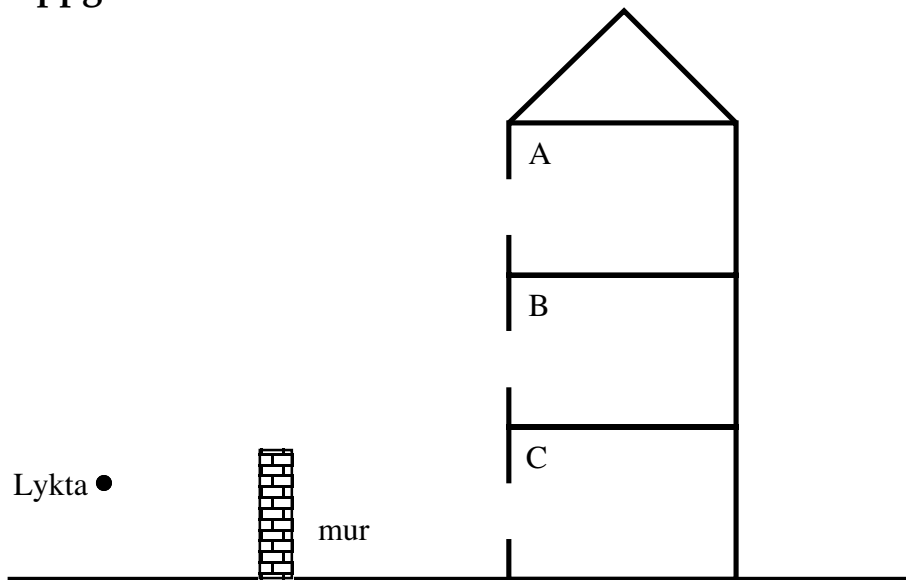
–Man skulle kunna tänka sig en teori som en stor kunskapsbit, och att den har dragningskraft på små kunskapsbitar. Så här:



Ludvig tycker det är lite konstigt att en så stor kunskapsbit kan uttryckas med så få ord, men det blir ingen diskussion om detta. Carolina måste skynda sig hem till sina kaffegäster. Det sista hon ser av Ludvig och Lisa genom fönstret är att de står vid bakelsedisken och pekar och tittar i sina plånböcker...

6.2.2 Exempel ur problemsamlingen

Uppgift 1



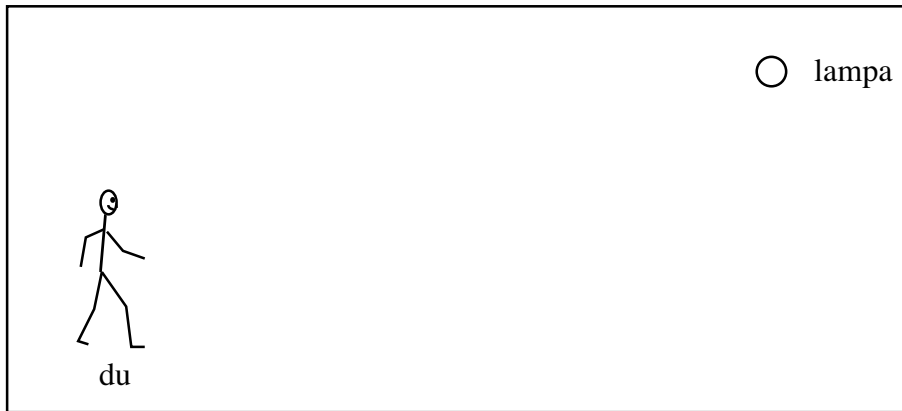
Bilden visar ett hus med tre lägenheter (A, B, C) i genomskärning. Några fönsteröppningar visas också i bilden. En natt blir det strömavbrott. Det blir kolsvart i hela samhället. En man håller upp en lykta som lyser mycket starkt åt alla håll. (Se bilden!)

- Hur stor del av husväggen blir belyst?
 - Hur stor del av varje lägenhet blir belyst?
 - Från vilka fönster syns lyktan!
- Rita och förklara dina svar!

Frank Bach

Uppgift 2

Du är ute i den kolmörka natten. Långt bort kan du se en liten lampa lysa.

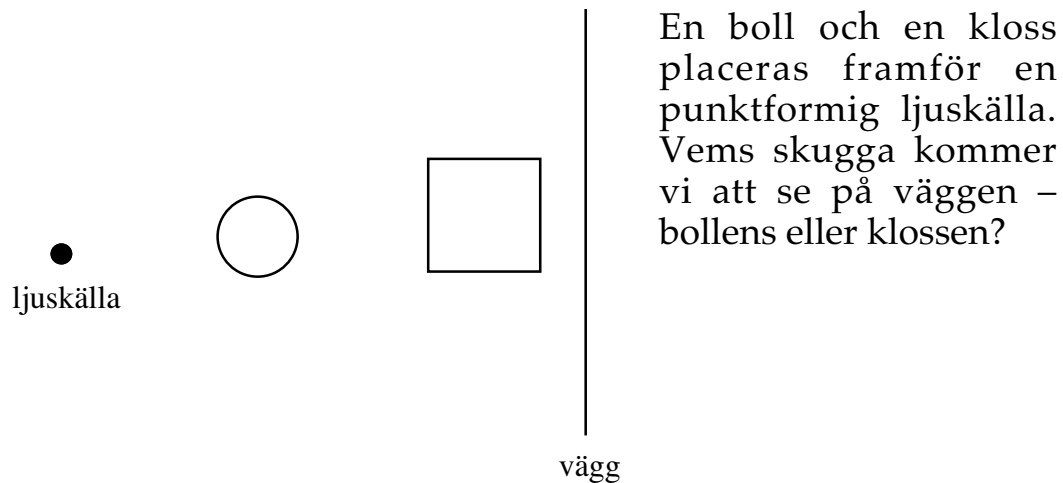


Visa i teckningen var det finns ljus! Förklara varför du tycker att det är ljus på de platser du har markerat!

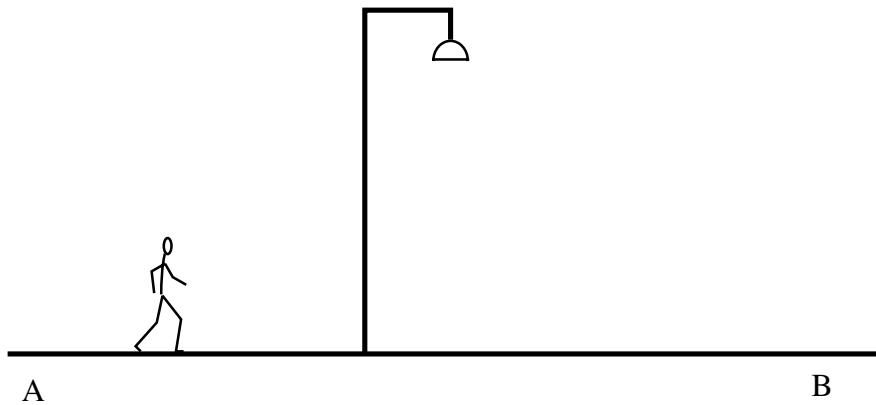
Uppgift 3

Tänk på ditt dagliga liv och vad du har upplevt, och försök komma på iakttagelser som bekräftar att ljuset utbreder sig längs räta linjer!

Uppgift 11



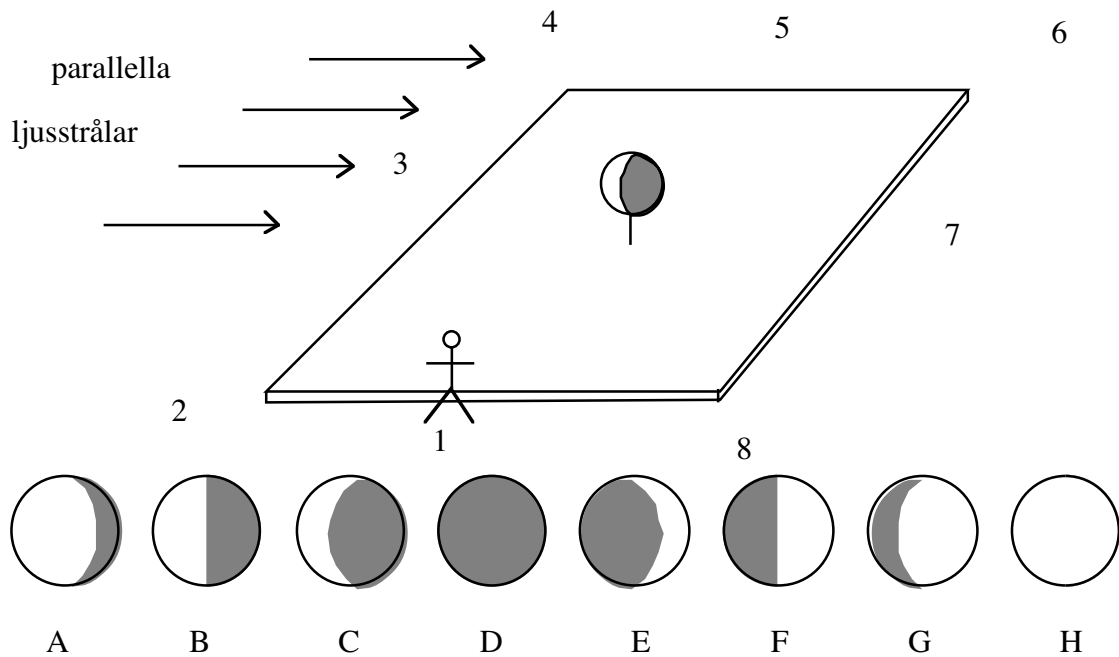
Uppgift 12



Beskriv hur nattvandrarens skugga ändrar sig då han går från A till B!

Uppgift 15

På en kvadratisk träskiva har man placerat en pingisboll på en pinne. Bollen belyses från vänster. Ljusstrålarna från ljuskällan är nästan parallella.

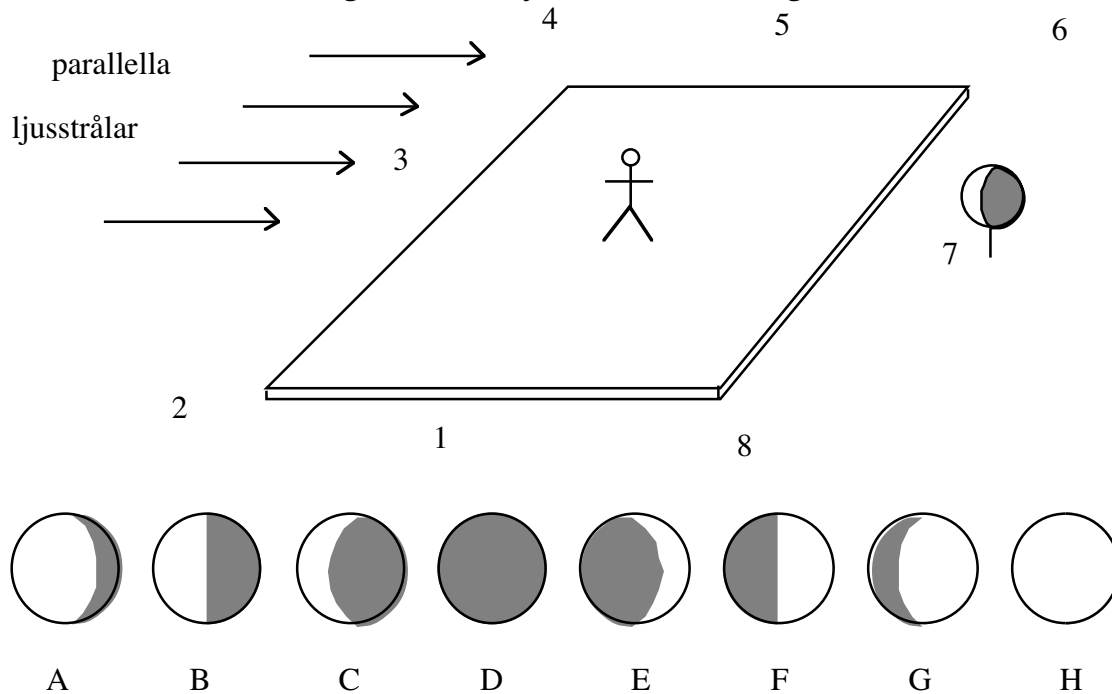


Tänk dig att en liten gubbe promenerar runt träskivan och betraktar den belysta bollen från olika ställen. Vilken av A till och med H ser han tagit då han befinner sig i läge

1: ___ 2: ___ 3: ___ 4: ___ 5: ___ 6: ___ 7: ___ 8: ___

Uppgift 16

I den här uppgiften byter gubben och pingisbollen plats. Gubben promenerar inte. Han står hela tiden i mitten, men han kan vrida sig och se i alla håll. Pingisbollen flyttas till olika lägen (1 till och med 8).

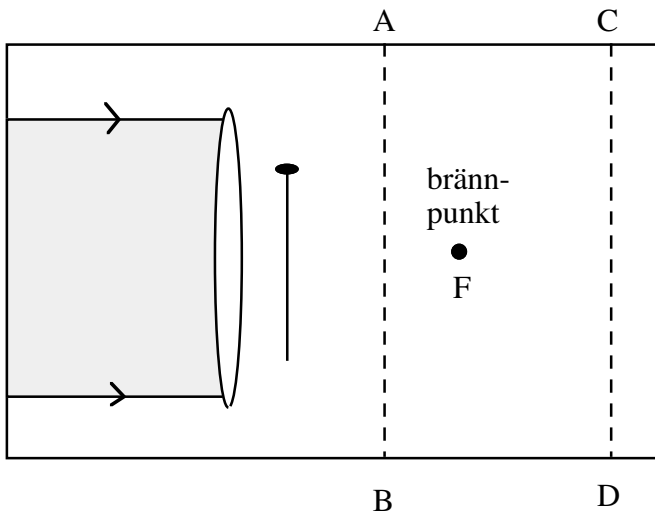


Hur ser pingisbollen ut för gubben då den befinner sig i läge

1: ___ 2: ___ 3: ___ 4: ___ 5: ___ 6: ___ 7: ___ 8: ___?

Välj bland A till och med H!

Uppgift 51

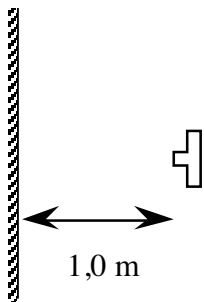


Parallellt ljus infaller mot en lins så som bilden visar. En spik placeras nära linsen.

A. Rita ut spikens skugga på en vit skärm som placeras i läge A-B.

B. Rita ut spikens skugga på en vit skärm som placeras i läge C-D.

Uppgift 57

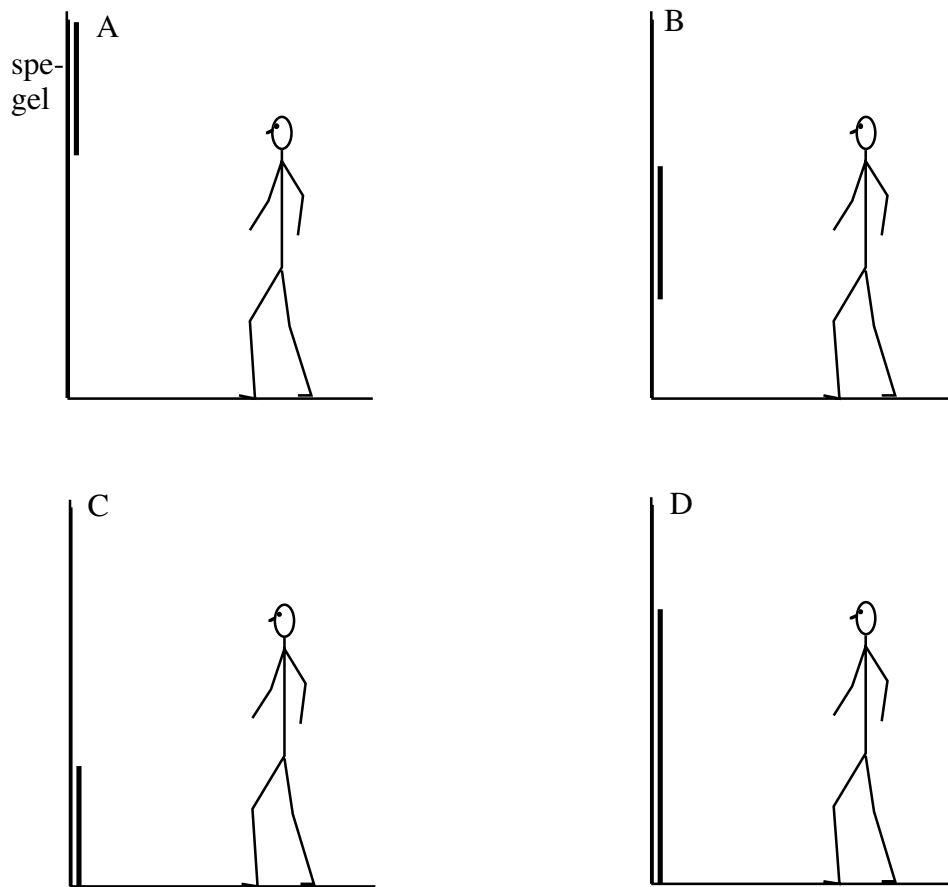


Stina experimenterar med en kamera. Hon tar bilder av kamerans egen spegelbild. Kameran är 1,0 m framför spegeln. Vilken avståndsinställning på kameran ger skarpast bild?

- 0,5 m 1,0 m 1,5 m 2,0 m 2,5 m 3,0 m

Förklara ditt svar!

Uppgift 59



En person prövar fyra olika speglar. I vilken eller vilka kan han se sin fot?

6.2.3 Utdrag ur lärarhandledningen

6.2.3.1 Ljusstrålar – syns de?

Vissa vardagliga iakttagelser kan ge intrycket att ljusstrålar är synliga objekt. Exempel är ljuskäglan från strålkastaren i en rökig lokal, belysta stråk på himlen då solen skiner genom en glugg i molnen och ljusstrimman som utgår från ett kvisthål i en vägg. Men ljusstrålar som sådana är inte synliga. Om en stråle går från A till B och man står bredvid förbindelselinjen mellan dessa punkter så kan man inte med blicken märka denna stråle. För att ljus skall registreras av oss måste det komma in till näthinnan. Det som syns i de tre exemplen är partiklar i luften, mot vilka ljus reflekteras in i våra ögon.

Idén om osynliga ljusstrålar och insikten att ljus måste träffa näthinnan för att registreras finns i allmänhet inte i vardagstänkandet. Därför kan man inte vänta sig att eleverna utan vidare förstår vad de ser om

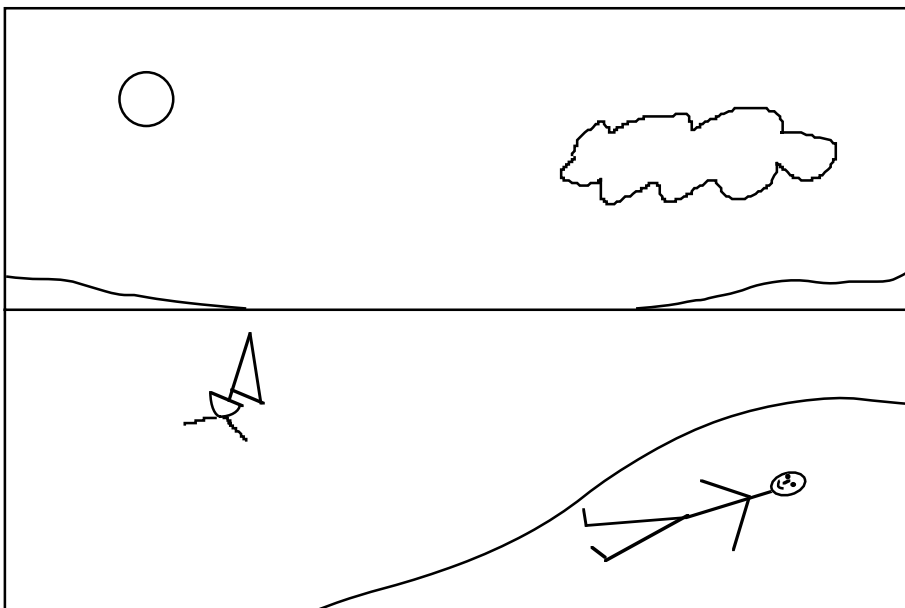
man åskådliggör ljusstrålar med traditionella metoder, t. ex. släpljus från en spalt över ett vitt papper. Vi har därför valt att inte börja med dessa metoder, utan introducerar helt enkelt ljusstrålar som en tankemodell för att förklara effekter såsom skuggors och belysta ytors storlek och form. Eleverna får använda sin fantasi för att föreställa sig ljusstrålar, och uttrycker sina tankar genom att rita. Inget kritdamm och inget släpljus – ännu. Så följer ljusets reflexion i samma anda och sedan villkor för seende, dvs. att för att ses måste ljus från ett givet objekt komma in till näthinnan. Härefter åskådliggörs strålar, strålnippen och ljuskäglor med traditionella metoder. Förhoppningsvis har eleverna nu förutsättningar att förstå vad de ser.

6.2.3.2 Vad tänker eleverna om länken mellan ljuskälla och effekt?

Lektionen går ut på att ge eleverna två problem, som kan lösas med hjälp av idén att en ljuskälla sänder ut ljus längs raka linjer. Erfarenheten visar att många elever inte har denna modell av ljuset innan undervisningen. Förhoppningen är att tänkande och diskussion angående de två problemen skapar behov av modellen och att eleverna är mogna för att med lärarens hjälp återskapa denna den geometriska optikens nyckelidé.

Förslagsvis delas eleverna in i grupper om fyra. Varje grupp får i uppgift att lösa följande två problem. De skall lämna in ett gemensamt svar, t.ex. i form av en poster, som de kort presenterar för klassen, och som sedan sätts upp.

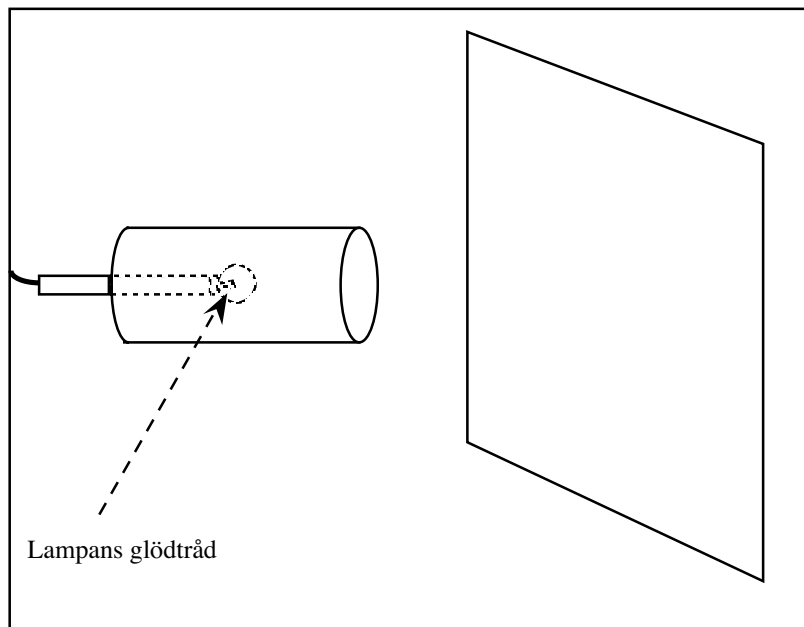
Uppgift 1



Tänk dig att du ligger på en klippa en vacker sommardag. Du somnar till en stund. Då du vaknar tittar du rätt in i solen. Det gör då ont i

ögonen. Hur kan solen, som är så långt bort, göra något med dina ögon?

Uppgift 2



En lampa befinner sig inne i en cylinder av metall. Insidan är målad med en svart färg. Lampglaset är klart (som fönsterglas). Glödtråden är liten och lyser intensivt då strömmen är på.

- Vad kommer du att se på den vita pappskivan om du tänder lampan?
- Vad kommer du att se på den vita pappskivan om du drar den tända lampan längre in i cylindern? Om du skjuter den längre ut?

Då eleverna arbetar med denna uppgift antas de ha tillgång till en optiklampa och en vit skärm, eventuellt monterade på en optisk bänk. Men de skall i detta skede inte ha någon möjlighet att tända lampan.

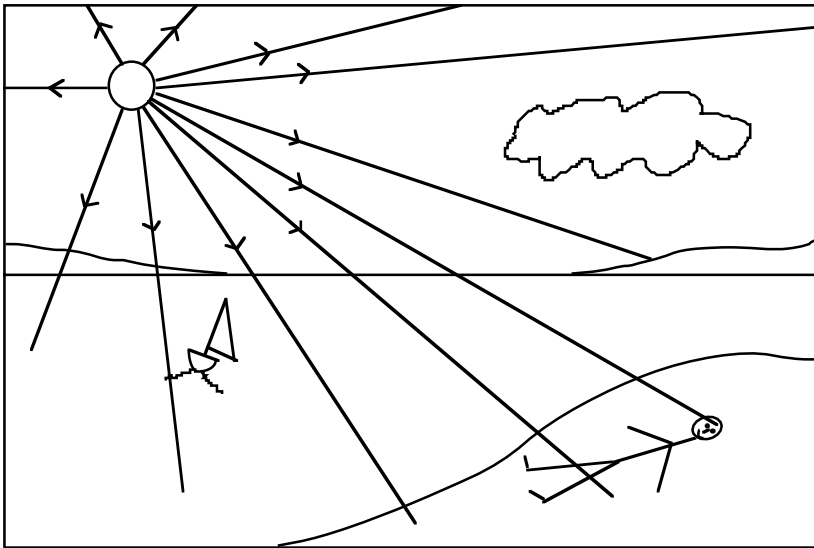
Anmärkning: Den lampa och cylinder av metall som åsyftas är standardutrustning i vissa optiklådor. Om man inte har dessa lådor kan man skaffa själva lampan från Kebolab i Göteborg. Lampan är dimensionerad för 12 V, 5 A. Sockeln är gängad. Glödtråden är koncentrerad till ett mycket litet område och kan fås att lysa intensivt.

6.2.3.3 Idén om ljusstrålar introduceras

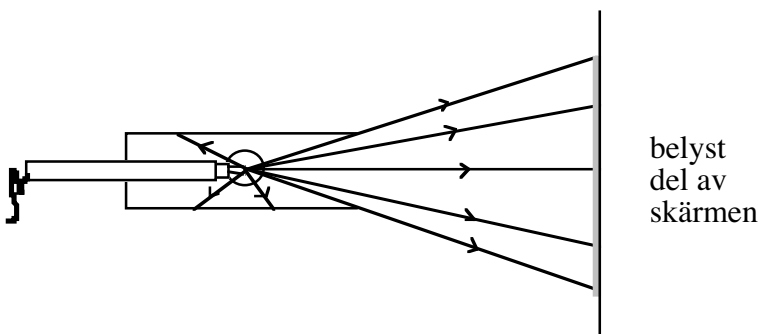
Efter att eleverna gjort sina redovisningar poängteras att den idé som används i fysiken för att lösa problemen de arbetat med är att ljus är något som går längs raka linjer. Ljus som går längs en rak linje kallas ljusstråle. Man kan inte se dessa strålar, utan får använda fantasin för att föreställa sig dem. Idén om ljusstrålar som går rakt är en första teo-

ri om ljuset. Den skall nu användas i olika sammanhang för att förstå det som iakttas.

När det gäller problemet med solbadaren tänker man sig att ljusstrålar går åt alla håll från solen. En del träffar personen som ligger på klippan, också ögonen. Det är strålarna som går in i ögonen som orsakar smärtan. Förslagsvis illustrerar läraren sin förklaring genom att rita in en hel del strålar i den aktuella bilden. Strålarna går egentligen tätt, tätt. Man ritar ut några och tänker sig resten.



När det gäller lampan i cylindern kan det kanske förenkla om man övergår till en tvådimensionell bild:

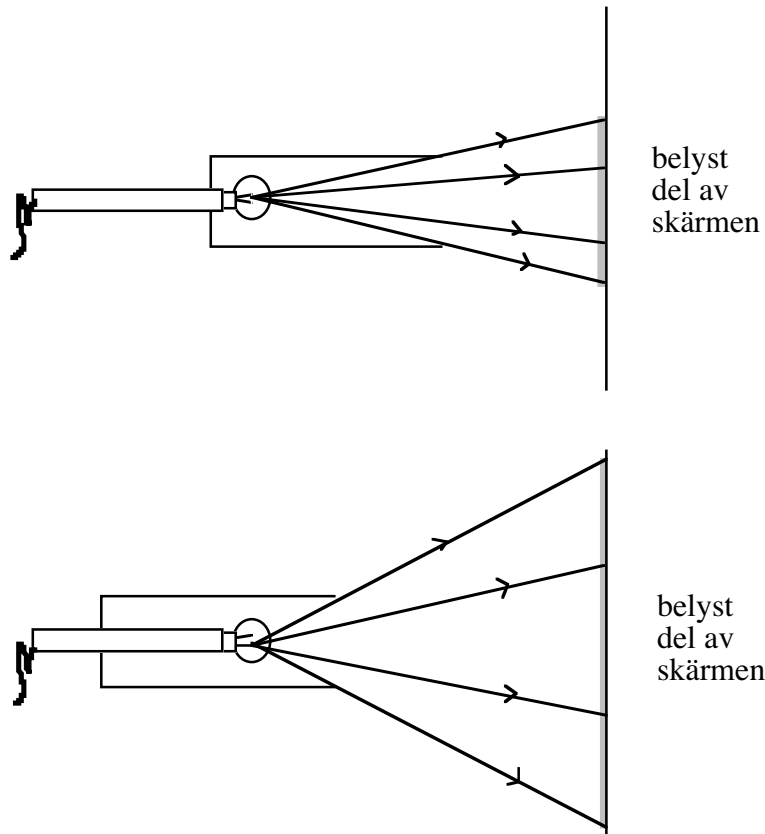


Det är inte känt hur eleverna uppfattar en teckning liknande denna. Kan de relatera den till den tredimensionella världen? Förstår de att man på den verkliga skärmen kommer att se en belyst cirkulär yta? Läraren kan behöva diskutera hur bilden förhåller sig till den tredimensionella världen och kanske med en kniv antyda hur tvärsnittet är lagt genom den verkliga optiklampan i sin cylinder.

Efter detta resonemang och ritande kan det vara idé att slå på lampan – som en demonstration – och observera vad som faktiskt händer.

Frank Bach

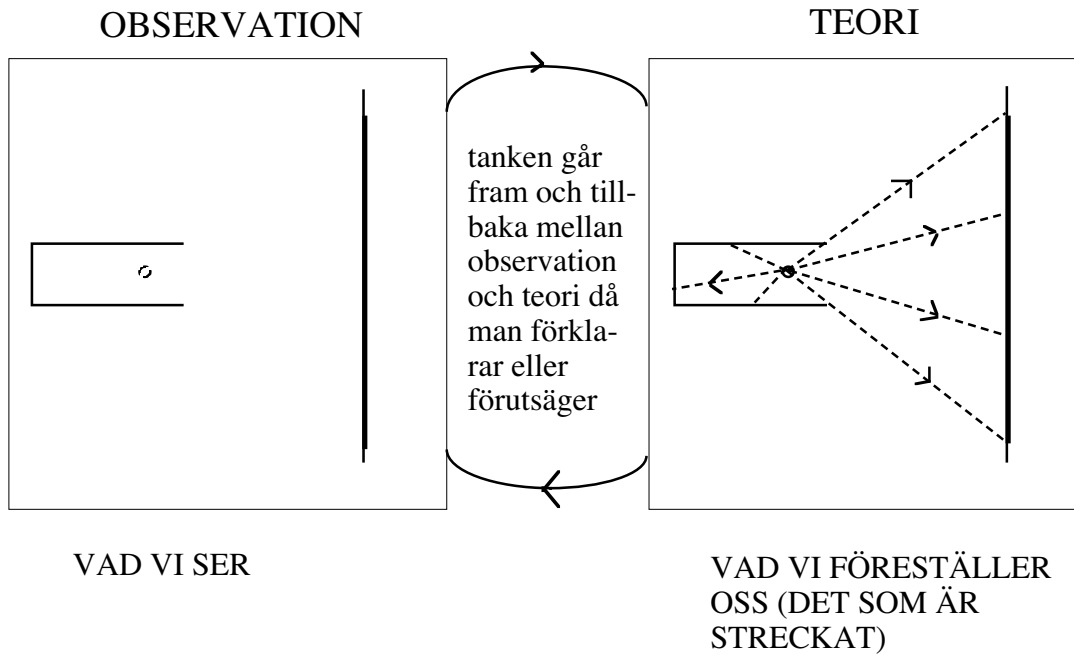
(Viss mörkläggning i salen förhöjer det visuella utbytet – här, liksom när det gäller övriga experiment i denna handledning.) Sedan resonemang om vad som händer då man drar in respektive skjuter ut lampan. Först rita:



Sedan utförs experimentet.

Teori och observation

Det kan vara på sin plats att poängtera skillnaden mellan VAD VI SER och VAD VI FÖRESTÄLLER OSS. Det senare är vår teori om ljusstrålar. Kanske följande bild kan hjälpa eleverna att hålla isär OBSERVATION och TEORI.



(Fig 10.4)

Kommentar: Det sätt på vilket teorin om ljuset nu introducerats är ett första steg. Det finns en hel del frågor som inte behandlats: Hur uppstår ljuset i källan? Finnes det ett förråd av ljus i lampan, eller skapas det ljus hela tiden?

Vart händer med ljuset när det har träffat skärmen respektive insidan av cylindern? De första två frågorna besvaras av kvantfysiken, den sista behandlas så småningom i denna lektionssekvens.

Frank Bach

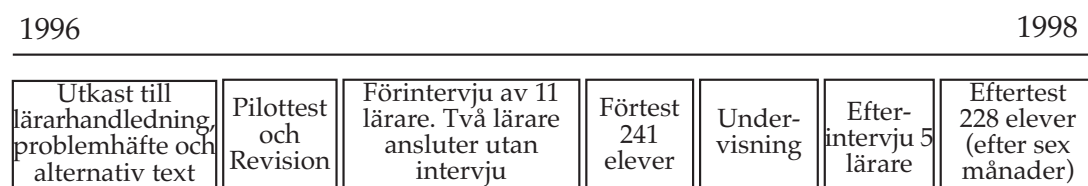
Del 2: Syften och uppläggnig

7 Övergripande syften och utformning

Det finns två övergripande syften med denna studie. Det ena är att försöka ta reda på hur en förändrad undervisning som bygger på forskningsresultat om ungdomars föreställningar och lärande i optik påverkar elevernas kunskaper i optik. Det andra övergripande syftet är att försöka förstå hur lärare reagerar på att arbeta med ett förslag till förändrad undervisning av detta slag.

7.1 Studiens uppläggnig

Hela studien kan beskrivas kortfattat med ett blockschema. Detta omfattar de delar som behövs för att samla in data för studien. Databehandling och analys har skett mellan 1998 och 2001.



Figur 7.1. Studiens utformning

En av de medverkande lärarnas schema passade relativt bra med mitt eget schema. Det gjorde att jag kunde besöka nästan alla lektioner den läraren hade i optik. Vid dessa besök videospelades en del av hela gruppens diskussioner och en laborationsgrupps experimentella arbete. Med ett undantag ingår inte detta material i redovisningen.

7.2 Pilottest

Arbetet började 1996 då preliminära versioner av ett problemhäfte och en lärarhandledning skrevs. Dessa provades i ett pilottest av mig själv och en lärare till på annan skola. Pilottestningen gick till så att lärarhandledningen följdes och problemhäftet användes. De undervisande lärarna skrev dagbok om sina upplevelser i samband med undervisningen. Eleverna fick ett test före undervisningen och ett eftertest flera månader efter undervisningen var avslutad. På en av skolorna fick även en klass som inte ingick i pilottestet ett test en tid efter sin optikundervisning. Sammantaget bekräftade pilotomgången mycket av resultaten från litteraturen om elevers sätt att förstå optiska fenomen, men också att den förändrade undervisningen verkade kunna stödja elevernas utveckling i önskad riktning bättre än "traditionell" undervisning.

För några områden visade det sig dock att elevernas svar inte förändrades som förväntat, bland annat fungerade inte de delar som tog upp punktformig avbildning så bra. Det framkom också att en del elever ansåg att när man väl "fattat" kunde det bli för många upprepningar. Därutöver var båda lärarna överens om att optikområdet tenderade att ta mycket längre tid än vanligt. Resultaten från pilottestet var tillräckligt intressanta för att, efter vissa förändringar, genomföra en studie i större skala.

7.3 Urval av försökspersoner

Efter revisionen uppsöktes ett antal lärare i en förortskommun till en av Sveriges tre största städer. Dessa tillfrågades om de ville ställa upp på en intervju om sin undervisning i optik. 11 lärare accepterade och en semistrukturerad intervju genomfördes om hur lärarnas undervisning var organiserad, vilket innehåll som de ansåg viktigt, vilka arbetsformer de använde och vilken betydelse elevernas förförståelse hade i undervisningen och för lärarens planering. Intervjun handlade också om lärarens syn på kunskap, lärande och på vad naturvetenskap är. I slutet av intervjun tillfrågades lärarna om de ville medverka i ett experiment som gick ut på att prova en ny undervisningssekvens i optik. Samtliga visade intresse, men för 6 av dem passade planeringen av undervisningen med tidsplanen för denna studie så bra att planeringen gick vidare tillsammans med dem. Två lärare ytterligare visade intresse för att testa undervisningssekvensen, men i ett så sent skede att vi inte hann genomföra någon intervju före undervisningen påbörjades. Jag ville dock inte neka någon att prova och tyckte att dessa lärares elever kunde tillföra studien värdefull information. Sammanlagt gjorde 241 elever förtestet och 228 elever eftertestet och 205 elever gjorde både för- och eftertest. Dessa elever fördelades över 13 undervisningsgrupper med sammanlagt 9 lärare varav jag var en. Varje grupp har fått ett nummer från 1 till 13. De lärare som prövat undervisningsförslaget har fått samma nummer som de grupper de undervisat. Två av lärarna har undervisat tre grupper var och har fått numreringarna 8-10 och 11-13. Totalt har 14 lärare medverkat i studien och numreras mellan 1 och 18.

En tid efter att undervisningen var avslutad intervjuades fem av lärarna igen om hur de upplevt och arbetat med undervisningsförslaget. Den sjätte var i detta läge inte i tjänst.

De skriftliga testen och lärarintervjuerna redovisas som två separata delar. En tredje liten studie, kallad optiklektion, redovisas efter dessa två. Den illustrerar några viktiga saker som kommit fram i de två andra delarna.

Del 3: De skriftliga testen

8 Frågor

Det övergripande syftet när det gäller eleverna var att försöka ta reda på hur den förändrade undervisningen påverkar elevernas, såväl flickors som pojkars, kunnande i optik. Syftet tillsammans med överväganden om datainsamlingsmetod (se nästa kapitel) ledde fram till mer konkreta frågeställningar:

Vad svarar elever på skriftliga frågor om optik före respektive sex månader efter avslutad undervisning?

Finns det några kvalitativa skillnader mellan elevsvaren före respektive efter undervisningen? Om så är fallet, hur kan skillnaderna beskrivas?

Svarar flickor och pojkar lika bra på frågorna eller är det något av könen som i större utsträckning svarar rätt? Ökar eller minskar eventuella skillnader mellan för- och eftertest?

Finns det några kvalitativa skillnader mellan hur eleverna svarar i denna studie jämfört med ett slumpmässigt urval av elever som undervisats på annat sätt?

Elevernas svar värderas i förhållande till i vilken utsträckning eleverna försöker använda en geometrisk modell för ljusets utbredning och om dessa försök leder till någorlunda överensstämmelse med naturvetenskapliga svar.

9 Metod

Det fanns två starka önskemål när det gäller den information som skulle samlas in om eleverna. Det ena var att informationen skulle utgöra ett underlag för analyser om undervisningens effekt på lite längre sikt. Den andra önskan var att, på något sätt, göra en jämförelse med "vanlig" undervisning.

Det första önskemålet ledde till en design med för- och, ett i tiden fördröjt, eftertest:

G1	T1	X	(6 mån)	T2
G2	T2	X	(6 mån)	T1

Eleverna i en klass fördelas slumpmässigt på grupperna G1 och G2. G1 får förtestet T1, och G2 får T2 vid samma tillfälle. T1 innehåller delvis andra uppgifter än T2, men båda gäller ljuset och dess egenskaper. Båda grupperna undervisas gemensamt eftersom de utgör en klass (X betyder undervisning om ljus). På eftertestet minst ett halvt år senare ges T2 till G1 och T1 till G2. G1:s eftertestresultat jämförs med G2:s förtestresultat och vice versa. Grupperna är med andra ord varandras kontrollgrupper. Om experimentet genomförs i fler klasser enligt denna design får man större jämförelsegrupper. Genom att undanhålla uppgifterna från undervisningen kan de användas som test på elevernas användning av en modell för ljusets utbredning i nya sammanhang.

Uppläggningsen med att slumpmässigt dela varje klass i två ungefär lika stora delar ger några fördelar. Genom att det är delvis olika uppgifter på de två testen minskar den eventuella positiva effekten vid eftertestet att eleverna sett exakt samma uppgifter vid förtestet och lärt sig svaren på just de uppgifterna. Samtidigt behåller man en referensnivå från förtestet genom att klasskamraterna utgör jämförelsegrupp vid eftertestet. Lärarfaktorn inom klassen är också någorlunda kontrollerad. Det är samma lärare för alla elever och alla elever får samma undervisning (halvklassgrupperingar kan förekomma som möjligen kan påverka att undervisningen skiljer sig åt lite).

För- och eftertesten innehöll 11 uppgifter vardera och 14 uppgifter totalt. Åtta uppgifter var gemensamma på båda testen och tre var unika på vardera testet. T1 innehöll uppgifterna 1A, 3A, 4A samt 2, 5 till och med 11 och T2 innehöll uppgifterna 1B, 3B, 4B samt 2, 5 till och med 11.

9.1 Jämförelse med UG-95

Det andra önskemålet var betydligt svårare att tillfredställa. För det första måste man bestämma sig för vad som menas med "vanlig" undervisning. "Vanlig" undervisning kan ju variera på en mängd olika sätt. Ett tänkbart angreppssätt för att jämföra olika sätt att undervisa är ordna en likvärdig kontrollgrupp. Det finns dock betydande svårigheter med att konstruera sådana. En svårighet är frågan om vilken betydelse läraren har. Kan det vara olika lärare som undervisar i experiment- respektive kontrollgruppen? Vilken betydelse har detta i så fall? Kan det vara samma lärare som undervisar både experiment- och kontrollgrupp? Vilken av dessa skall då undervisas först? Påverkar ordningen på något sätt lärarens sätt att undervisa? Vilken betydelse kan det ha om läraren föredrar det ena sättet? Fler frågor kan ställas. Därutöver kan det i praktiken vara svårt, av sociala skäl, att åstadkomma likvärdiga undervisningsgrupper. Det är inte lämpligt eller

möjligt att skapa särskilda undervisningsgrupper enbart för en enskild studies skull. Dessutom är tidsfaktorn inte kontrollerad. Konventionell undervisning av motsvarande område tar ofta kortare tid än experimentundervisningen.

1995 genomförde Skolverket en kartläggning av grundskoleelevers kunskaper (UG-95). En del av denna kartläggning rörde naturvetenskap. Ämnet fysik och området optik samt begreppen energi, temperatur och värme var föremål för utvärderingen. Vårterminen 1995 svarade 699 slumpmässigt utvalda elever ur årskurs nio i kommunala skolor från hela Sverige på skriftliga frågor i optik. Utvärderingen gjordes vid en tidpunkt då det var rimligt att eleverna erhållit undervisning i optik.

Av de 14 uppgifterna på för- och eftertest var sju hämtade från UG-95 och resultaten har jämförts. Projektgruppen för UG-95 formulerade kriterier för "acceptabla svar" för varje uppgift och dessa kriterier har använts för att avgöra om ett svar är rätt eller fel. Vägledande vid bedömningen har varit om eleverna använt den geometriska optikens modell när de löst uppgifterna och att svaret kan bedömas som rimligt i förhållande till denna modell. Andelen elever på för- respektive som bedömts svara rätt har jämförts med motsvarande elever från UG-95. Skillnaderna har signifikansprövats med chi-2. Jämförelsen gjordes mellan fördelningen i riket och fördelningen för experimentgruppen.

9.1.1 Uppgifternas tillkomst

Som tidigare nämnts kommer 7 av de 14 uppgifterna från UG-95 och har bjudits i samma utförande, men inte i samma ordning som i UG-95. Ursprunget till dessa uppgifter går i sin tur att i en del fall spåra till EKNA (Andersson & Kärrqvist, 1981) och annan forskningslitteratur. Uppgifterna presenteras i det utförande de bjöds till eleverna senare (kapitel 10, sidan 100 och framåt).

Tre av uppgifterna på testen är unika för att tillse att eleverna delvis skulle möta olika uppgifter på både för- och eftertest. Detta för att minska risken för att eleverna skall komma ihåg uppgifterna från första testtillfället. Uppgifterna är dock valda för att testa ungefär samma målområde i båda testen. En av dessa uppgifter (skuggteatern) är konstruerad av mig för att motsvara "Taklampan" i samma position i det andra testet. Resten av uppgifterna har inspirerats från den forskningslitteratur som tidigare redovisats om elevers sätt att besvara uppgifter i optik.

Uppgifterna är valda för att testa olika målområden inom optik. Hur målen skapats och formulerats är beskrivna i ett tidigare kapitel. För att underlätta för läsaren upprepas målen här:

1. Eleven skall kunna använda modellen "ljus existerar och utbreder sig linjärt i rummet" för att förklara enklare optiska fenomen.
2. Eleven skall veta att, och hur fort, ljuset färdas genom vakuum och känna till längdenheten ljusår.
3. Eleven skall förstå att för att vi skall kunna se måste ljus flöda från föremål till och in i ögat.
4. Eleven skall veta hur ljus reflekteras i olika ytor och kunna använda en linjär strålmödel för att beskriva detta.
5. Eleven skall veta hur ljus bryts när det passerar från ett optiskt tunnare till ett optiskt tätare medium och tvärtom och känna till fenomenet totalreflektion.
6. Eleven skall veta att vitt ljus består av alla spektrums färger, att föremåls färger beror på selektiv reflektion och att filtrering innebär selektiv transmission av ljus.
7. Eleven skall förstå att ljusstrålar som kommer från en punkt på ett föremål och som sammanstrålar i en punkt någon annanstans orsakar en bild av punkten på föremålet.
8. Eleven skall kunna förklara hur en skenbild av en punkt på ett föremål uppstår efter reflektion eller brytning.
9. Eleven skall kunna förklara olika astronomiska observationer som rör solen, månen, och jorden med hjälp av den geometriska strålmödeln för ljuset.

I tabell 9.1 länkas målen samman med uppgifterna i de två testen. Avsikten med detta är att skapa ett redskap för analys för hur eleverna använder den geometriska optikens modell i olika sammanhang. Det är dock viktigt att tänka på att länkningen mellan mål och uppgifter är ofullständig. Målen går också delvis in i varandra och uppgifterna omfattar ofta aspekter från andra mål än de som de är avsedda att testa. Detta hindrar dock inte att uppdelningen är värdefull och användbar. En målsättning vid uppdelningen har också varit att försöka få två eller flera uppgifter för varje mål för att inte vara helt beroende av en enda uppgift för att bedöma hur eleverna klarar målet. Begränsningen när det gäller testens omfattning har dock inte gjort att detta kunnat uppfyllas för alla målområden.

För att inte testen skulle bli alltför omfattande har två målområden, 2 och 9 delvis uteslutits. Dessa är båda intressanta och viktiga, men be-

dömdes som något perifera i förhållande till geometrisk optik. Uppgifterna presenteras senare i samband med resultatredovisningen.

Tabell 9.1. Beskrivning av kopplingen mellan uppgifter och målområden

MÅLOMRÅDE	UPPGIFT
<u>1.</u> Ljusets existens och utbredning	A1. Billyktorna och fotgängaren B1. Pojken och stearinljuset A3. Skuggteatern B3. Taklampan
<u>3.</u> Seendet	2. Carolina och granen 6. Katten och pojken 7. Lisa och boken
<u>4.</u> Ljusets reflektion	A4. Vem kan se klossen? B4. Var finns spegelbilden? 5. Strålkastaren
<u>5.</u> Ljusets brytning	8. Johan och plåtburken
<u>6.</u> Filtrering av ljus	11. Ficklampan och glasskivan
<u>7.</u> Avbildning (reella bilder)	9. Avbildning med lins 10. Avbildning med hinder
<u>8.</u> Avbildning (virtuella bilder)	A4. Vem kan se klossen? B4. Var finns spegelbilden?

9.2 Metod för analys av data

Åtta av uppgifterna är öppna. Eleverna har ombetts att svara utförligt och gärna rita till sina svar. En av uppgifterna (Billyktorna och fotgängaren) innebär att eleverna först skall välja ett kryssalternativ och sedan motivera detta kryss med ett öppet svar. Övriga uppgifter (5 st.) är flervalsuppgifter där eleverna ombeds att välja mellan olika kryssalternativ.

När det gäller frågorna med öppna svar har dessa kategoriserats med samma kategorisystem som använts i UG-95. För den helt nykonstruerade uppgiften "Skuggteatern" användes samma kategorisystem som för "Taklampan". För "Billyktorna och fotgängaren" användes samma kategorisystem som i EKNA (Andersson & Kärrqvist, 1981).

9.2.1 Beskrivning av hur kategoriseringen gått till

Eleverna skrev och ritade sina svar direkt på de frågeformulär som jag delade ut i klasserna. När formulären samlats in skrevs alla svar in i ett FileMaker-register (Bellamy m.fl., 1998). I några fall skannades även elevernas teckningar in. I databasen skapades särskilda fält för kategorier till uppgifterna. En layout för varje uppgift konstruerades. Genom detta förfarande blev alla svar sökbara och likaså kategoriseringarna. Detta möjliggjorde sökningar för att välja ut de svar som tilldelats samma kategori för att jämföra dem och genomföra ändringar tills kategoriseringarna följde uppsatta kriterier.

I utvärderingarna från 1992 och 1995 skapades hierarkiska kategorisystem där kvalitén hos svaren bedömdes i förhållande till ett idealsvar från naturvetenskaplig och bedömarens utgångspunkt. Först presenteras sådana svar som anses ligga långt från en naturvetenskaplig beskrivning eller förklaring. Kategorierna är sedan ordnade i ordinalskala i riktning mot ett bra naturvetenskapligt svar. Att ordna svaren i stigande kvalitet är inte alltid lätt och ibland skulle olika bedömare komma fram till skilda ordningar.

Data om hur eleverna svarat exporterades till SPSS och där beräknades svarsfrekvensen för flickor respektive pojkar vid för- och eftertest. För de uppgifter där avsikten var att samma elever skulle svara både på för- och eftertest togs enbart de elever med som deltagit i båda testen, det vill säga 205 elever.

9.3 Problem med designen

Det finns en del frågor som uppläggningsen med för- och eftertest inte besvarar: Man kan inte veta hur eleverna hade svarat på uppgifterna efter samma lärares vanliga undervisning. Man får heller inte svar på vilka aspekter av undervisningen som var särskilt viktiga, och vilka som var mindre viktiga, för att det konstaterade resultatet skulle uppstå. Vad betydde sekvenseringen, problemlösningen i grupp, den nyskrivna texten, det systematiska användandet av forskningsresultat rörande elevernas föreställningar? Om man kan spåra några förbättringar är det ett utslag av många samverkande (och möjligen en del motverkande) faktorer. Ett sådant resultat kan dock vara gott nog.

Designen med för- och eftertest samt tudelning av grupperna för att skapa interna kontrollgrupper uppfyller inte behovet att kunna jämföra med en kontrollgrupp när det gäller effekten av undervisningen i förhållande till andra tänkbara sätt att undervisa. Detta behov ledde till en jämförelse med UG-95. Av beskrivningen ovan framkommer dock att urvalet av elever i experimentgruppen inte är slumpmässigt. Av den anledningen är det problematiskt att göra jämförelser med

UG-95. Det är omöjligt att veta om de elever som deltar i denna studie skulle ha presterat sämre, lika bra eller bättre om de varit med i UG-95. Det är möjligt att just de utvalda klasserna kan vara extremt duktiga eller svaga av en eller annan anledning.

Samma problematik leder till att det inte är möjligt att uttala sig om huruvida pojkarna i undersökningsgruppen är ett reprensenativt urval ur pojkkpopulationen. De kan, i förhållande till testuppgifterna, prestera sämre, lika bra eller bättre än pojkar i landet. Likadant är det med flickorna. Därför blir signifikansprövningar av skillnader i prestationer mellan flickor och pojkar meningslösa att genomföra om man vill göra generaliseringar till alla pojkar och flickor i riket. Däremot går det att göra signifikansprövningar för att studera eventuella skillnader mellan flickorna och pojkarna i denna experimentgrupp.

Med mycket få undantag (troligen inga alls) har eleverna som gjorde optiktestet i UG-95 fått undervisning i optik och dessa jämförs först med elever i experimentgruppen som inte erhållit någon undervisning och sedan minst sex månader efter avslutad undervisning jämförs eleverna igen med UG-95. Med andra ord har eleverna i UG-95 utsatts för endast ett eftertest och detta jämförs både med experimentgruppens för- och eftertest.

9.3.1 Åtgärder för reducering av problemen med designen

Som framgått är det betydande svårigheter att jämföra experimentgruppen med UG-95. I detta avsnitt redogörs för de åtgärder som vidtagits för att hantera svårigheterna. Dels utgör förtestet en referenspunkt för att studera förändringen, dels har variationen i resultatet från UG-95 använts som indikator på hur experimentgruppen svarar på uppgifterna jämfört med UG-95. Det senare har gått till så att andelen som svarar rätt i experimentgruppen har satts i relation till andelen skolor i UG-95 där lika stor eller större andel av eleverna svarat rätt. Idén bakom detta är att det är möjligt att placera experimentgruppens resultat i förhållande till hur många skolor i UG-95 som presterat bättre respektive sämre. Skolorna i UG-95 representeras med mellan 3 och 13 elever var (friskolorna borträknade). Detta gör att när man jämför fördelningarna får man tänka på att det inte rör sig om så många elever. Det leder i sin tur att det finns en viss sannolikhet att vid en del skolor i UG-95 har slumpen bidragit med att ovanligt duktiga elever fått representera skolan (tvärtom är också möjligt). Faktorer som dessa kan inte i detta läge kontrolleras, men är kanske inte heller så viktiga.

När det gäller skillnaderna mellan pojkar och flickor får man nöja sig med att kontrollera om de eventuella skillnaderna mellan för- och ef-

tertest ökar, består eller minskar för de elever som deltagit i experimentet.

9.3.2 Problem med de skriftliga frågorna

En svårighet med skriftliga frågor är att det är lätt att man tar för givet att frågorna är glasklara för alla inblandade, såväl för dem som ställer som för dem som läser frågorna. Denna problematik har påpekats av Halldén (1988), Schoultz (1998, 2000) och Säljö (1995a, 1995b, 2000a). Det kan det vara lätt att tolka de, från naturvetenskaplig utgångspunkt, eventuellt felaktiga svaren som att eleverna inte har tillgång till de kunskaper eller begrepp som krävs för att svara. Ett alternativt sätt att se på saken är att frågorna kan betyda något helt annat för personer som inte läser frågorna med naturvetenskapliga ögon. De kanske inte ens är intresserade av frågorna och därmed inte ägnar någon möda alls åt att besvara dem.

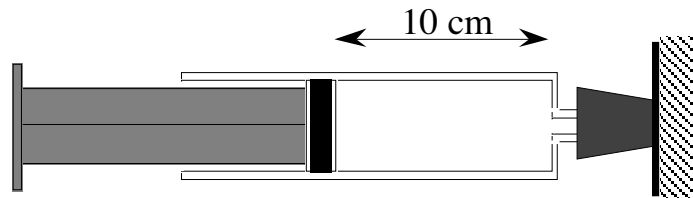
En annan svårighet som kan finnas i detta sammanhang är att eleverna får frågor vars kontexter ofta är hämtade från vardagliga situationer, men de förväntas svara inom en naturvetenskaplig domän. Det är möjligt att eleverna har svårigheter att välja domän för sitt svar. De kanske väljer att svara med ett språk som de anser passar till frågan (Säljö, 1995).

Ett av huvudmålen med den naturvetenskapliga undervisningen har dock under mycket lång tid varit att just göra det möjligt för eleverna att använda sig av naturvetenskapligt kunnande i sitt vardagliga liv. Syftet med detta är att de kommer att stöta på många situationer i resten av sina liv där det kommer att dyka upp frågeställningar (som någon annan i princip har formulerat) och som de som medborgare bör kunna ta ställning till och då är det meningen att de (bl.a.) skall kunna ta naturvetenskapen till hjälp.

Detta kan också uttryckas som att målsättningen är att eleverna relativt självständigt skall kunna urskilja att det behövs naturvetenskap (och dessutom avgöra vilken) för att svara på både frågeställningar de ställs inför och frågor de ställer sig på eget initiativ. Det är intressant att veta vad elever svarar på just denna typ av frågor också om man tar hänsyn till de skillnader som kan finnas mellan diskurserna.

I sin licentiat- och doktorsavhandling hävdar Schoultz (1998, 2000) att han visat att elever kan prestera bättre i en kontext där de bjuds in till ett samtal med en mer kompetent samtalspartner än på ett skriftligt test. För att göra det har han bl.a. använt följande uppgift från Nationell utvärdering 1992 (NUNA-92) (Andersson m.fl., 1993).

Johan drar in luft i en plasticspruta och täpper till med en gummipropp som bilden visar. Ingen luft kan nu komma in eller ut ur sprutan. Avståndet från sprutans botten till kolven är 10 cm (se bilden). Johan håller så gummikorken mot en vägg (se bild) och försöker skjuta kolven inåt i sprutan. Vad händer? Sätt ett kryss!



- Kolven går inte att skjuta in
- Kolven går att skjuta in någon millimeter
- Kolven går att skjuta in någon centimeter
- Kolven går att skjuta in flera centimeter
- Kolven går att skjuta ända in till sprutans botten

Tabell 9.2. Går kolven att skjuta in? Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (Andersson m.fl., 1993).

Alternativ	%
Inte alls	42
Någon millimeter	33
Någon centimeter	15
Flera centimeter	4
Ända till botten	4
Ej besvarat	1

Alternativen "någon centimeter" och "flera centimeter" ansågs vara acceptabla svar. Det betyder att det var 19 % som avgav ett svar som tolkas som att de vet att luft kan komprimeras. Schoultz kom, i kontrast till detta, fram till att betydligt fler i ett samtal med en mer kompetent samtalspartner och med hjälp av en lämplig artefakt som exempelvis en spruta eller cykelpump visar att de känner till att luft går att pressa samman. Resultaten sammanfattas i en tabell.

Tabell 9.3. Sammanfattning av elevsvaren (Schoultz, 1998, sidan 81)

Elevsvar	%
Anser att luft kan pressas ihop	90
Förklarar med hjälp av vardagserfarenheter	75
Förklarar med hjälp av naturvetenskapliga begrepp	15

Det är två delar som är, för denna studie, intressanta i dessa resultat. Den ena är att det är så stor skillnad mellan hur eleverna svarar i de båda kontexterna och det andra är att så stor andel bedöms förklara med hjälp av vardagserfarenheter, medan det är 15 % som anses förklara med av naturvetenskapliga begrepp. Den första delen av resultatet tyder på att om miljön för lärandet omfattade fler diskussioner där eleverna uppmuntrades till användning av naturvetenskapliga begrepp kanske eleverna skulle få lättare att kommunicera med personer som använder ett naturvetenskapligt språk. Detta är dock inte helt säkert. Det är mycket svårt att veta något om hur dessa elever skulle svara på den skriftliga frågan (eller liknande frågor) sex, sju månader senare. Den andra delen visar att det är relativt ovanligt att elever, ens i samtal med tydlig fokus på en fysikalisk aspekt av världen, använder sig av naturvetenskapliga förklaringar, ett resultat som är i samklang med exempelvis den forskning som presenterades i kapitel 4. Resultatet bekräftar också den bild som det totala resultatet från NUNA-92 och UGNA-95 förmedlar. Det är i storleksordningen 20 % av eleverna som i slutet av grundskolan använder naturvetenskapligt kunnande för att besvara frågorna i ovan nämnda utvärderingar. På sätt och vis validerar Schoultz med intervjuresultat, att den typ av frågor som används i de skriftliga testen i denna avhandling relativt bra fångar hur stor andel av eleverna som avger naturvetenskapligt acceptabla svar, vilket naturligt för över till nästa avsnitt.

9.4 Validitet

I Nationalencyklopedien definieras validitet som den utsträckning i vilken ett mätinstrument mäter det som man avser att mäta. Formuleringen ger ett intryck av att det är möjligt att skapa ett instrument som mäter på en objektiv verklighet. Med bakgrund i det tidigare resonemanget om teoretisk ram för denna avhandling ter sig uppsåtet att mäta just det man avser att mäta inte möjligt i en objektiv mening. Istället blir det fråga om att mätningarna är rimliga i förhållande till andras mätningar och om mätinstrumentet ter sig vettigt för dem som berörs av resultaten. Frågan om huruvida uppgifterna i tes-

ten mäter det som de avses att mäta hänger intimt samman med vad man vill mäta. Det är också möjligt att man mäter faktorer som man inte förutsett och inte ens kommer att tänka på när man ser resultatet. Om man till exempel vill mäta elevernas begreppsförståelse inom geometrisk optik med ett antal skriftliga uppgifter är det fullt tänkbart att eleverna inte förstår formuleringen av och kontexten för uppgiften och av den anledningen inte klarar att avge ett bra svar. Risken i ett sådant fall är att man drar den felaktiga slutsatsen att eleverna inte förstår begreppen i geometrisk optik och att de därför inte lämnar särskilt bra svar. I ett annat sammanhang och med annorlunda formulerad fråga är det måhända möjligt att samma person mycket väl skulle kunna avge ett mycket bättre svar. Detta illustrerar dels svårigheten med att själva uppgiften kan mäta något helt annat än vad som var avsett, dels att företaget att mäta begreppsförståelse är problematiskt genom att denna varierar med situationen och sammanhanget.

Ett alternativ är att fråga sig vilken typ av skriftliga uppgifter man vill att elever skall kunna svara på efter undervisning inom ett visst område. Ett sådant försök är gjort i Tabell 9.1 ovan. Frågan om validitet blir då istället kopplad till de två målen att eleverna både skall kunna förstå och svara på en viss sorts frågor med hjälp av en specifik naturvetenskaplig modell eller teori. I detta fall är det alltså den geometriska optikens modell för ljusets utbredning. Istället för att fundera över huruvida eleverna har den geometriska optikens begrepp, intresserar man sig istället för i vilken utsträckning de använder en explicit naturvetenskaplig modell eller teori i förhållande till vissa frågor, som man anser att det vore bra om de kunde besvara.

Med detta synsätt blir problemet med mätmetodens validitet också en fråga om hur stor andel av lärare och andra som anser att uppgifterna som eleverna blir satta att svara på är viktiga, bra och intressanta. Inför utvärderingarna 1992 och 1995 (se exempelvis Andersson m.fl., 1997; Andersson m.fl., 1993), inrättades referensgrupper med aktiva och erfarna lärare. Deras uppdrag var att värdera uppgifterna utgående från kriterier om relevans i vardagen och för ämnet, om svårighetsgrad och om uppgiften var rolig eller tråkig m.m. Generellt betygsattes uppgifterna av den typ som finns med på testen i denna studie högt på de flesta punkter. Det bör dock nämnas att ett genomgående drag var att lärarna i allmänhet ansåg att uppgifterna var svåra.

Detta synsätt på vad som mäts omfattar ståndpunkten att kunnande om naturvetenskapliga modeller och teorier leder till att människor har större möjlighet att använda ungefär samma sätt att resonera i fler

situationer och sammanhang än utan ett sådant kunnande. Om så är fallet bör en elev som svarar rätt på en uppgift i större utsträckning också svara rätt (eller på ett naturvetenskapligt sätt) på andra uppgifter inom samma område efter undervisning än före. De bör också svara rätt på fler uppgifter efter än före undervisning. På sätt och vis säger en större samvariation mellan svarsfrekvenser också något om validiteten hos mätningen. Med ett på gränsen till cirkelresonemang är det också ett tecken på att validiteten hos mätningen är större om liknande resultat uppnås i olika delar av mätningen.

9.5 Reliabilitet

Vad som mäts påverkar också noggrannheten i mätningen. Genom att konstatera att det är elevernas användning av modeller från geometrisk optik som är objektet för mätningen blir frågan om reliabilitet en helt annan än om avsikten var att mäta begreppsförståelse. Det ökar möjligheterna att göra tillförlitliga mätningar. Noggrannheten i mätningarna påverkas också av hur man väljer att betrakta kategorierna eller bedömningarna om vad som är rätt eller fel svar som mätresultat. Det är större risk att kategorisera fel när det gäller hela kategorisystemet för en uppgift än att bedöma om uppgiften lösts på ett tillfredställande sätt eller inte. För denna studie är det tillräckligt att betrakta kategorisystem lite mer kvalitativt än kvantitativt. Vilka typer av svar är vanliga före undervisning och vilka är vanliga efter undervisning? Hur ser förändringen ut i stora drag? Den exakta fördelningen över kategorier som betraktas som felaktiga är inte lika kritisk som uppdelningen mellan riktiga och felaktiga svar. Den senare bedömningen är lättare att göra och kan göras med relativt stor precision med "facit" i den geometriska optiken.

9.5.1 Interbedömarreliabilitet

För att kontrollera noggrannheten i mätningen kategoriserade två personer (jag och en till) samma elevs svar för en del av svaren på en av uppgifterna. I databasen [gjord i FileMaker Pro (Bellamy m.fl., 1998)] med alla kategoriseringarna skrevs ett skript för att automatiskt markera de elevsvar med kategorier som värderats som rätt med en etta. För 137 elevsvar var kategoriseringen gjord av den nyss nämnda kollegan. Därefter kategoriserades elevsvaren av mig också. Svaren grupperades, manuellt i detta fall, som rätt eller fel. Då uppnåddes en överensstämmelse på 97 %. Av de fyra bedömningar som var olika var två till elevernas fördel och två till elevernas nackdel.

9.6 Generaliserbarhet

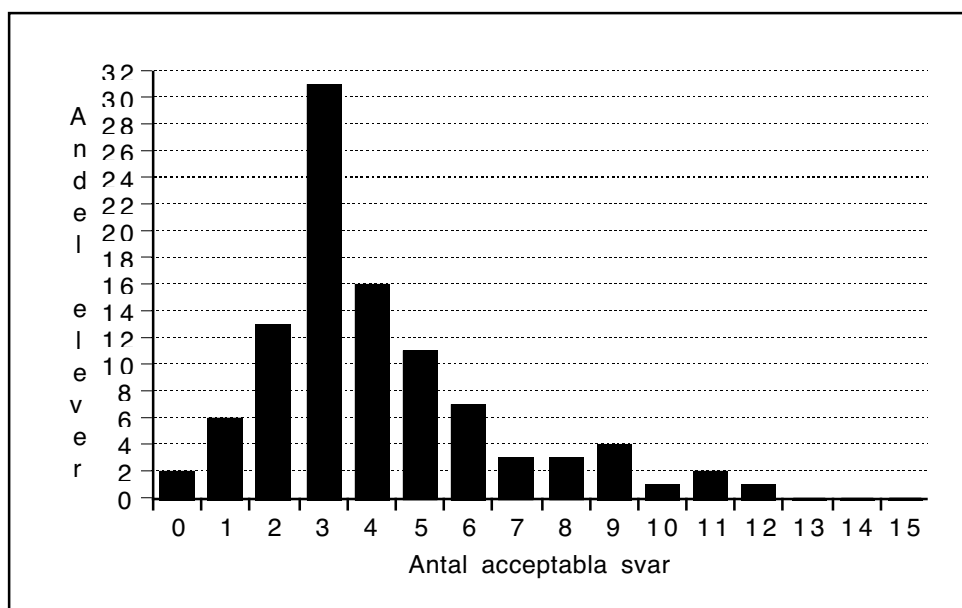
Som tidigare nämnts har eleverna inte valts ut slumpmässigt. Detta faktum aktualiserar frågan om generaliserbarhet av resultaten. Skulle

helt andra elever som utsattes för undervisning som inspirerats av förslaget till förändrad undervisning uppvisa liknande sätt att besvara frågorna som eleverna i testgruppen gjorde? På ett sätt tycker jag att det är möjligt att återvända till David Hume (1711-1776) som menade att svar på frågan om orsak och verkan är ett utslag av vanans makt och att det enda man kan konstatera är att en viss sak hänt ett visst antal gånger och att vi inte vet att det kommer att hända igen. Ändå fungerar vi människor på det sättet. Har en sak hänt många gånger bedömer vi det som mer sannolikt att det kommer att hända igen. Skulle liknande resultat som i denna studie uppstå under liknande betingelser i andra skolor med andra lärare? Skulle tillvägagångssättet även kunna tillämpas inom andra innehållsliga områden? Med hänvisning till tidigare resonemang om hur urvalet av lärare och elever i studien skulle ett strikt svar vara att det inte är möjligt att generalisera resultaten till andra grupper och andra situationer. Ett annat sätt att resonera om resultaten från denna studie är att koppla tillbaka till andra liknande studier med likartade resultat och fundera över hur troligt det är att liknande resultat skulle uppstå igen. Mer om detta i diskussionen.

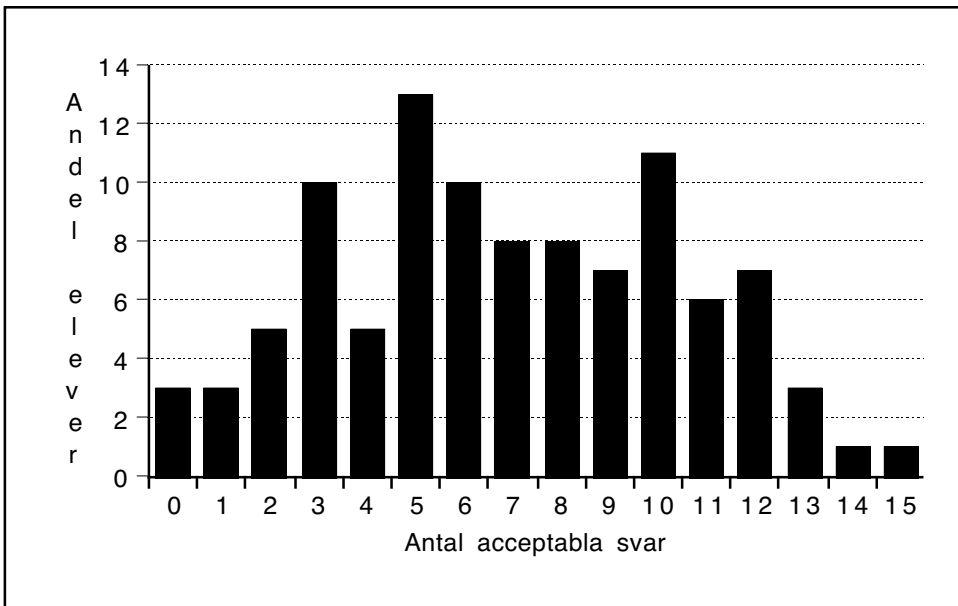
10 Resultaten från de skriftliga testen i komprimerad form

Det var sammanlagt 13 grupper med elever i årskurs 8 och 9 som undervisades med hjälp av förslaget till förändrad undervisning i optik. Totalt 241 elever svarade på förtestet och 228 elever på eftertestet. Av dessa gjorde 205 elever både för- och eftertest. Eftertestet bjöds minst sex månader efter avslutad undervisning.

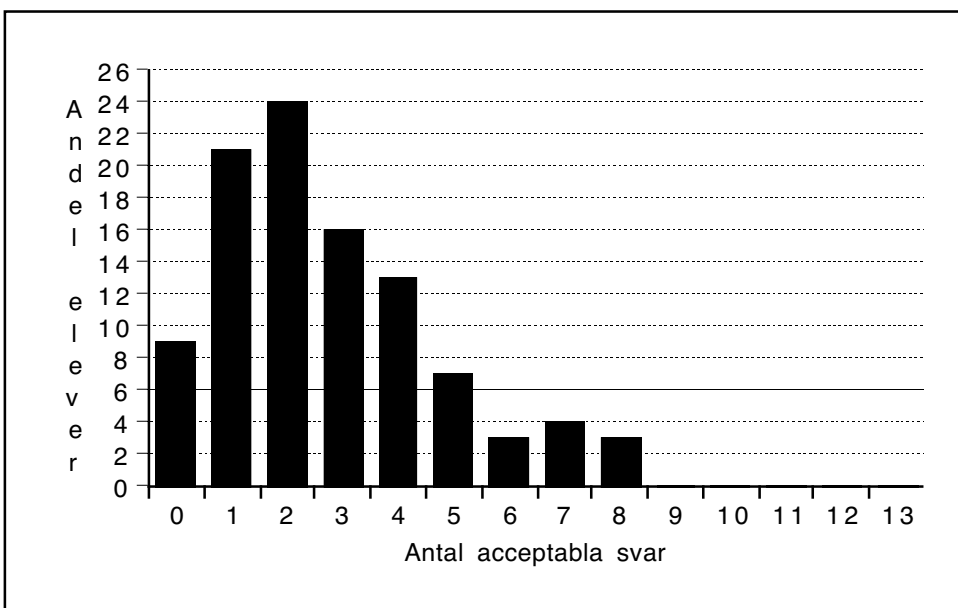
Testet gavs i två versioner, A och B. De elever som fick version A som förtest erhöll version B som eftertest och tvärtom. På test A var det möjligt att få 15 poäng och på test B 13 poäng. Ett poäng motsvarar att eleven bedömts ha rätt svar på en uppgift eller deluppgift. I diagrammen nedan kan man se hur stor andel av eleverna som erhöll olika poängsummor vid för- respektive eftertest



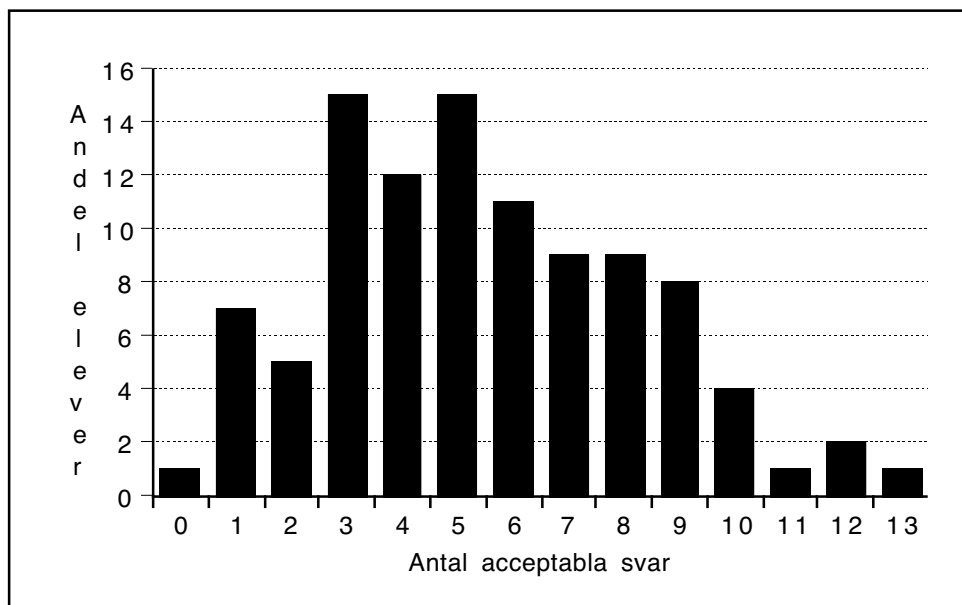
Figur 10.1. Andel elever (i procent) som nådde olika antal poäng på förtest A



Figur 10.2. Andel elever (i procent) som nådde olika antal poäng på eftertest A



Figur 10.3. Andel elever (i procent) som nådde olika antal poäng på förtest B



Figur 10.4. Andel elever (i procent) som nådde olika antal poäng på eftertest B

Diagrammen visar att många elever når bättre resultat på eftertestet än på förtestet. De visar också att spridningen ökar. Alla elever förbättrar sig inte lika mycket och skillnaderna i gruppen ökar efter undervisning.

Andel acceptabla svar på förtest: 24,4%

Standardavvikelse på förtestet: 15,99

Genomsnittlig andel acceptabla svar på eftertest: 45,2%

Standardavvikelse på eftertestet: 22,51

Skillnad mellan eftertest och förtest: 20,8%

Antal elever som presterar bättre på eftertestet: 174

Antal elever som presterar sämre på eftertestet: 30

Antal elever som presterar lika på för- och eftertest: 1

Tabell 10.1. Gruppvisa förändringar mellan för- och eftertest

Grupp	FA	EA	Differens	FB	EB	Differens	Tot
Grupp 1	4,33	7,57	3,24	2,86	3,57	0,71	-1,64
Grupp 2	4,83	7,00	2,17	2,74	6,75	4,04	0,61
Grupp 3	4,50	4,87	0,37	2,60	4,27	1,67	-3,56
Grupp 4	4,50	8,08	3,58	3,64	5,25	1,61	-0,41
Grupp 5	4,14	7,50	3,36	2,67	6,67	4,00	1,76
Grupp 6	4,64	5,88	1,24	2,62	4,77	2,15	-2,20
Grupp 7	5,55	8,17	2,62	3,57	6,07	2,50	-0,47
Grupp 8	2,75	6,13	3,38	2,22	7,00	4,78	2,56
Grupp 9	4,57	7,20	2,63	3,40	5,60	2,20	-0,76
Grupp 10	3,33	9,80	6,47	2,29	6,63	4,34	5,21
Grupp 11	3,56	7,00	3,44	1,17	7,00	5,83	3,68
Grupp 12	3,00	7,60	4,60	2,80	4,00	1,20	0,21
Grupp 13	4,30	9,17	4,87	2,14	5,00	2,86	2,13
Totalt	4,08	6,97	2,89	2,74	5,44	2,70	0

Teckenförklaring för tabellen:

Grupp står för det nummer en undervisningsgrupp fått. Det kan vara en hel klass eller en 20-grupp. FA betyder "Förtest A", EA "Eftertest A", FB "Förtest B" och EB står för "Eftertest B". Siffervärdena står för antalet svar som bedömts som rätt i genomsnitt per elev. Med "Differens" menas den genomsnittliga förändringen i antalet rätt besvarade uppgifter per elev mellan respektive för- och eftertest.

För alla elever som deltagit har den genomsnittliga förändringen mellan för- och eftertest beräknats. För A-testet är värdet 2,89 och för B-testet 2,7. "Tot" är ett försök att skapa en variabel för att mäta de enskilda gruppernas förändring i förhållande till hela experimentgruppen. Variabeln är uppbyggd genom att jämföra förändringen mellan för- och eftertestresultat på A- respektive B-testet för varje grupp med hela experimentgruppen. För varje grupp blir det således två värden och dessa adderas med varandra och därmed åstadkommer det värde som står i "Tot"-kolumnen. Ju större positivt värde en grupp har desto större är förbättringen mellan för- och eftertest jämfört med hela experimentgruppen. Ett negativt värde innebär att förbättringen mellan testen varit mindre än för hela experimentgruppen i genomsnitt. Ju mindre värde desto mindre förändring mellan testen.

10.1 Jämförelser uppgift för uppgift och med andra studier

Andelen elever som inte svarar på uppgifterna är klart lägre på eftertestet än på förtestet. Ett annat generellt drag är att elever på de flesta

uppgifterna svarar signifikant bättre efter undervisning än före och även signifikant bättre än elever gjort i andra undersökningar med delvis samma frågor (Andersson m.fl., 1997; Andersson & Kärrqvist, 1981). Urvalet till grupperna har dock i något fall skett slumpmässigt medan i de andra fallen inte. Detta gör att resultaten måste jämföras med största försiktighet och att generaliseringar till andra grupper utanför experimentgruppen inte självklart kan göras. För att eftertestresultatet skall betraktas som tillfredställande skall minst hälften av eleverna ha avgett ett acceptabelt svar.

Tabell 10.2. Sammanfattning av resultaten från de skriftliga testen uppgift för uppgift. Resultaten jämförs med andra undersökningar (EKNA och UG-95)

Målområde	Uppgift	Andel elever som bedöms ha rätt		
		F-test(%)	U-95/Ekna(%)	E-test(%)
Ljusets existens och utbredning	Billyktorna (natt)	37	32	63
	Billyktorna (dag)	25		43
	Pojken och ljuset	35	26	54
	Skuggteater	11	34	54
	Taklampan	24	34	71
Seendet	Carolina och granen	16	21	61
	Katten och pojken	16		45
	Lisa och boken	12	25	48
Reflektion	Strålkastaren	25	40	55
Ljusets brytning	Johan och plåtburken	1	4	10
Filtrering av ljus	Ficklampan och glasskivan	6	10	29
Avbildning	Vem kan se klossen?	72		68
	Var finns spegelbilden?	3:3		13:12
	Avbildning m.h.a. lins	61		47
	Avbildning med hinder	12		18

När det gäller "Var finns spegelbilden" anges två olika procentsatser med ett kolon mellan. Det beror på att samma fråga ställs angående spegelbilden för två olika fiktiva personer.

För några av uppgifterna (Pojken och ljuset, Carolina och granen, Taklampan samt Ficklampan och glasskivan) är skillnaderna mellan förtestresultatet och UG-95 inte signifikanta. För några andra uppgif-

ter svarar eleverna i UG-95 signifikant bättre än experimentgruppen före undervisningen. Det rör sig om Strålkastaren och Lisa och boken (Johan och plåtburken är på gränsen). När det gäller uppgiften om strålkastaren är det troligt att uppgifter och övningar liknande denna har gjorts i många svenska skolor. Uppgiften om Lisa och boken kan via andra undersökningar vara relativt känd bland lärare i Sverige och därmed också använts i skolorna. Man kan också beräkna den genomsnittliga lösningsfrekvensen för de uppgifter som använts både i denna undersökning och i UG-95:

Andel acceptabla svar på förtestet, experimentgruppen: 17 %

Andel acceptabla svar i UG-95 (efter undervisning): 23 %

Andel acceptabla svar på eftertestet, experimentgruppen: 47 %.

Det är ofta signifikanta skillnader mellan andelen riktiga svar för pojkar och flickor. Detta gäller för förtest, UG-95 såväl som för eftertest. Skillnaderna har dock en tendens att minska mellan för- och eftertest.

Sammanfattningsvis kan man säga att förslaget till förändrad undervisning lett till att i snitt ungefär hälften av eleverna svarar på ett naturvetenskapligt acceptabelt sätt efter undervisning när det gäller målområdena "ljusets existens och utbredning", "seendet" och "reflektion". För målområden "ljusets brytning" och "filtrering av ljus" har eleverna också gjort signifikanta framsteg, men klart mindre än hälften av eleverna svarar på ett, från en naturvetenskaplig utgångspunkt, tillfredställande sätt. Slutligen när det gäller målområdet "avbildning" har inte några signifikanta framsteg kunnat noteras.

11 Resultatet i utvecklad form

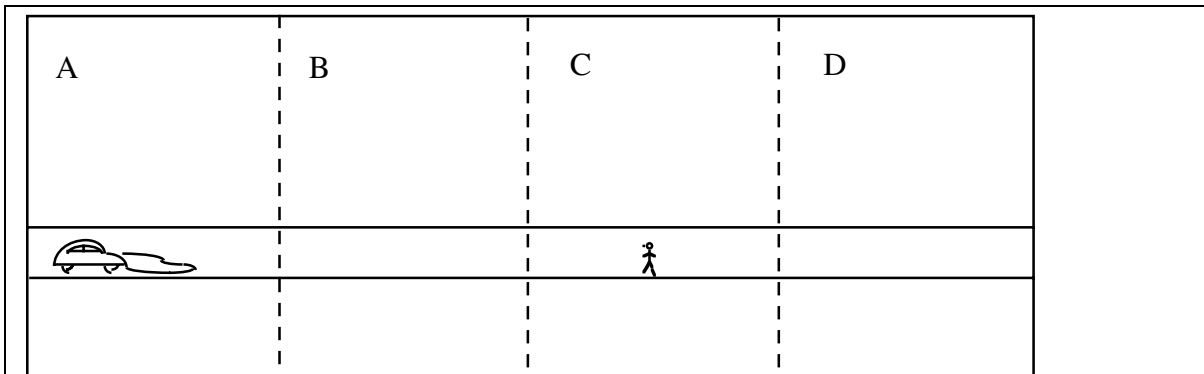
Uppgifterna som ingick i de test eleverna fick före och sex månader efter avslutad undervisning presenteras och resultaten redovisas. Detta görs i relation till målområdena och inte i den ordning uppgifterna bjöds i testen. Uppgifterna har dock tilldelats samma ordningsnummer som på testen. De uppgifter som enbart har givits på ett av testen har därutöver fått bokstaven A eller B i samband med numreringen för att det skall framgå på vilket test de bjöds. Saknas bokstavsbezeichnung fanns uppgiften med på båda testen.

Till varje uppgift anges hur svaren har ordnats i ett kategorisystem och resultaten från för- respektive eftertest jämförs med varandra. I de fall där det är möjligt används de kategorisystem som utvecklats i UG-95 för att kunna göra jämförelser. I något fall görs jämförelser med EKNA (Andersson & Kärrqvist, 1981). För samtliga uppgifter föreslås kriterier för att ett svar skall betraktas som rätt. För de uppgifter som fanns med i UG-95 används samma kriterier nu som då. Alla signifikansberäkningar är gjorda med χ^2 . För de uppgifter som fanns med i UG-95 redovisas också hur svaren från testgruppseleverna förhåller sig till spridningen i UG-95 där jämförelsen har gjorts mellan denna studie och de skolor som nått samma eller bättre resultat.

Resultaten redovisas genom att först presentera uppgiften så som eleverna har sett den. Därefter följer hur de svarat uppdelat på kvalitativt olika kategorier och kriterium för avgörande om elevernas svar skall betraktas som rätt eller fel. Slutligen visas hur de riktiga och felaktiga svaren fördelas mellan för- och eftertest. För signifikanta skillnader används * för $p < 0,05$, ** för $p < 0,01$, *** för $p < 0,001$ och **** för $p < 0,0001$.

11.1 Ljusets existens och utbredning

Detta målområde behandlar det man kan kalla för den geometriska optikens teoretiska kärna, nämligen ljusets linjära utbredning. Denna kärna utgör grunden för allt annat inom geometrisk optik och ger oss möjligheter till att förklara många av de optiska företeelser vi upplever i vår vardag. Omvänt betyder detta också att elever som inte kan använda sig av idén att "ljuset existerar och utbreder sig linjärt i rummet" kan få mycket stora problem att följa det mesta av undervisningen inom optik.

11.1.1 Uppgift 1A, del 1, Billyktorna och fotgängaren, natt

En klar, mörk natt står en bil parkerad på en rak, plan bilväg. Bilen har halvljuset på. En fotgängare, som står på vägen, ser billyktorna. Det är cirka 200 meter mellan bil och fotgängare. Figuren är indelad i fyra områden: A, B, C och D. Fotgängaren står i område C. I vilka områden finns det ljus? Förklara ditt svar!

Det finns ljus i:

- a) A b) A och B c) A och C d) A, B och C e) A, B, C och D

Motivering:

Tabell 11.1. Fördelning av elevernas ikryssade svar för uppgift 1A, del 1 (natt)

Svarskategori	Förtest (N=124) %	Eftertest (N=111) %
Ej besvarat	1	4
Ljus i A	19	8
Ljus i A och B	33	15
Ljus i A och C	2	3
Ljus i A, B och C	18	31
Ljus i A, B, C och D	27	39
Totalt	100	100

KRITERIUM FÖR ATT SVAR SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT:
Ljus i A, B och C eller ljus i A, B, C och D

Tabell 11.2. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar för pojkar och flickor vid för- respektive eftertest, kryssvar.

Kön	Förtest			Eftertest		
	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt
Pojkar	28	38	66	13	37	50
Flickor	40	18	58	20	41	61
Totalt	68	56	124	33	78	111

Skillnaden i svarsfördelning mellan för- och eftertest är signifikant***. Skillnaden mellan pojkar och flickor är signifikant** vid förtestet, men inte vid eftertestet. Följande kategorier för motiveringarna har använts.

11.1.1.1 Kategorisystem

I EJ BESVARAT ELLER EJ MOTIVERAT

II DET FINNS LJUS I OMRÅDE A, EVENTUELLT OCKSÅ I B

A Endast billyktorna beaktas

–I område A finns det ljus för där står ju bilen. I ruta B finns det nog också ljus, men inte C och D för dit räcker nog inte ljuset.

B Både bilsystem och fotgängare beaktas, men trots att fotgängaren ser billyktorna finns bara ljus i A

–Ljusen är riktade neråt och inte så starka men fotgängaren kan ändå se ljuset men ljuset når inte fram

III DET FINNS LJUS I A+B+C, EVENTUELLT ÄVEN I D

A Diverse motiveringar

–När det är mörkt sprids ljuset ganska långt framåt, men inte så mycket åt sidorna.

B Fotgängaren ser ljuset

–Det måste finnas ljus för att fotgängaren ska se och då måste ju ljuset nå fram till hans ögon.

C Ljuset går nästan hur långt som helst

–Ljuset försvinner inte. Det fortsätter rakt fram, med det sprider sig lite åt olika håll beroende på lampan. Därför är ljuset inte "kompakt" i D, men det finns där.

IV ÖVRIGT

– För att fotgängarna ska synas ifall dom inte har reflexer.

Tabell 11.3. Uppgift 1A, del 1 (natt), fördelning över kategorier före eller efter undervisning respektive EKNA nr 8 (Andersson & Kärrqvist, 1981).

Svarskategori	Förtest	Eftertest	EKNA
	% (N=124)	% (N=111)	% (N=148)
I Ej svar / ej motivering	18	15	11
IIA Endast billyktor...	20	12	25
IIB Både bil och fotg...	22	6	28
IIIA Diverse mot....	23	32	7
IIIB Fotgängaren ser ...	10	13	24
IIIC Ljuset går nästan...	4	18	1
IV Övrigt	3	4	3
Totalt	100	100	100



KRITERIUM FÖR ATT MOTIVERING SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT: Kategori III A, III B och III C

Tabell 11.4. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar för pojkar och flickor vid för- respektive eftertest för uppgift A1, kategorier.

Kön	Förtest			Eftertest		
	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt
Pojkar	36	30	66	21	29	50
Flickor	43	15	58	21	40	61
Totalt	79	45	124	42	69	111

Skillnaden i svarsfördelning mellan för- och eftertest är signifikant***. Det är inga signifikanta skillnader mellan pojkar och flickor vare sig vid förtestet eller vid eftertestet.

11.1.2 Uppgift 1A, del 2 Bilyktorna och fotgängaren, dag

A	B	C	D
			

Nu är det dag och solen skiner. Samma bil står parkerad på en rak, plan bilväg. Bilen har fortfarande halvljuset på. Samma fotgängare, som står på vägen, ser bilyktorna. Det är cirka 200 meter mellan bil och fotgängare. I vilka områden finns det ljus från bilyktorna? Förklara ditt svar!

Det finns ljus från bilyktorna i:
 a) A b) A och B c) A och C d) A, B och C e) A, B, C och D

Motivering:

KRITERIUM FÖR ATT SVAR SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT:
 Ljus i A, B och C eller ljus i A, B, C och D

Tabell 11.5. Fördelning av elevernas kryssvar för uppgift 1A, del 2 (dag)

Svarskategori	Förtest (N=124)		Eftertest (N=111)	
	%		%	
Ej besvarat	4		5	
Ljus i A	52		33	
Ljus i A och B	15		9	
Ljus i A och C	2		1	
Ljus i A, B och C	9		20	
Ljus i A, B, C och D	18		32	
Totalt	100		100	

Tabell 11.6. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar för pojkar respektive flickor vid för- respektive eftertest för uppgift 1A, del 2, kryssvar.

Kön	Förtest			Eftertest		
	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt
Pojkar	43	23	66	22	28	50
Flickor	48	10	58	31	30	61
Totalt	91	33	124	53	58	111

Skillnaden mellan för- och eftertest är signifikant^{***}. Det är inga signifikanta skillnader mellan pojkar och flickor vid vare sig för- eller eftertest.

11.1.2.1 Kategorisystem

I EJ BESVARAT ELLER EJ MOTIVERAT

II DET FINNS LJUS I OMRÅDE A, EVENTUELLT OCKSÅ I B

A Endast billyktorna beaktas (och inte ögonen, däremot kommer nu solen in som en faktor jämfört med uppgift A1, del A)

–Ljuset från billyktorna förminskas plus att det är ljust så flyter billyktorna och solens ljus ihop. (förtest)

B Både bilsystem och fotgängare beaktas, men trots att han ser finns bara ljus i A (även här kommer solen/solljuset in som en faktor)

–Klart att man ser lyktorna men eftersom det är ljust slukas billjuset upp av solljuset. Så jag tror inte det räcker längre än A. (eftertest)

III DET FINNS LJUS I A+B+C, EVENTUELLT ÄVEN I D

A Diverse motiveringar

–Nu är solljuset det starkaste ljuset. Så billjuset syns inte lika bra, men finns där. (förtest)

B Fotgängaren ser ljuset

–Om man kan se att lamporna lyser så finns det ljus där man står (eftertest)

C Ljuset går nästan hur långt som helst

–Ljuset "stoppas" fortfarande av gubben. Man kanske inte ser ljuset (gubben är mycket fet) (eftertest)

IV ÖVRIGT

- För att det är ljusare och fotgängarna syns bättre.

Tabell 11.7. Uppgift 1A, del 2 (dag), fördelning över kategorier före och efter undervisning.

Svarskategori	Förtest (N=124)		Eftertest (N=111)	
		%		%
I Ej svar / ej motivering		20		21
IIA Endast billyktor...		27		22
IIB Både bil och fotg...		26		10
IIIA Diverse mot....		15		20
IIIB Fotgängaren ser ...		4		7
IIIC Ljuset går nästan...		6		16
IV Övrigt		2		4
Totalt		100		100

KRITERIUM FÖR ATT SVAR SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT: Kategori III A, III B och III C

Tabell 11.8. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar över kategorier för pojkar respektive flickor vid för- respektive eftertest.

Kön	Förtest			Eftertest		
	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt
Pojkar	45	21	66	27	23	50
Flickor	48	10	58	37	24	61
Totalt	93	31	124	64	47	111

Skillnaden mellan för- och eftertest är signifikant**. Det är ingen signifikant skillnad mellan pojkar och flickor vid vare sig för- eller eftertest.

11.1.2.2 Kompletterande resultat

Valet av kategorier gjordes för att kunna jämföra svaren som avgetts på del 1 och 2 med varandra och med EKNA 8 (Andersson & Kärrqvist, 1981). En skillnad i svaren mellan del 1 och 2 som därför tyvärr inte kommer fram i valet av kategorier är att det är många elever, när de svarar på del 2, som motiverar sina svar med att solen lyser och detta påverkar ljuset från billamporna på något sätt. Argumenten går ofta ut på att solens ljus dominerar över bilens ljus och att det gör att bilens ljus "släcks ut", "stoppas" eller "trycks undan" av solens ljus. Denna typ av svar förekommer i flera kategorier. Det förekommer

även svar som tyder på att eleven tänker sig att solljuset hjälper ögonen att se billjuset.

Exempel:

- Ljuset blandas väl ut i det ljuset som kommer ifrån solen och kan däremot inte sträcka sig lika långt. Nu ser människan ljuset eftersom solljuset ger ögonen tillräckligt med ljus. (förtest, IIB, kryssalternativ A)
- Solljuset reflekterar. Det är för ljus för att det ska lysa i B och C. (eftertest, IIA, kryssalternativ A)
- När det är ljus sprids "ljuset" inte. Eftersom det redan är ljus. Det "påverkar" nog bara A. (förtest, IIA, kryssalternativ A)
- Klart att man ser lyktorna men eftersom det är ljus slukas billjuset upp av solljuset. Så jag tror inte det räcker längre än A.(eftertest, IIB, kryssalternativ A)
- När solen lyser tar den bort ljuset från lyktorna. (eftertest, IIA, kryssalternativ A)
- Solen hindrar på något sätt billyktornas ljus från att lysa längre. (förtest, IIA, kryssalternativ A)

Denna uppgift (1A, dag) gavs till ungefär halva experimentgruppen före undervisning och till den andra halvan efter undervisning. När jag senare använder ord som "minskat", "förbättring" och så vidare, får man ha i minnet att det inte är samma elever som gjort båda testen. Det är dock rimligt att använda dessa ord eftersom båda grupperna uppvisar likartade resultat generellt för hela testet.

11.1.2.3 Kommentar

Billyktorna (natt)

Denna uppgift handlar primärt om ljusets existens och om hur det utbreder sig. Man kan dock notera att uppfattningar om seendet avspeglar sig på svaren. Det är 22% av eleverna (kategori IIB) som före undervisning svarar att det inte kommer fram något ljus till fotgängaren trots att de skriver att fotgängaren ser lyktorna. Detta tyder på att de inte uppfattar nödvändigheten av att ljus måste komma från ett föremål in i ögat för att man skall kunna se föremålet. När frågan ställdes inom EKNA var det 28% av eleverna som gav svar som bedömdes tillhöra denna kategori. Efter undervisning har denna kategori minskat till 6%. Förmodligen beror detta delvis på att många elever nu har insett att man inte kan se något utan att ljus kommer in i ögat från föremålet. Tyvärr styrks inte denna förmodan av att det är särskilt många fler som använder detta som argument (kategori IIIB) när de svarar på frågan efter undervisning. Det kan kanske förklaras med att det inte frågas något om seendet utan om var det finns ljus.

Frank Bach

Före undervisning är det 4% av eleverna som menar att ljuset går nästan hur långt som helst, medan det är 18% efter undervisningen.

Det är 75% av eleverna som efter undervisning kryssar för att det måste finnas ljus i åtminstone områdena A, B, C och 63% som motive-
rar detta på något sätt. Jämfört med EKNA är det nästan dubbelt så stor andel och jämfört med förtestet är skillnaden nästan lika stor.

Här är det naturligt att ställa sig frågan om när man skall vara nöjd. Är det tillräckligt bra när 40%, 50%, 75% eller rent av 100% av eleverna svarar rätt på en uppgift av detta slag? Det är naturligtvis inte en lätt fråga att svara på, men tidigare forskning och erfarenhet pekar på att det är sällsynt att fler än 50% av eleverna svarar rätt på denna typ av uppgifter. Som en inledande utgångspunkt sätts gränsen att 50% av eleverna skall svara rätt för att jag skall vara nöjd med resultatet. I detta fall är kriteriet uppfyllt.

Billyktorna (dag)

Även på denna uppgift är det klart färre elever som efter undervisning jämfört med före, uppger att man kan se lamporna utan att det kommer fram något ljus.

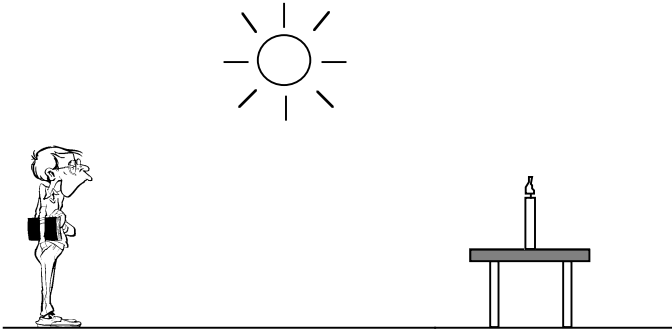
Både före och efter undervisning anser många elever att ljusets utbredning skiljer sig åt mellan dag och natt. På liknande sätt som i nästa uppgift om pojken och ljuset (uppgift 1B) finns det förklaringar som tar med dagsljuset. Det verkar som om eleverna tänker sig att detta ljus kan hindra annat ljus att komma fram. Om man skall använda en vattenslang för att åstadkomma en stråle är det stor skillnad om man gör det på land eller under vattnet. I det senare fallet skulle det omgivande vattnet hindra strålen från slangen rätt ordentligt. Kanske kan en liknande tanke om hur ljus tar sig fram genom ljus ligga bakom de svar som eleverna ger?

Det är 52 % av eleverna, som före undervisning kryssar för att det finns ljus enbart i område A. Samtidigt är det 27% som i sina motiveringar tar med billyktorna (och inte fotgängaren) för att förklara varför inte ljuset från bilen finns i de andra områdena. I en del fall motiveras det också med att dagsljuset hindrar på något sätt. Det intressanta är att det efter undervisning är 22% av elevsvaren som bedömts tillhöra denna kategori, samtidigt som andelen som sätter sitt kryss för alternativet att det endast finns ljus i område A nu är 33%. En förklaring till detta kan vara att eleverna med svar som tillhör kategori IIA inte kopplar samman det faktum att fotgängaren ser de lysande billyktorna med att ljuset måste ta sig fram åtminstone dit. Det skulle i så fall också förklara varför minskningen av andelen elever som avger svar som

bedömts tillhöra kategori IIB är klart större (16 %-enheter) än de som bedömts tillhöra kategori IIA (5 %-enheter).


Efter undervisning är det 53% av eleverna som kryssar för att det finns ljus i områdena C eller D och 43% motiverar detta. Före undervisning är motsvarande tal 29% respektive 25%. Den stora ökningen återfinns i kategori IIIC "ljuset går nästan hur långt som helst", där 16% av elevernas svar efter undervisning återfinns mot 6% före och 1% i EKNA. I och med att drygt 50% sätter kryss "rätt" anser jag att resultatet på denna uppgift är tillfredställande.

11.1.3 Uppgift 1B Pojken och stearinljuset



The diagram shows a boy on the left and a table with a lit candle on the right. A sun is in the sky above the candle. The boy is looking at the candle.

Det är dagsljus. Pojken ser lågan på det brinnande ljuset. Kommer det fram något ljus från lågan till pojken? Förklara Ditt svar!



The diagram shows the same boy and candle setup as above, but the sun is replaced by a crescent moon and several stars. The boy is looking at the candle.

Nu är det natt. Pojken ser lågan på det brinnande ljuset. Kommer det fram något ljus från lågan till pojken? Förklara Ditt svar!

Frågorna gavs i elevhäftet med plats att svara på dem var för sig. De båda delsvaren har kategoriserats som ett svar. Dagsvaret ges först och skiljs från nattsvaret med /. Följande kategorier har använts (Andersson m.fl., 1997)

11.1.3.1 Kategorisystem

I EJ BESVARAT

II LJUS KOMMER INTE FRAM VARKEN PÅ DAGEN ELLER PÅ NATTEN (NEJ–NEJ)

A Ej motiverat

–Nej, det kommer inte fram något ljus till pojken / Nej, det kommer inte fram något ljus till pojken

B Diverse motiveringar

–Nej, för att solen lyser upp allting emellan pojken och ljuset. Han ser dock stearinljuset som en sak / Samma som ovan fast månen lyser upp istället för solen

C Övrigt (någon av delfrågorna ej besvarad)

Inga exempel finns

III LJUS KOMMER INTE FRAM PÅ DAGEN MEN VÄL PÅ NATTEN (NEJ - JA)

A Ej motiverat

–Nej, varför vet jag inte. / Ja. Jag vet inte varför, men jag tror ändå att det kommer fram ljus.

B Det är ljus/solljuset är starkare/dominerande mm

–Nej. För det är redan ljus ute och det är ju starkare och dominerar det ljus från det brinnande ljuset. / Ja eftersom det är mörkt och det inte finns något annat ljus kommer det fram från ljuset.

C Övrigt

–Nej! Solljuset reflekteras mot lågan och därmed blir det samma ljus / Solstrålarna reflekteras mot månen som reflekteras mot ljuset. Men det måste ju komma ljus från lågan för det är gaser som brinner i ljuset

IV LJUS KOMMER FRAM BÅDE PÅ DAGEN OCH NATTEN (JA - JA)

A Ej motiverat

–Ja det når fram men jag vet inte varför. / ja det gör det men jag vet inte varför.

B Ja, men på dagen svagt eller "man märker det inte"

–Ja ett svagt ljus för att solens ljus lyser starkare. / Nu ser man ett starkt ljus. För lågan lyser i mörkret.

C Det kommer fram (lika mycket) ljus på dagen och på natten

–Ja, för annars skulle han inte se det / Ja, annars skulle han inte se det.

D Övrigt

–Ja, dagsljus ser allt / Ja

V ANNAT

–Lågan syns inte så tydligt för att det är likadan färg. / Ja för det är mörkt och han ser lågan tydligt.

Tabell 11.9. Uppgift B1, Pojken och ljuset, fördelning av elevernas svar över kategorierna på för- och eftertest respektive UG-95

Svarskategori	Förtest (N=117)	Eftertest (N=117)	UG-95 (N=699)
	%	%	%
I Ej besvarat	3	1	6
IIA Nej-nej, ej mot.	0	1	0
IIB Nej-nej, div. mot.	4	4	6
IIC Nej-nej, ett alt. saknas	0	0	1
IIIA Nej-ja, ej mot,	2	1	4
IIIB Nej-ja, annat ljus	48	27	45
IIIC Nej-ja, övrigt	0	1	1
IVA Ja-ja, ej mot.	2	2	4
IVB Ja-ja, svagt	20	18	16
IVC Ja-ja,	15	34	10
IVD Ja-ja, övrigt	3	4	1
V Annat	4	7	6
Totalt	100	100	100

KRITERIUM FÖR ATT SVAR SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT: Kategori IV B och C

Tabell 11.10. Uppgift 1B. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar för pojkar respektive flickor vid för- respektive eftertest samt UG-95.

Kön	Förtest			Eftertest			UG-95		
	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt	Fel	rätt	Totalt
Pojkar	32	21	53	27	36	63	251	115	366
Flickor	45	19	64	29	25	54	261	72	333
Totalt	77	40	117	56	61	117	512	187	699

Skillnaden mellan för- och eftertest är signifikant^{***}. Skillnaden mellan förtest och UG-95 är inte signifikant. Skillnaden mellan eftertest och UG-95 är signifikant^{****}. Skillnaderna mellan pojkar och flickor är inte signifikanta på för- och eftertest för eleverna i experimentgruppen. Däremot är skillnaden mellan pojkar och flickor i UG-95 signifikant^{**}.

I UG-95 var det mindre än fem procent av skolorna (3 st.) där 52 % ($61/117 \approx 0,52$) eller mer av eleverna bedömdes ha rätt svar. Dock bör nämnas att i 11 skolor (cirka 12 % av skolorna) bedömdes 50 % av eleverna ha rätt på uppgiften.

11.1.3.2 Kommentar

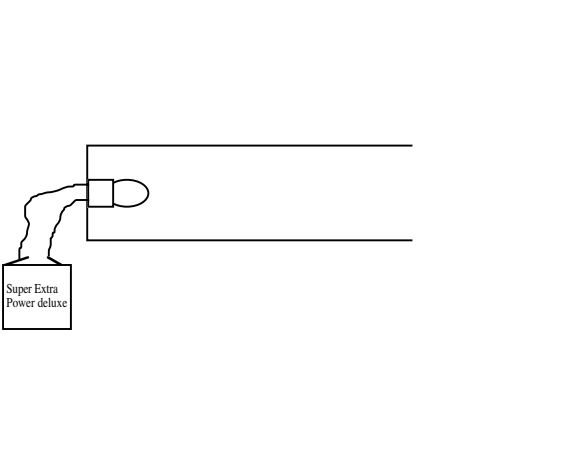
De stora grupperna av elevsvar återfinns i kategorierna IIIB, IVB och IVC. Före undervisningen är det 50 % som anser att det inte kommer fram något ljus från lågan till pojken på dagen, men väl på natten. Efter undervisning är det 29%. Övervägande andelen av dessa anser att solljuset hindrar ljuset från stearinljuset att komma fram till pojken. Trots de relativt stora skillnaderna mellan denna och den förra uppgiftens karaktär och kontext är det samma storleksordning på elevgrupperna som avgett svar som tyder på att ljus hindrar annat ljus att komma fram. Det är 56% som efter undervisning (mot 38% före undervisning) menar att det kommer fram ljus såväl på natten som på dagen, men 18% anser att det är "svagare" eller inte märks så mycket på dagen. Det betyder att det är i stort sett samma storleksordning för denna och den förra uppgiften även i detta avseende.

Med tanke på att fördelningen över kategorierna är så lika mellan förtestet och UG-95 är fördelningen på eftertestet särskilt intressant. Även om det inte är samma elever som gjort uppgiften på för- och eftertestet kan man ändå relativt säkert säga att elevernas sätt att svara har ändrats från kategori IIIB till kategorierna IVB och C. Detta är mycket positivt, eftersom det tyder på att färre anser att allmänt ljus stör annat ljus att komma fram samtidigt som det också starkt indikerar att de anser att det måste komma fram ljus till ögat för att man skall kunna se föremålet.

Som tidigare nämnts är det svårt att jämföra medelvärden mellan testgruppen och UG-95 främst beroende på att det inte är något slumpmässigt urval av eleverna i testgruppen. Därför kan det vara intressant att också jämföra med spridningen i UG-95.

Det kan konstateras att det är tre skolor av 95 där 52 % eller mer av eleverna bedömts svara rätt. I ytterligare 11 skolor är det 50 % av eleverna som svara rätt. Av de tre skolor är det på den bäst presterande skolan 63 % av eleverna som svara rätt. Det är troligt att det rör sig om en skola där 8 elever valts ut och 5 av dessa svara rätt ($5/8 \approx 0,63$). På de två övriga skolorna är det med största säkerhet 7 elever som valts ut och av dessa har 4 svarat rätt. Detta jämförs med 117 elever i 13 undervisningsgrupper från en kommuns alla grundskolor som hade undervisning i år 7 – 9. För att komplettera bilden kan man också jämföra med den klass som uppnått bäst eftertestresultat på denna uppgift i experimentgruppen. I den har alla elever svarat rätt på denna uppgift. Ett resultat som alltså inte återfanns bland någon av skolorna i UG-95.

11.1.4 Uppgift 3A. Skuggteater

	<p>Ludvig och Lisa planerar att göra skuggteater för sina småsyskon och har monterat en lampa i en gammal hushållsrulle för att få ljus på ett lakan de hängt upp. Hur stor del av lakanet kommer att vara upplyst. Rita och förklara ditt svar.</p>
---	--

11.1.4.1 Kategorisystem

I EJ BESVARAT/EJ MOTIVERAT

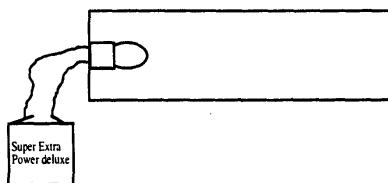
II OMRÅDET EJ VISAT (TEXT UTAN BILD)

- Det beror på hur långt ifrån lampan och hushållsrullen är från lakanet.

III LJUS VID (LAMPAN OCH) LAKAN

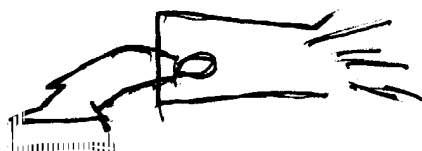
IIIA Ljusfläck på lakanet

–Det blir ett cirkulärformat motiv på lakanet. Men ju närmre du sätter rullen desto mindre och starkare blir fläcken. Drar du den längre ifrån så blir det större yta som blir upplyst men det blir ett svagare sken



IIIB Ljus vid lampa och lakan

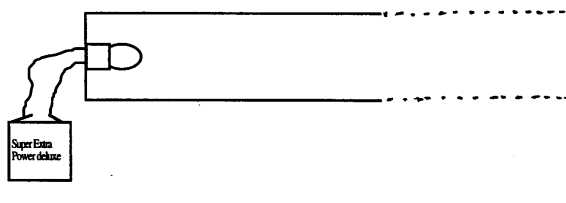
–Om man har ett mörkt rum så kommer det att lysa så mycket som hus-hållsrullens kant



IV LJUSKÄLLAN BEAKTAS INTE DÅ FLÄCKENS STORLEK ANGES (INGA LINJER/STRÅLAR MELLAN GLÖDLAMPA OCH LJUSFLÄCK)

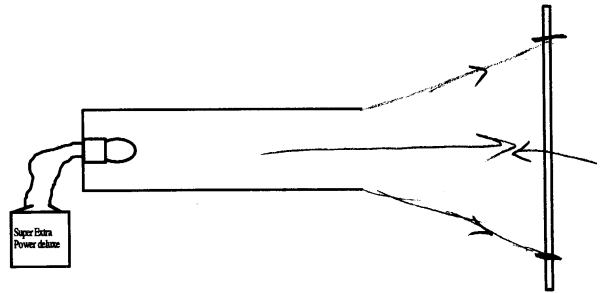
IVA Ljusfläcken blir i skärmens förlängning

–Eftersom lampan sitter så långt bak blir inte mer än en tredjedel upplyst.



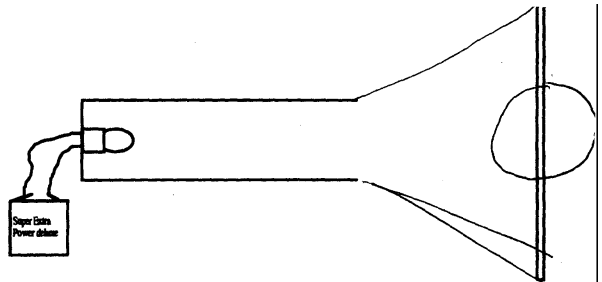
IVB Ljuset sprids ut från skärmens kanter

-Ljuset kan inte bara gå åt det hållet det utvidgar sig.



IVC Kombination av IVA och IVB

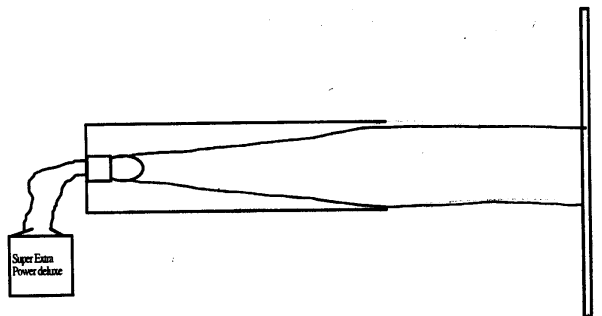
-Hela ljuset tränger ut och då blir strålarna starkare



V SYSTEMET LJUSKÄLLA - SKÄRM BEAKTAS DÅ FLÄCKENS STORLEK ANGES (LINJER STRÅLAR MELLAN GLÖDLAMPA OCH LJUSFLÄCK)

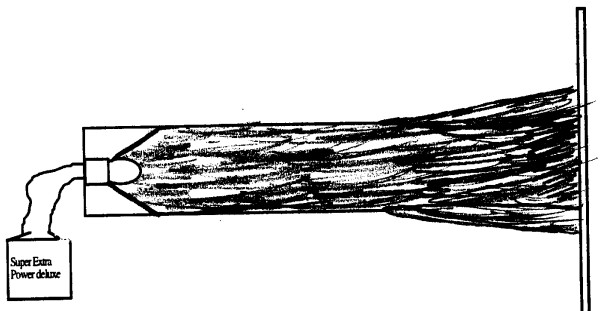
VA Ljuset tvingas ihop så att fläcken blir ungefär lika stor som skärmen

-Ljuset formas efter hus-hållsrullen och lyser sedan ut samma storlek på lakanet.



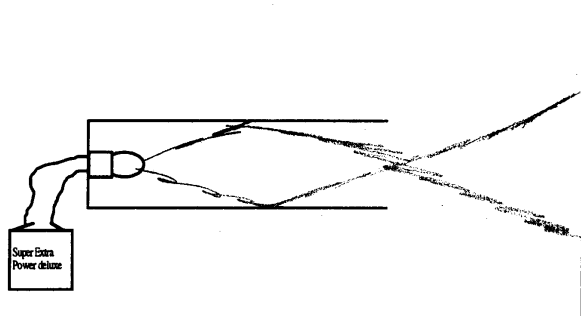
VB Kombination av IVB och VC

-Ljuset gå igenom röret och när det når slutet av röret sprider det sig



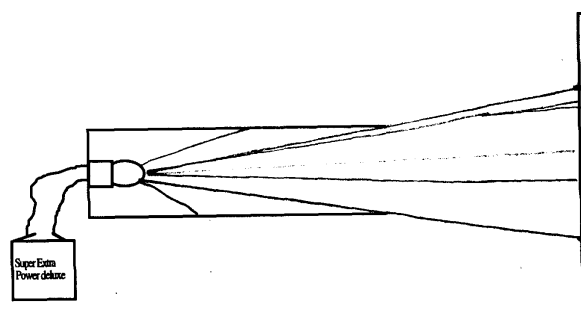
VC Strålarna reflekteras i skärmen vidare till lakanet

- Ljusstrålarna reflekteras mot pappersrullarnas kanter och upp mot en liten bit av lakanet.



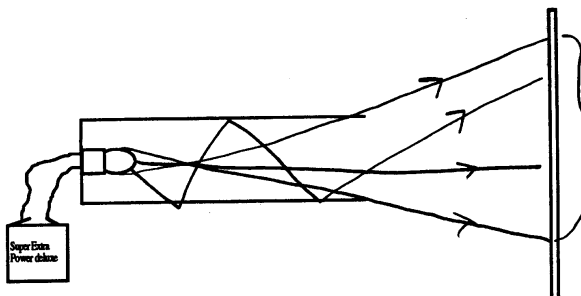
VD Strålar från glödlampa begränsade av skärmkanten till lakanet

- För strålarna går rakt fram och kanterna på strålkastaren avskärmar strålarna så att de inte kommer någon annanstans.



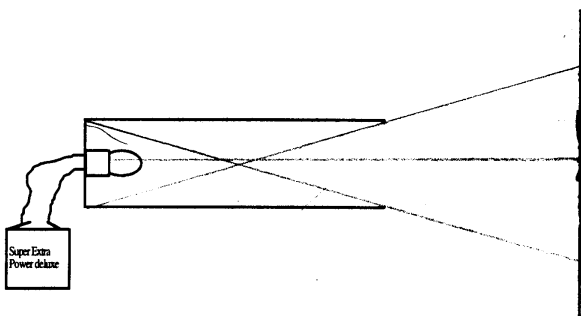
VE Kombination av VC och VD

- Ljuset stoppas av hus-hållsrullen



VI ÖVRIGT

- För ljusstrålarna gå i den vinkel eftersom toarulle är såpass lång (diagonalerna är markerade)



Tabell 11.11. Uppgift 3A. Jämförelse av fördelning över kategorier för de som besvarat för- eller eftertest respektive UG-95

Svarskategori	Förtest	Eftertest	UG-95
	(N=124)	(N=111)	(N=699)
	%	%	%
I Ej besvarat	5	4	7
II Området ej visat	11	1	3
IIIA Ljusfläck på lakanet	12	4	5
IIIB Ljus vid lampa & lakan	2	1	2
IVA Skärmens förlängning	17	10	13
IVB Från skärmens kanter	28	20	28
IVC Kombination IVA & IVB	3	1	1
VA Ljuset tvingas ihop	2	5	1
VB Kombination IVB & VC	2	1	0
VC Reflektion i skärm ⇒ lakan	2	11	9
VD Lampa – skärmkant – lakan	8	41	22
VE Kombination V, C och D	1	2	3
VI Övrigt	6	1	6
Totalt	100	100	100

KRITERIUM FÖR ATT SVAR SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT: Kategori V C, D och E

Tabell 11.12. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar för pojkar respektive flickor vid för- respektive eftertest samt UG-95 för uppgift A3

Kön	Förtest			Eftertest			UG-95		
	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt	Fel	rätt	Totalt
Pojkar	55	11	66	14	36	50	219	147	366
Flickor	55	3	58	37	24	61	242	91	333
Totalt	110	14	124	51	60	111	461	238	699

Skillnaden mellan för- och eftertest är signifikant****, där eftertestet är bättre.

Skillnaden mellan förtest och UG-95 är signifikant****, där UG-95 är bättre.

Skillnaden mellan eftertest och UG-95 är signifikant****, där experimentgruppen är bättre.

Det föreligger ingen signifikant skillnad mellan pojkar och flickor vid förtestet, men vid eftertest och i UG-95 är skillnaderna signifikanta**** till pojkarnas fördel.

Notera att jämförelse med UG-95 görs med en uppgift som inte är exakt densamma (se nästa sida: uppgift B3, Taklampan).

11.1.4.2 Kommentar

Avsikten med denna uppgift var att likna uppgift 3B så mycket som möjligt, men kontexten skulle vara annorlunda för att få olika men jämförbara uppgifter på de två testen. Generellt sett ter sig denna uppgift svårare, kanske beroende på att situationen är mycket ovanligare. Eleverna har troligen mer erfarenhet av taklampor än av skuggteater. Ändå kan man inte säga att sättet att svara på är helt beroende på situationen, då mycket går att känna igen mellan svaren på de två uppgifterna. Före undervisning ger 14 % uttryck för att ljus är detsamma som dess källa och/eller effekter. De ritar ljus på lakanet och/eller runt lampan, men ingen länk mellan lampa och lakan. Jämfört med UG-95 är det 12 % mot 5 % som enbart ritar ljus vid lakanet (UG-95: golvet). Det finns många situationer i vardagen som kan uppmuntra detta synsätt. Ett exempel kan vara att se filmer på bio, där effekten av ljuset är den rörliga bilden på duken, men trots mörkret i biosalongen syns inget ljus i luften.

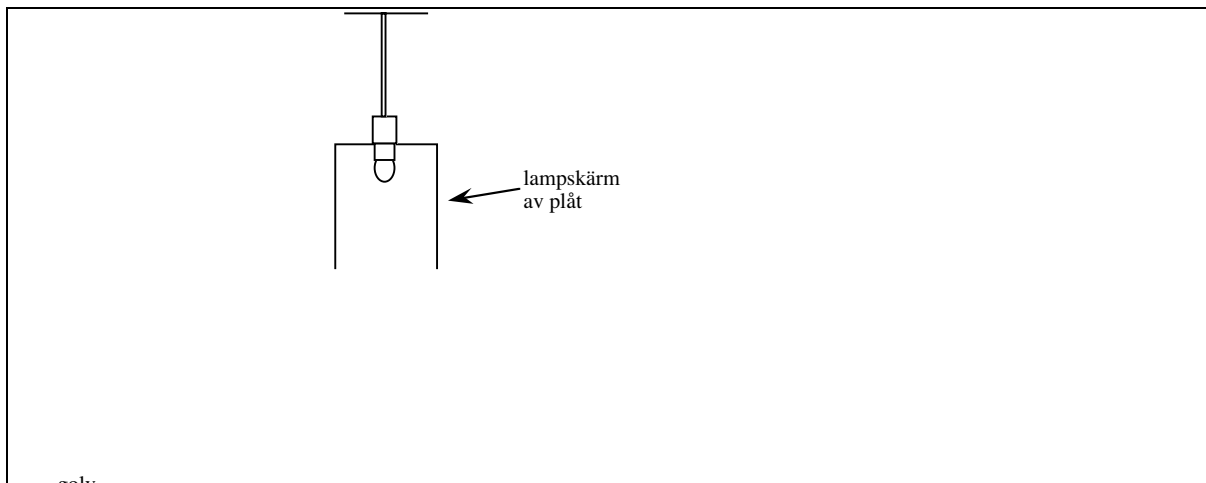
Efter undervisning är det inte längre 14 % som ger svar i dessa två kategorier utan 5 %. Eftersom det inte är samma elever som svarar på både för- och eftertest vet vi inte hur de ändrar sina svar, men vi kan med säkerhet säga att fler använder en modell där de föreställer sig ljus mellan lampa och lakan. Efter undervisning är det ca 90 % som ger svar där det på något sätt ges uttryck för att det finns ljus mellan lampa och lakan och 54 % som avger ett acceptabelt svar där ljuset utbreder sig rätlinjigt från lampa till skärm, eventuellt via reflektion i skärmen. Det är också värt att notera att kategorierna IVA och B inte minskar så mycket. Det gör att man kan misstänka att det skett en allmän förskjutning mot bättre kvalitet i svaren, men det är också möjligt att en del elever har gjort ett kvalitativt hopp direkt till kategorierna VC, D och E. Förmodligen förekommer båda varianterna.

Ytterligare ett tecken på att kvalitetsförändringen, för en del elever, sker gradvis är att kategori VA ökar efter undervisning. Där ritar eleverna figurer med linjer/strålar som börjar vid lampan och "tvingas" ihop av lampskärmen och går vidare mot lakanet där de markerar ett område som är ungefär lika stort (eller något större) än öppningen på lampskärmen. Om man tänker sig att eleverna har utvecklat sitt tänkande i samband med undervisningen är det troligt att en del kombinerar sitt gamla tänkande som skulle ha lett till ett svar i kategori IVA (skärmens förlängning) med lite nytt om ljusets utbredning till ett svar som platsar i kategori VA (ljuset tvingas ihop).

På förtestet utgår 48 % av eleverna från skärmens kanter när de ritar streck för att förklara hur stort område av lakanet som blir belyst. Det är troligt att de ritar det område där de anser att det finns ljus (förutom inne i röret). Denna grupp av elever skiljer sig åt från den förra genom att de markerar ett område mellan källan och dess effekter där det finns ljus, men de gör ingen tydlig markering av hur de kommer fram till att ljuset finns just där, kanske saknar de en modell för ljusets rätlinjiga utbredning. Efter undervisning är det 31 % av eleverna som avger svar som tillhör dessa kategorier.

Vid förtestet avger 11 % av eleverna svar som betraktas som rätt och vid eftertestet 54 %. Dessa elever tar hänsyn till lampan, dess skärm, avståndet till lakanet och använder en strålmödel för ljusets utbredning. De flesta ritar strålar som går från lampa till skärmens kanter och vidare till lakanet. En del ritar strålar som reflekteras i skärmen och några kombinerar de två förra metoderna. Förbättringen är relativt kraftig och även jämfört med UG-95 är svarsfördelningen bra.

11.1.5 Uppgift 3B. Taklampan



golv

Bilden visar en lampa i genomskärning. Lampan är tänd. Visa så noga Du kan hur stor del av golvet som är belyst av lampan. Förklara hur Du tänkte!

11.1.5.1 Kategorisystem

I EJ BESVARAT/EJ MOTIVERAT

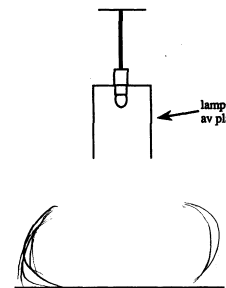
II OMRÅDET EJ VISAT (TEXT UTAN BILD)

- Det syns bara lite på bordet för ljuset kommer inte igenom skärmen på sidorna det gör att det bara kan lysa neråt.

III LJUS VID (LAMPA OCH) GOLV

IIIA Ljusfläck på golvet

- Jag tror att det är ungefär denna bit av golvet blir belyst eftersom den skuggar sig

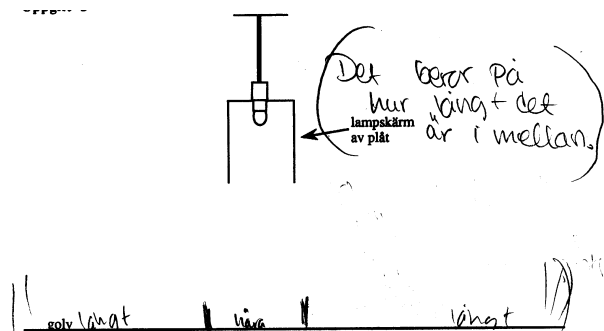


IIIB Ljus vid lampa och golv

- Det beror på hur långt det är i mellan

Lampskärmen "trycker ihop" ljuset. Om det är jätte nära så då lyser det bara på en punkt

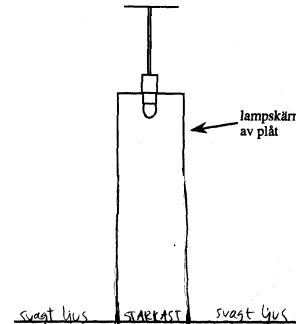
Men om det är långt i från så lyser det nästan upp hela golvet



IV LJUSKÄLLAN BEAKTAS INTE DÅ FLÄCKENS STORLEK ANGES (INGA LINJER/STRÅLAR MELLAN GLÖDLAMPA OCH LJUSFLÄCK)

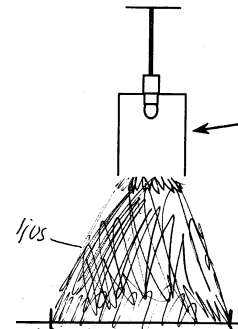
IVA Ljusfläcken blir i skärmens förlängning

-Ljuset samlas innanför kanterna på lampskärmen sedan sänds det vidare lika samlat när det träffar golvet. Det är därför man har lampskärmar som ser ut så här (/ \) när man vill att ljuset skall spridas mycket



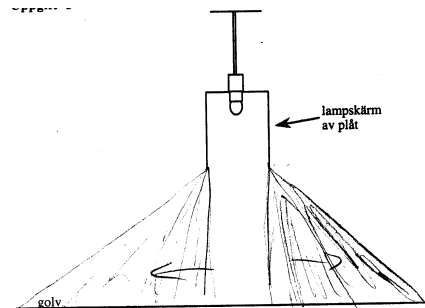
IVB Ljuset sprids ut från skärmens kanter

-Ljuset liksom blir till en stor triangel så det lyser liksom upp mittendelen av golvet.



IVC Kombination av IVA och IVB

-Det är ljusast i mitten, precis under lampan. Sen avtar ljuset alltmer och det blir suddigare och mörkare ju längre ut man kommer...



**V SYSTEMET LJUSKÄLLA - SKÄRM BEAKTAS DÅ FLÄCKENS
STORLEK ANGES (LINJER STRÅLAR MELLAN
GLÖDLAMPA OCH LJUSFLÄCK)**

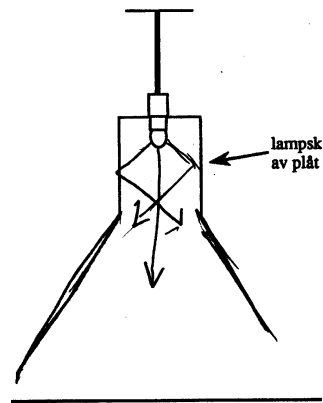
**VA Ljuset tvingas ihop så att fläcken blir ungefär lika stor som
skärmen**

- Det blir en rund fläck på golvet. Lika stor som lampan. Ljuset hindras av lampskärmen i kanten, ändast det ljus som går rakt ner syns på golvet.



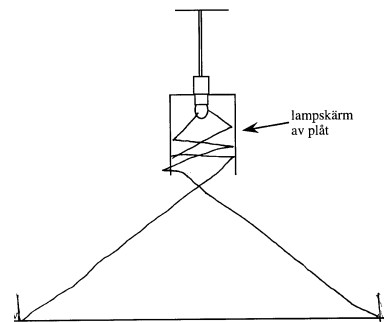
VB Kombination av IVB och VC

- Ljuset speglas mot kanterna sig



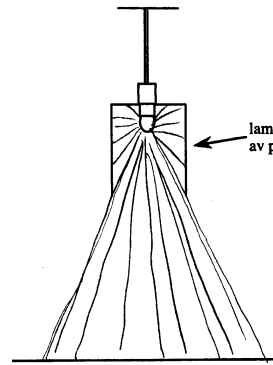
VC Strålarna reflekteras i skärmen vidare till golvet

- Ljuset reflekteras av plåten och studsar omkring och då sprids ganska långt.



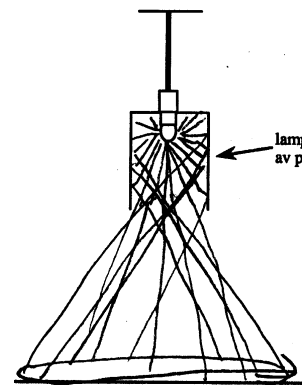
VD Strålar från glödlampa begränsade av skärmkanten till golv

- Eftersom ljuset inte kan skina genom plåt blir det inte större yta än den det blir liksom



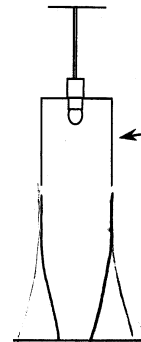
VE Kombination av V, C och D

- Ljuset reflekteras inne i lampan och går ut och skapar nya vinklar och täcker större yta. Exempel som på målningen.



VI ÖVRIGT

- Ljuset går först rakt men sedan innåt för strålarna bryts i slutet av lampan



Tabell 11.13. Uppgift 3B. Fördelning över kategorier för de som besvarat för- respektive eftertest eller UG-95

Svarskategori	Förtest	Eftertest	UG-95
	(N=117)	(N=117)	(N=699)
	%	%	%
I Ej besvarat	2	1	7
II Området ej visat	2	2	3
IIIA Ljusfläck på golvet	14	7	5
IIIB Ljus vid lampa & golv	1	0	2
IVA Skärmens förlängning	8	0	13
IVB Från skärmens kanter	28	10	28
IVC Kombination IVA & IVB	4	2	1
VA Ljuset tvingas ihop	1	7	1
VB Kombination IVB & VC	3	0	0
VC Reflektion i skärm ⇒ golv	6	7	9
VD Lampa - skärmkant - golv	16	61	22
VE Kombination V, C och D	2	3	3
VI Övrigt	13	5	6
Totalt	100	100	100

KRITERIUM FÖR ATT SVAR SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT: Kategori V C, D och E

Tabell 11.14. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar för pojkar och flickor vid för- respektive eftertest samt UG-95 för uppgift A3

Kön	Förtest			Eftertest			UG-95		
	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt	Fel	rätt	Totalt
Pojkar	33	20	53	8	55	63	219	147	366
Flickor	55	9	64	26	28	54	242	91	333
Totalt	88	29	117	34	83	117	461	238	699

Skillnaden mellan för- och eftertest är signifikant***.

Skillnaden mellan förtest och UG-95 är inte signifikant.

Skillnaden mellan eftertest och UG-95 är signifikant***.

I UG-95 var det mindre än fem procent av skolorna (4 st.) där 71 % (83/117≈0,71) eller mer av eleverna bedömdes ha rätt svar.

Skillnaderna mellan pojkar och flickor är signifikanta på förtestet***, eftertestet**** och i UG-95****.

11.1.5.2 Kommentar

Vid förtestet ger ungefär lika stor andel (15 %) av eleverna som på den förra uppgiften svar vilka tyder på att de uppfattar ljuset som dess

källa och/eller effekter. Det är lite mer än dubbelt så mycket som för UG-95 och även jämfört med eftertestet. Det indikerar att "traditionell" undervisning liksom experimentundervisningen leder till att en del elever övergår från att förväxla ljuset med dess källor och effekter till att istället tänka sig ljus som något som finns mellan dessa.

Andelen elever som placerar ljuset mellan lampa och fläck genom att rita streck från skärmens kanter, är lika för förtestet och UG-95 (40 % mot 42 %). Vid eftertestet har dock denna andel sjunkit till 12 %. Det tyder på att experimentundervisningen i betydligt större omfattning leder till att eleverna också tar nästa steg, nämligen att dessutom ta med placeringen av ljuskällan i sin förklaring av hur stor ljusfläcken blir.

Vi kan se att även för denna uppgift ökar kategori VA (ljuset tvingas ihop). Efter undervisning är denna kategori 7 %. Både när det gäller förtestet och UG-95 var det en procent av eleverna som gav svar tillhörande denna kategori. Det tyder på att en del av eleverna även när det gäller taklampan gör en syntes av sin förförståelse och det nya de försöker lära. Kategori IVA (skärmens förlängning) omfattade 8 % av elevernas svar före undervisning och 0 % efter. En del av de 7 % svar i kategori VA efter undervisning kommer nog härifrån.

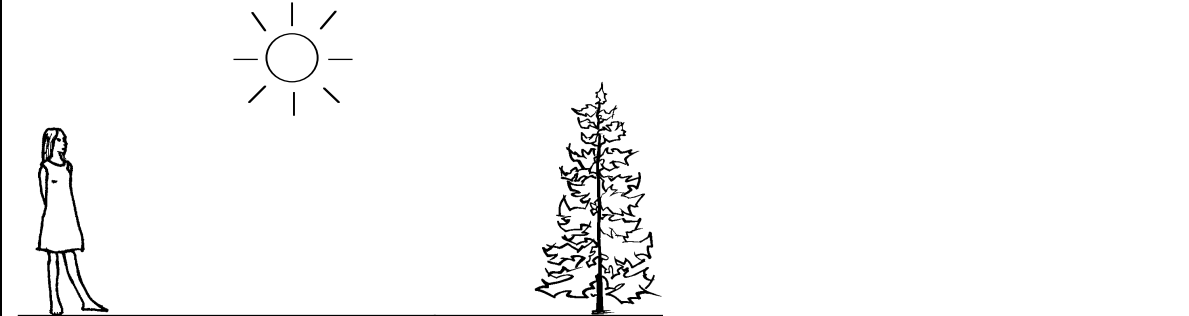
I kategorierna VC, D och E återfinns vid förtestet 24 % och vid eftertestet 71 % av elevernas svar. I UG-95 kategoriserades 34 % av elevernas svar till dessa kategorier.

Det är 4 skolor i UG-95 där lika stor eller större andel av eleverna svarar rätt på denna uppgift än vad experimentgruppen gör i genomsnitt. I den bästa av dessa svarar 88 % av eleverna rätt. I den klass, av experimentgruppen, som nått bäst resultat på eftertestet svarar alla elever rätt på denna uppgift. Ett resultat som alltså inte nåddes vid någon skola i UG-95.

11.2 Seendet

Enligt ett naturvetenskapligt synsätt är det helt nödvändigt att ljus från det föremål som betraktas kommer in i ögat. Några andra alternativt står inte till buds. I kombination med ljusets rätlinjiga utbredning utgör detta grunden för en fysikalisk förklaring av hur seende går till och är även en mycket viktig komponent för att kunna förstå både reella och virtuella bilder.

11.2.1 Uppgift 2, Carolina och granen



Carolina tittar på en liten gran i trädgården. Det är mitt på dagen. Solen lyser. Granen syns bra. Carolina tänker: På natten syns granen nästan inte alls. På dagen syns den bra. Det beror på att solen gått upp. Men det är ju ett avstånd från mig till granen. Och det är jättelångt till solen. Hur går det egentligen till när solen hjälper mig att se granen?

Hur skulle Du svara på Carolinas fråga? Rita till Ditt svar!

11.2.1.1 Kategorisystem

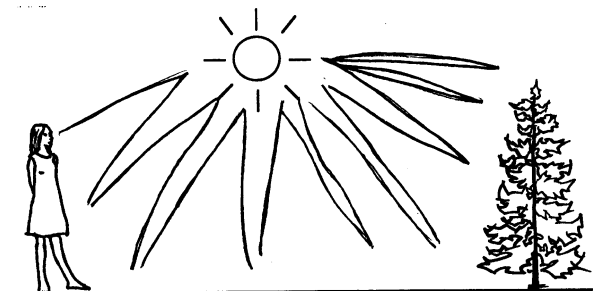
I EJ BESVARAT/EJ MOTIVERAT

II SOLEN LYSER/STRÅLAR

IIA Bild med sol som lyser (ingen text)

IIB Solen lyser/sänder ut strålar/det är dagsljus

–Solen hjälper Carolina att se granen genom att lysa upp granen och vägen från Carolina till granen med strålarna

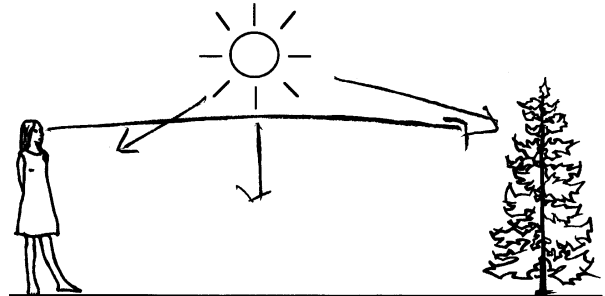


IIC Som IIB, men reflektion nämns (inga strålar ritade)

–Solen lyser på granen så den syns. Ljuset reflekteras.

III INSLAG AV SYNSTRÅLAR/BLICKAR M.M.

– När solen lyser kommer det ljus överallt

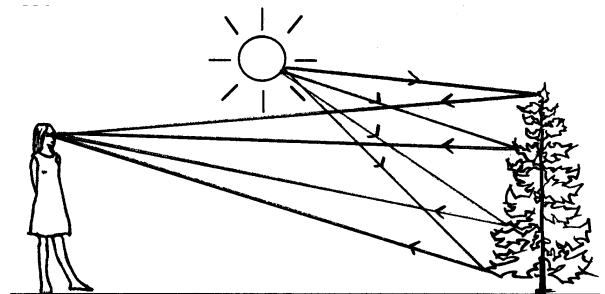


IV SOL OCH GRAN SÄNDER UT LJUS

– Solen sänder ut starkt ljus som träffar granen som också sänder ut ljus men inte lika starkt.

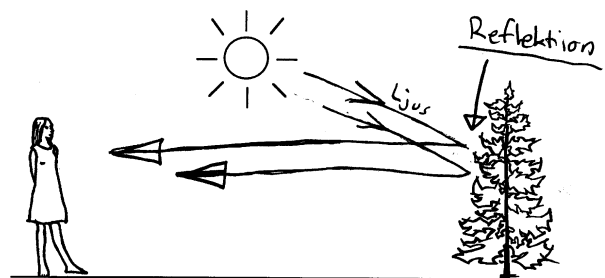
V SOLLJUS REFLEKTERAS I GRANEN TILL FLICKAN

– Solens strålar träffar granen och reflekteras mot Carolinas ögon



VI SELEKTIV REFLEKTION OCH ABSORPTION AV STRÅLARNÄ FRÅN SOLEN

– Ljuset från solen reflekteras på granen och åker iväg mot Carolina. När ljuset reflekteras på granen så reflekteras det gröna ljuset mest (om granen är grön) och de andra färgerna absorberas.



VII ÖVRIGT

- Våra ögon är anpassade att se i ljus eftersom vi sover på natten och är vakna på dagen men nattdjur skulle se granen bättre på natten eftersom deras ögon är anpassade till det.

Tabell 11.15. Uppgift 2, Carolina och granen. Fördelning av elevsvar över kategorierna

Svarskategori	Förtest (N=240)	Eftertest (N=228)	UG-95 (N=699)
	%	%	%
I Ej besvarat	15	5	17
II A Bild utan text	5	3	1
II B Solen lyser	43	18	38
II V Reflektion nämns	5	5	12
III Inslag av synstrålar	9	4	2
IV Sol och gran ⇒ ljus	0,5	2	1
V Ljus ⇒ gran ⇒ flicka	15	58	20
VI Selektiv reflektion...	0,5	3	1
VII Övrigt	7	2	8
Totalt	100	100	100

KRITERIUM FÖR ATT SVAR SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT: Kategori V och VI

Tabell 11.16. Fördelning mellan "riktiga" och "felaktiga" svar vid för- respektive eftertest samt UG-95 för uppgift 2

Bedömning	Förtest	Eftertest	UG-95
"Rätt"	38	138	143
"Fel"	202	90	556
Summa	240	228	699

Skillnaden mellan för- och eftertest är signifikant****

Skillnaden mellan förtest och UG-95 är inte signifikant

Skillnaden mellan eftertest och UG-95 är signifikant****

I UG-95 var det mindre än två procent av skolorna (1 st.) där 61 % eller mer av eleverna bedömdes ha rätt svar.

Tabell 11.17. Uppgift 2, Carolina och granen; de som gjort både för- och eftertest

Eftertest

		VII	I	IIA	IIB	IIC	III	IV	V	VI	Σ
Förtest	VI								1		1
	V							2	29	1	32
	IV				1						1
	III		1		3		3	1	8		16
	IIC						1		9		10
	IIB	2	4	3	21	7	3		48	3	90
	IIA		1	2	1		2		4		10
	I		4		8	2	1		13	1	29
	VII	2	1		2	1			9		15
	Σ	4	11	5	36	10	10	3	121	5	205

Tabellen omfattar svar från elever som gjort både för- och eftertest. Om man följer raderna får man reda på hur många svar som kategoriserats i varje kategori när det gäller förtestet. Samma sak gäller för eftertestet om man följer kolumnerna ner. I matrisen kan man se hur elevernas svar ändrar sig mellan testen. Till vänster av diagonalen kan man säga att svaren är sämre efter än före och utefter diagonalen lika. Till höger om diagonalen är svaren bättre efter undervisningen än före.

Tabell 11.18. Fördelning av andelen svar som har bedömts som rätt och fel för pojkar respektive flickor vid för- och eftertest.

Kön	Förtest			Eftertest			UG-95		
	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt	Fel	rätt	Totalt
Pojkar	77	24	101	29	72	101	281	85	366
Flickor	95	9	104	50	54	104	275	58	333
Totalt	172	33	205	79	126	205	556	143	699

Det är signifikanta skillnader mellan pojkar och flickor på både för***- och eftertest*** men inte i UG-95. Skillnaderna utjämnas något mellan för- och eftertest.

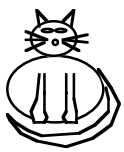
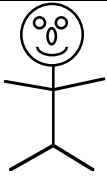
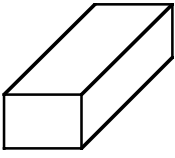
11.2.1.2 Kommentar

Detta är första uppgiften som alla elever gjort på både för- och eftertest. Det betyder att man på ett annat sätt än på tidigare uppgifter kan följa hur de ändrar sitt svarande mellan de två tillfällena. De två största kategorierna både på för- och eftertest är IIB (solen lyser) och V (Sol-gran-flicka) och det är mellan dessa den största förändringen sker (i absoluta tal, i % är det förändringen från IIC till V som är störst). På förtestet är det 90 elever som avger svar i kategori IIB och 32 st i kategori V. Efter undervisning är det 36 st i kategori IIB och 121 st i kategori V. Det är 48 av de sistnämnda som kommer från kategori IIB medan 21 st "är kvar" i kategori IIB. Tjugonio elever svarar i kategori V både på förtestet och eftertestet. Den näst största förflyttningen (13 elever) är den från att inte svara alls på uppgiften på förtestet till just kategori V på eftertestet. Resultatet på denna uppgift är en illustration till att många elever (96 st.) har fått tillgång till ett kvalitativt annorlunda (och för många syften, bättre) sätt att förklara ett fenomen.

Eleverna i UG-95 ser ut att svara något bättre än eleverna på förtestet, men det är ingen signifikant skillnad. Efter undervisning är dock skillnaden stor till experimentgruppens fördel.

Bland skolorna i UG-95 är det en där lika eller större andel, jämfört med experimentgruppen, av eleverna svarar rätt. I den svarade 63 % av eleverna rätt. I den bästa klassen inom experimentgruppen svarar 85 % av eleverna rätt. Den nivån nådde alltså ingen skola i UG-95.

11.2.2 Uppgift 6, Katten och pojken

		<p>Katten Findus och gossen Nils befinner sig i ett helt mörkt rum. Det är inget ljus i rummet. Nils kommer:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) inte att kunna se lådan alls. b) precis att kunna se lådan. c) att kunna se lådan utan problem.
		<p>Denna fråga är som den förra. Rummet är fortfarande helt mörkt. Det är inget ljus i rummet. Katten Findus kommer:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) inte att kunna se lådan alls. b) precis att kunna se lådan. c) att kunna se lådan utan problem.

Tabell 11.19. Fördelning av kryssvar före och efter undervisning för båda deluppgifterna

Svarskategori	Förtest (N=241)		Eftertest (N=228)	
		%		%
Ej besvarat		3		2
Fel – fel (ev. en ej svar)		30		13
Rätt – fel (ev. ej svar)		49		40
Fel – rätt (ev. ej svar)		2		0
Rätt – rätt		16		45
Totalt		100		100

KRITERIUM FÖR ATT SVAR SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT: kryssävar a i båda fallen

Tabell 11.20. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar vid för- respektive eftertest

Bedömning	Förtest	Eftertest
Rätt	39	103
Fel	202	125
Summa	241	228

Skillnaden mellan för- och eftertest är signifikant****.

Tabell 11.21. Fördelning av elevernas bedömning, före och efter undervisning, av gossen Nils förmåga att se i ett mörkt rum

		Eftertest				Σ
		Ej	c	b	a	
Förtest	a	4	2	7	12	134
	b	2		16	39	57
	c			1	2	3
	Ej				11	11
	Σ	6	2	24	173	205

Tabell 11.22. Fördelning av elevernas bedömning, före och efter undervisning, av katten Findus förmåga att se i ett mörkt rum

		Eftertest				Σ
		Ej	c	b	a	
Förtest	a	3	1	2	3	38
	b	1	7	5	17	30
	c	3	7	12	41	128
	Ej		4		5	9
	Σ	7	84	19	95	205

Tabell 11.23. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar för pojkar och flickor vid för- respektive eftertest

Kön	Förtest			Eftertest		
	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt
Pojkar	74	27	101	44	57	101
Flickor	97	7	104	66	38	104
Totalt	171	34	205	110	95	205

Det är signifikanta skillnader mellan pojkar och flickor på såväl förtestet**** som eftertestet***, men skillnaderna minskar.

11.2.2.1 Kommentar

Uppgiften innehåller två delar och det är möjligt att svara rätt på en del och fel på den andra. Kombinationerna av svar kan ge upplysningar om hur eleverna

Tabell 11.24. Jämförelse mellan för- och eftertest för uppgift 6. Olika kombinationer av svar när det gäller pojken och katten. "r" står för rätt, "f" för fel, "p" för pojke och "k" för katt.

		Eftertest				Totalt
		f p – f k	f p – r k	r p – f k	r p – r k	
Förtest	r p – r k		2	2	30	34
	r p – f k	10		49	39	98
	f p – r k			2	2	4
	f p – f k	20		25	24	69
	Totalt	32		78	95	205

Före undervisning är det 16% (se Tabell 11.19) av eleverna som anser att det krävs ljus både för att människor och katter skall kunna se. Efter undervisning är det 45% (se Tabell 11.19) Av de elever som gjort både för- och eftertest är det 14% (30/205) som anser detta både före och efter undervisning och 2% (4/205) som övergivit detta svarsalternativ. Den största tillströmningen kommer från gruppen som, före undervisning, ansåg att katten kunde se, men inte gossen. Denna grupp är också den näst största med 38% (78/205) efter undervisning och det är nästan 25% (49/205) som håller fast vid denna ståndpunkt från förtestet. Före undervisning är det 48% (98/205) av eleverna som kryssat på detta sätt. Drygt hälften av dem överger alltså inte sitt ursprungliga sätt att svara "trots" undervisning. Inte i någon av de andra uppgifterna om seende som gavs på både för- och eftertest finns det någon "felaktig" kategori där eleverna har så stor benägenhet att hålla sig kvar mellan för- och eftertest. Detta är en tydlig indikation på att eleverna har svårt att helt frikoppla sig från att seendet skulle vara någon form av "utåtriktad" verksamhet. Denna aspekt av seendet dyker upp i flera av de andra uppgifterna. Av denna anledning kan det vara intressant att ytterligare belysa mörkerseende i undervisningen.

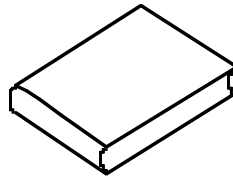
11.2.3 Uppgift 7, Lisa och boken

Lisa och hennes lärare pratar om att se.

Läraren: Förklara hur du kan se boken!

Lisa: Det går signaler i nervtrådar mellan ögonen och hjärnan.

Läraren: Ja, detta händer mellan ögonen och hjärnan. Men det är ju ett avstånd mellan boken och ögonen. Händer det något mellan dem?



Vad skulle Du svara? Rita och förklara!

11.2.3.1 Kategorisystem

I EJ BESVARAT

II INGET HÄNDER

- Det händer ingenting förutom att man ser boken

III SYNSYSTEMET ÄR AKTIVT

- Ja ögonen regleras att ställas in sig efter avståndet till boken.

IV DET HAR MED LJUSET ATT GÖRA, INGEN LÄNK BOK-ÖGA

A Det är ljus mellan bok och öga/det behövs ljus för att man skall kunna se

-Man ser ju framåt eftersom det är ljus

B Ögat ser/fångar in ljus

-Ögonen tar upp ljus och ser då boken.

C Boken belyses/reflekterar/fångar upp ljus (från en ljuskälla)

-Det är ett ljus som reflexteras mot boken därför ser man.

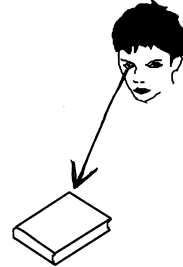
V STRÅLE/IMPULS/BLICK MELLAN ÖGA OCH BOK (riktning oklar eller från öga till bok)

A Riktning oklar

–Det går ljusstrålar mellan boken och ögat.

B Riktning från öga till bok

–Det skickas ut ljus ifrån ögonen mot boken. Kan inte förklara!



C Riktning öga – bok – öga

–Ögonen tittar på boken och boken reflekterar tillbaka synen så att vi kan se boken

VI NÅGOT KOMMER IN/GÅR MOT ÖGAT

A Bild/bok/intryck/färg från bok till öga

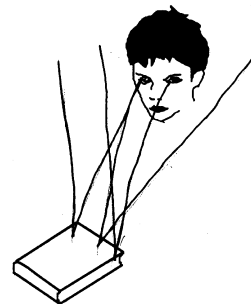
–Ljuset studsar på boken och åker tillbaka med bilder av boken som ögonen och hjärnan tar hand om.

B Boken skickar ljusstrålar till ögat

–Ljussignalerna skickas från boken till ögonen. Efter det uppfattar vi bilden av boken.

C Boken reflekterar ljus in i ögat

–Det kommer ljus på boken som reflekteras och ögonen fångar upp det reflekterade ljuset



VII ÖVRIGT

– Det finns små saker som gör att man uppfattar färg. Jag kommer inte ihåg vad de heter. Men forskarna är oense om de finns eller ej

Tabell 11.25. Fördelning av alla elevers svar över kategorier före respektive efter undervisning och för UG-95

Svarskategori	Förtest	Eftertest	UG-95
	% (N=241)	% (N=228)	% (N=699)
I Ej besvarat	33	14	23
II Inget händer	2	0	1
III Synsystemet är aktivt	8	4	9
IVA Det är ljus / behövs ljus	2	0	2
IVB Ögat ser/ fångar in ljus	2	2	1
IVC Boken belyses ...	1	2	3
VA Stråle mm, riktning oklar	16	16	18
VB Från öga till bok	5	4	5
VC Öga – bok – öga	5	8	4
VIA "Något" in mot ögat	4	1	6
VIB Ljustrålar, bok – öga	2	5	5
VIC Reflektion + VIB	10	43	20
VII Övrigt	10	2	4
Totalt	100	100	101

KRITERIUM FÖR ATT SVAR SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT: Kategori VI B och C

Tabell 11.26. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar vid för- respektive eftertest samt UG-95 för uppgift 7

Bedömning	Förtest	Eftertest	UG-95
"Rätt"	31	108	175
"Fel"	210	120	524
Summa	241	228	699

Skillnaden mellan för- och eftertest är signifikant****

Skillnaden mellan förtest och UG-95 är signifikant**** där UG-95 är bättre

Skillnaden mellan eftertest och UG-95 är signifikant**** där testgruppen är bättre.

I UG-95 var det mindre än 13 % av skolorna (12 st.) där 48 % eller mer av eleverna bedömdes ha rätt svar.

Tabell 11.27. Fördelning över kategorierna av svaren från de elever som har gjort både för- och eftertest för uppgift 7.

Eftertest

		I	VII	II	III	IVA	IVB	IVC	VA	VB	VC	VIA	VIB	VIC	Σ	
Förtest	VIC								1				1	20	22	
	VIB												1	5	6	
	VIA	1									1		1	7	10	
	VC	1							2		3		1	4	11	
	VB		1						2		1	1	1	3	9	
	VA	3			1			1	9	1	2	1	1	12	31	
	IVC								1					2	3	
	IVB	1									1			2	4	
	IVA										1			1	2	
	III	4			1			2	1	2	1	1		1	3	16
	II									1	1				2	4
	VII	6	1		1					2	1				8	19
	I	16	2		4				2	7	2	10		2	23	68
	Σ	32	4		7			2	4	27	8	18	2	9	92	205

Tabell 11.28. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar för pojkar och flickor vid för- respektive eftertest samt UG-95 för uppgift 7

Kön	Förtest			Eftertest			UG-95		
	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt	Fel	rätt	Totalt
Pojkar	81	20	101	47	54	101	254	112	366
Flickor	96	8	104	57	47	104	270	63	333
Totalt	177	28	205	104	101	205	524	175	699

Skillnaderna mellan pojkar och flickor är signifikanta på förtestet* och i UG-95**** men inte i eftertestet.

11.2.3.2 Kommentar

På förtestet är det 33 % som inte besvarar uppgiften mot 23 % och 14 % för UG-95 respektive eftertestet (se Tabell 11.25). Möjligen tyder detta på att det är något som uppfattas som konstigt med uppgiften före undervisningen. Kanske är det så att en del elever inte anser att det händer något mellan boken och Lisas ögon.

De första kategorierna av svar tyder på det. Ett fåtal elever säger att det inte händer något mellan boken och ögonen, andra att det är synsystemet som är aktivt eller att det behövs ljus för att man skall kunna se. Många elever med liknande idéer kanske avstår att besvara frågan av det skälet att själva frågeställningen framstår som en aning absurd då det efterfrågas om något händer mellan bok och öga. Ett resultat som gör den tolkningen trolig är att 34 % (23/68) av dem som inte svarar på förtestet ger ett svar i kategori VIC på eftertestet, och detta utgör den största "förflyttningen" mellan för- och eftertest. 24% (16/68) av dem som inte svarade på förtestet avstår även på eftertestet och utgör då hälften av dem som inte svarar.

Den näst största förflyttningen är den från kategori VA (stråle med oklar riktning) till kategori VIC. Samtidigt är kategori VA en av dem som fylls på mest mellan testen och är i princip lika stor på eftertestet som på förtestet. Det beror förmodligen på att kategorin har karaktär av att vara mittemellan två andra kategorier. I denna hamnar de svar där det varit svårt eller omöjligt att avgöra riktningen på strålen mellan boken och ögonen.

Den tredje största förflyttningen är från att inte svara alls på förtestet till att svara i kategori VC (öga-bok-öga). Det är omöjligt att veta varför de inte svarade på frågan vid förtestet, men nu ger de svar som tyder på att något lämnar ögat i riktning mot boken för att komma tillbaka till ögat. Detta sätt att resonera borde vara möjligt att utveckla i riktning mot det naturvetenskapliga synsättet. För övrigt ökar antalet svar i denna kategori från 10 på förtestet till 18 på eftertestet. Tre av de 18 har kvar samma beskrivning som vid förtestet, en elevs svar har ändrats från att tillhöra kategori III (synsystemet är aktivt), två från VA (Stråle mm, riktning oklar), en från VB (ögat ser / fångar in ljus) och en från VIA (något går in mot ögat).

Sammanlag är det 36% av eleverna efter undervisning som antingen inte klargör länken mellan boken och ögat eller om de gör det inte är tydliga (eller har fel) angående riktningen på informationsflödet mellan boken och ögat.

Det är också värt att notera att det för denna uppgift är signifikant skillnad mellan förtestet och UG-95, till den senare gruppens fördel.

Före undervisning svarar 13% av eleverna "rätt" på uppgiften mot 25% i UG-95. För denna uppgift är den slumpmässigt utvalda gruppen som undervisats på andra sätt alltså bättre än experimentgruppen före undervisning. Den förändrade undervisningen har dock lett till att experimentgruppen har gått från ett klart sämre resultat före undervisning till ett klart bättre resultat efter undervisning än vad UG-95 visar upp efter undervisning.

Det är 12 skolor inom UG-95 där lika stor eller större andel av eleverna svarar rätt jämfört med experimentgruppen. I den bästa av dessa svarar 75 % av eleverna rätt. I den bästa klassen inom experimentgruppen svarar alla elever rätt på denna uppgift. Ett resultat som inte någon skola i UG-95 uppvisar.

11.3 Ljusets reflektion

De två första uppgifterna i detta målområde omfattar både ljusets reflektion och virtuella bilder. Den tredje uppgiften, strålkastaren löses bra utan att blanda in några resonemang om virtuella bilder.

11.3.1 Uppgift 4A. Vem kan se bilden av klossen?

		<p>Bilden är ritad uppifrån. Mr X och Mr O sitter framför en spegel. Där ligger också en kloss. Vem eller vilka kan se en spegelbild av klossen? Markera ett av följande alternativ!</p> <p>a) Mr X kan se en spegelbild av klossen.</p> <p>b) Mr O kan se en spegelbild av klossen.</p> <p>c) Båda kan se en spegelbild av klossen.</p> <p>d) Ingen av dem kan se en spegelbild av klossen.</p>
<p>//////////////////// Spegel</p> <p>■ Kloss</p> <p>× Mr X</p> <p>○ Mr O</p>		

Tabell 11.29. Fördelning av elevernas kryssvar före och efter undervisning för uppgift 4A

Svarskategori	Förtest (N=124)		Eftertest (N=111)	
		%		%
Ej besvarat		2		4
A Mr X kan se...		72		68
B Mr O kan se...		6		11
C Båda kan se...		15		14
D Ingen kan se...		6		5
Totalt		100		100

KRITERIUM FÖR ATT SVAR SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT:
Kryssvar A

Tabell 11.30. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar för pojkar och flickor vid för- respektive eftertest för uppgift 4A

Kön	Förtest			Eftertest		
	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt
Pojkar	11	55	66	15	35	50
Flickor	24	34	58	21	40	61
Totalt	35	89	124	36	75	111

Skillnaden mellan för- och eftertest är inte signifikant. Skillnaden mellan pojkar och flickor är signifikant på förtestet*** men inte på eftertestet.

11.3.1.1 Kommentar

När det gäller den här uppgiften konstateras att den inte är tillräckligt bra formulerad för att bidra med någon information om hur eleverna löser uppgiften. Förklaringen till detta får man om man analyserar svarsfördelningen på nästa uppgift parallellt med denna. Då visar det sig att väldigt många elever svarar att spegelbilden av ett föremål ligger på det ställe där strålarna reflekteras i spegeln för att komma till ögonen (eller möjligen tänker de att "synstrålarna" studsar i denna punkt för att komma till föremålet. Eftersom det inte finns någon spegel där eleverna tänker sig att spegelbilden finns i fallet med MR O, kommer de att svara rätt med hjälp av uteslutningsmetoden, utan att behöva fundera över var den virtuella bilden finns. Det är stor risk för att ett felaktigt resonemang leder till rätt svar.

11.3.2 Uppgift 4B. Var finns spegelbilden?

D	F	E				
				Spegel		Mr X och Mr O sitter och tittar på en spegelbild av en kloss (bilden är ritad uppifrån).
						Var kommer spegelbilden att ligga FÖR MR X?
X	Mr X			O	Mr O	Sätt ring runt rätt alternativ: A B C D E F
						Var kommer spegelbilden att ligga FÖR MR O?
						Sätt ring runt rätt alternativ: A B C D E F

Tabell 11.31. Fördelning av elevernas kryssvar före och efter undervisning för uppgift 4B

Svarskategori	Förtest (N=117)		Eftertest (N=117)	
	Mr X (%)	Mr O (%)	Mr X (%)	Mr O (%)
Ej besvarat	13	14	3	6
A	15	15	15	11
B	34	20	35	16
C	21	33	15	37
D	10	5	5	9
E	4	11	14	9
F	3	3	13	12
Totalt	100	100	100	100

KRITERIUM FÖR ATT SVAR SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT: Kryss-svar F

Tabell 11.32. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar för pojkar och flickor vid för- respektive eftertest för uppgift 4B

Kön	Mr X						Mr O					
	Förtest			Eftertest			Förtest			Eftertest		
	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt	Fel	rätt	Totalt	Fel	rätt	Totalt
Pojkar	50	3	53	55	8	63	51	2	53	54	9	63
Flickor	64	0	64	47	7	54	63	1	64	49	5	54
Totalt	114	3	117	102	15	117	114	3	117	103	14	117

Skillnaden mellan för- och eftertest är signifikant (***) och (**). Det är inga signifikanta skillnader mellan pojkar och flickor

Tabell 11.33. Fördelning mellan elever som placerar spegelbilden på respektive bakom spegeln vid för- respektive eftertest för uppgift 4B

Bedömning	Mr X		Mr O	
	Förtest	Eftertest	Förtest	Eftertest
Bakom	19	37	22	35
På spegeln	98	80	95	82
Summa	117	117	117	117

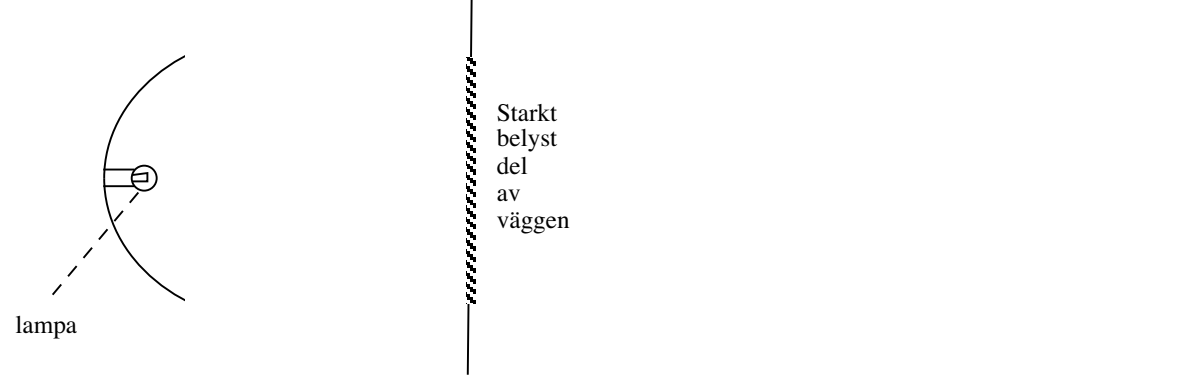
Skillnaden mellan för- och eftertest är signifikant i fallet för Mr X^{***}, men inte för Mr O.

11.3.2.1 Kommentar

Både vid för- och eftertest är det vanligaste svarsalternativet att spegelbilden ligger i position B för Mr X och i position C för Mr O. Skillnaderna är marginella mellan testen. Däremot minskar de omvända placeringarna en del, d.v.s. att placera Mr O:s spegelbild i position B och Mr X:s spegelbild i position C. Detta kan tyda på att eleverna, på eftertestet, i större omfattning använder sig av en strålmödel med reflektion för att få fram spegelbildens placering. Detta är positivt, men leder inte hela vägen fram till fullständig behandling av uppgiften. Det återstår att fundera över hur reflektionen ger upphov till en skenbild placerad bakom spegeln, för båda fallen i position F.

När det gäller att placera spegelbilden i position A gör 15% av eleverna det för både Mr X och Mr O på förtestet. Av någon okänd anledning minskar denna andel till 11% för Mr O vid eftertestet, men är oförändrad för Mr X.

11.3.3 Uppgift 5. Strålkastaren



Starkt belyst del av väggen

lampa

Bilden visar en strålkastare i genomskärning. Då glödlampan tänds i ett mörkt rum blir det en starkt lysande och rund ljusfläck på väggen. Fläcken är ungefär lika stor som öppningen på strålkastaren.

Förklara hur den runda ljusfläcken uppstår och varför den blir just så stor som den blir. Rita till Din förklaring!

11.3.3.1 Kategorisystem

I EJ BESVARAT/EJ MOTIVERAT

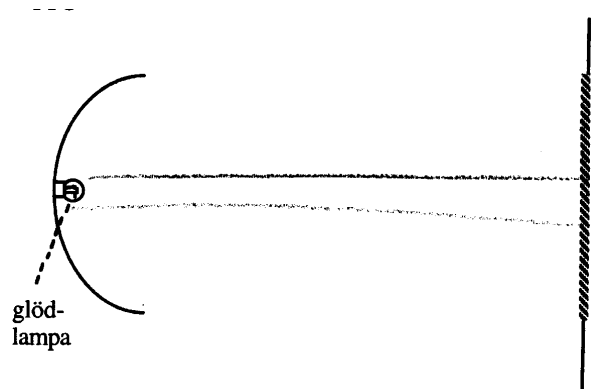
II LJUSKÄLLAN BEAKTAS INTE (Lampans form ger ljusfläckens storlek)

- För att om lampan är så här så studsar ljuset ut och kommer inte längre än kanten



III LJUSKÄLLAN BEAKTAS, REFLEKTORN EJ

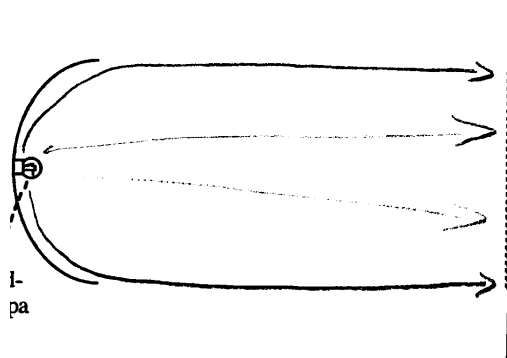
- Den lyser rakt fram ljuset sprider sig inte.



IV LJUSKÄLLA OCH REFLEKTOR BEAKTAS

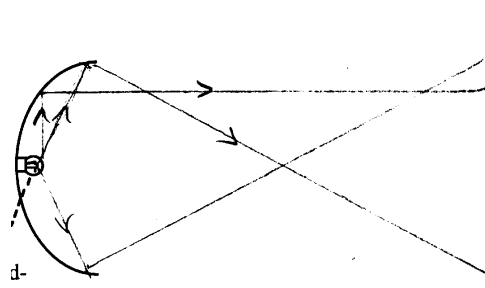
A Ljusstrålarna tvingas ihop av skärmen

–Ljuset följer kupan



B Koncentrerade, men ej parallella strålar

–Ljuset strålar överallt i strålkastaren och det reflekteras på väggen i samma vinkel som det kom. Därför blir resten av väggen skuggad eller mindre belyst

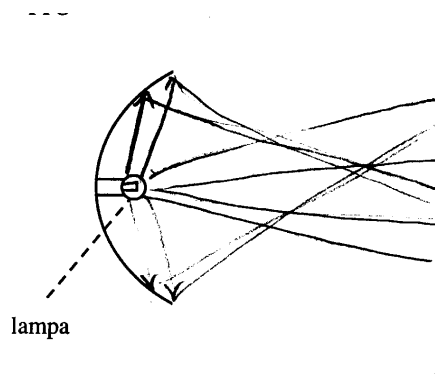


C Ljus reflekteras i reflektorns yta och bildar en fläck (ej figurer)

–Allt det ljus som går bakåt, åt sidorna reflekteras framåt till en bestämd punkt

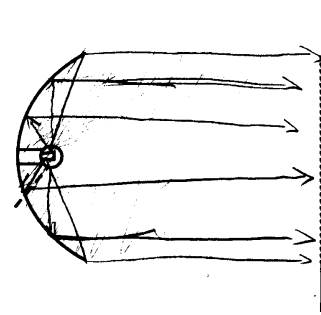
D Kombination av IV B och strålar direkt från lampan mot ljusfläck

–Strålkastarens väggar hindrar ljuset från att spridas. De strålar som stöter mot väggarna reflekteras till väggen.



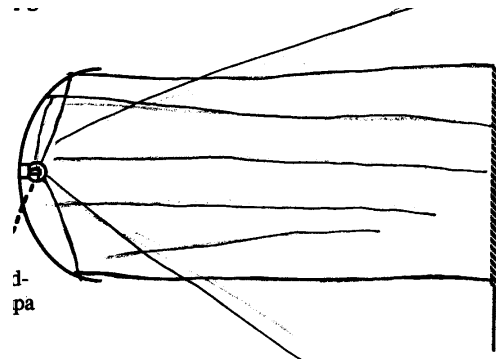
E Strålar reflekteras i reflektorn och går parallellt

- Ljuset reflekteras i strålkastaren och studsar mot väggen som att det reflekterade ljuset inte sprider sig bildas det en rund fläck på väggen



F Kombination av IV E och strålar direkt från lampan mot ljusfläck

- Det starkaste ljuset hamnar där eftersom att de strålar som går åt sidorna från glödlampan reflekteras mot skärmen och träffar den starkt belysta delen av väggen.



V ÖVRIGT

- Ljuset reflekteras med hjälp av speglar rakt upp
- Ljusfläcken uppstår genom att lampan tänds. Den blir så stor som den blir bara för att lampan står just där den står.

Tabell 11.34. Fördelning av alla elevers svar över kategorier före respektive efter undervisning och för UG-95

Svarskategori	Förtest	Eftertest	UG-95
	(N=241)	(N=228)	(N=699)
	%	%	%
I Ej besvarat	22	10	14
II Lampans form	14	9	21
III Ej reflektor	5	7	4
IVA Ljus tvingas ihop	23	12	8
IVB Ej parallella	4	11	9
IVC Ej figurer	3	2	5
IVD IVB + direkta strålar	2	4	2
IVE Parallella strålar	13	29	21
IVF IVE + direkta strålar	3	9	3
VÖvrigt	10	7	14
Totalt	100	100	100

KRITERIUM FÖR ATT SVAR SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT: Kategori IV B, C, D, E och F

Tabell 11.35. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar vid för- respektive eftertest samt UG-95 för uppgift 5

Bedömning	Förtest	Eftertest	UG-95
"Rätt"	62	124	283
"Fel"	179	104	416
Summa	241	228	699

Skillnaden mellan för- och eftertest är signifikant****

Skillnaden mellan förtest och UG-95 är signifikant****, där UG-95 är bättre

Skillnaden mellan eftertest och UG-95 är signifikant****, där testgruppen är bättre

I UG-95 var det ungefär 25 % av skolorna (23 st) där 55 % eller fler av eleverna bedömdes ha rätt svar.

Tabell 11.36. Fördelning över kategorierna för de elever om gjort både för- och eftertest

		Eftertest										
		I	V	II	III	IVA	IVB	IVC	IVD	IVE	IVF	Σ
Förtest	IV F						1			4	2	7
	IV E	1	1				5	1	2	19	1	30
	IV D					1	1			1	1	4
	IV C						1			5		6
	IV B						4		1	2	1	8
	IV A	2	3	2	3	9	3	1	3	16	6	48
	III			1	2	2			1	4		10
	II	2	4	3	3	6	3			5	3	29
	V	6	1	2	1	4	4			2		20
	I	10	5	9	3	3		2	1	7	3	43
	Σ	21	14	17	12	25	22	4	8	65	17	205

Tabell 11.37. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar för pojkar och flickor i för- respektive eftertest samt UG-95.

	Förtest			Eftertest			UG-95		
Kön	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt	Fel	rätt	Totalt
Pojkar	59	42	101	27	74	101	185	181	366
Flickor	91	13	104	63	41	104	231	102	333
Totalt	150	55	205	90	115	205	416	283	699

Skillnaderna mellan pojkar och flickor är signifikanta**** i alla tre fallen och skillnaden ökar något mellan för- och eftertest. Skillnaden mellan pojkar och flickor är som störst i UG-95

11.3.3.2 Kommentar

När det gäller denna uppgift är det signifikant skillnad mellan hur eleverna svarar på förtestet och i UG-95. Den "traditionella" undervisningen verkar leda till att eleverna lyckas svara på denna uppgift så att 40% i UG-95 bedömdes ha ett acceptabelt svar. Experimentgruppen nådde 25% vid förtestet och 55% vid eftertestet, vilket är signifikant bättre än UG-95. I UG-95 var det 24% som ritade parallella strålar (eventuellt med direkta strålar också), medan det vid eftertestet var 38%.

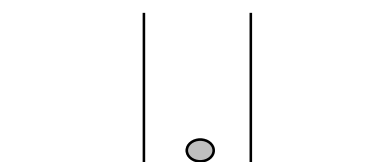
En faktor som komplicerar bedömningen av denna uppgift är att det ena testet, av misstag, var behäftat med samma felaktiga figur som i UG-95, medan det andra häftet hade en riktigt ritad parabel för att illustrera genomskärningen av reflektorn hos strålkastaren. Betydelsen av detta är svår att bedöma, men en del noggrant arbetande elever kan ha blivit förvirrade när vinklarna inte stämde för att få den utritade fläcken på väggen. Möjligen kan resultatet påverkas i negativ riktning. Trots detta har 55% vid eftertestet avgivit acceptabla svar och en övervägande majoritet (74%) försöker använda sig av strålar för att svara på uppgiften.

Det är ungefär 25 % av skolorna inom UG-95 där lika stor eller större andel av eleverna svarar rätt på denna uppgift jämfört med experimentgruppen. I de tre bästa av dessa har 88 % av eleverna rätt jämfört med 55 % för experimentgruppen. I den bästa klassen inom experimentgruppen har 88 % elever rätt.

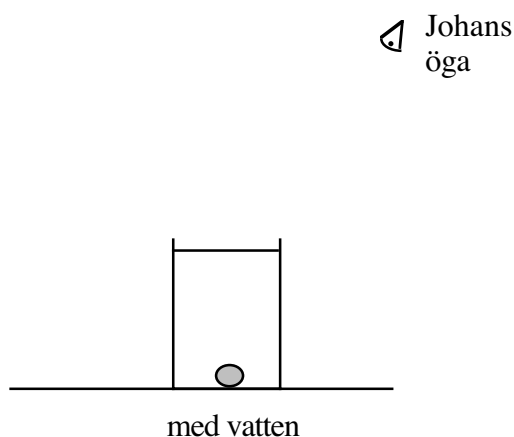
11.4 Ljusets brytning

11.4.1 Uppgift 8, Johan och burken

Johan tittar ner i en plåtburk. På botten sitter en klick modellera. Johan kan inte se leran. Förklara varför Johan inte kan se leran! Rita till Din förklaring.



Burken fylls nu med vatten. Då kan Johan se hela lerklicken, trots att han inte flyttat på sig. Burken står också kvar på samma plats. Förklara varför Johan kan se hela lerklicken när man har hållt vatten i burken. Rita till Din förklaring!



11.4.1.1 Kategorisystem

I EJ BESVARAT/EJ MOTIVERAT

II KONKRETA FÖRKLARINGAR

A Det blir ljusare, klarare, mer synligt (då vatten kommer i burken)

–Han kan inte se leran för att ingen ljus når ner i burken. När vatten finns i så tar vatten upp ljus och gör att leran syns

B Leran förstoras

–Väggen är i vägen. Men om kulan hade legat här så ser han den. Lerklumpen förstoras och då kan han se den

C Leran förflyttas skenbart

–För det är så höga väggar. För att vattnet gör så att det ser ut som om klicken flutit upp.

D Idéer om reflektion

–Leran reflekteras åt alla håll och kanter så hela skiten blir samma färg. Vatten spärrar av spegelbilden plus att spegelbilden kan man se på vattnets yta.

E Ljuset bryts

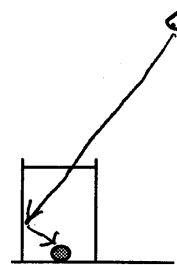
–För att han inte kan se genom burken han ser den för att vattnet bryter och man ser leran

III FÖRKLARINGAR MED NÅGON FORM AV STRÅLE/LINJE SOM FÖRBINDER OBJEKT OCH ÖGA

A REFLEKTION

A1 Stråle från öga mot föremål

–Johan står i en sådan vinkel så att han inte kan se bollen för att han inte kan se botten. Ljus sprids bättre i vatten och man kan se tydligare hur plåtburken blir som en spegelbild och kan därför se lerans spegelbild



A2 Stråle med oklar riktning

–Burken gör att man inte kan se på något annat sätt än så eftersom blicken inte är sned utan rak. Leran speglas i vattenytan så att spegelbilden ligger på ytan.

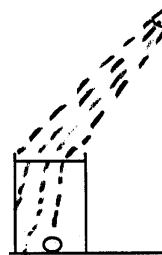
A3 Stråle från föremål mot öga

–Det reflekteras i burken med vattnet

B BRYTNING

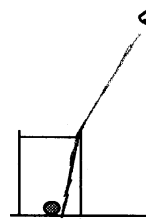
B1 Stråle från öga mot föremål

–Man kan inte se igenom plåt. Därför ser inte Johan leran. / För att när man ser igenom vatten speglar sig vattenytan och man kan se den. Ett till sådant exempel är när man rör en båt



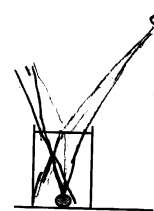
B2 Stråle med oklar riktning

–Johan kan inte se leran för burken skymmer. Eftersom ljusstrålen bryts i vatten kan han se leran



B3 Stråle från föremål till öga

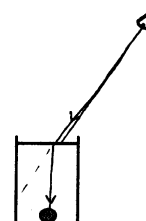
–Kanten av burken är i vägen vilket också innebär att de ljusstrålar som reflekteras inte når ögat. / I vattnet ändras ljusstrålarnas riktning vilket innebär att de reflekterade strålarne når Johan.



C BRYTNING OCH SKENBAR FÖRFLYTTNING

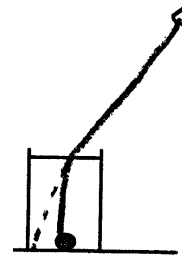
C1 Stråle från öga mot föremål

–Han tittar bredvid. / I vattnet bryts ljuset och han ser leran, fast leran är inte där han ser den.



C2 Stråle med oklar riktning

–Det finns inget ljus som kan reflekteras tillbaka till Johans öga. Det bryts i vattnet Johan kommer att se leran.



C3 Stråle från föremål till öga

–Inga exempel

IV ÖVRIGT

– Plåten är inte genomskinlig. Lerklicken flyter upp.

Tabell 11.38. Fördelning av alla elevers svar över kategorier före respektive efter undervisning och för UG-95

Svarskategori	Förtest	Eftertest	UG-95
	(N=241)	(N=228)	(N=699)
	%	%	%
I Ej besvarat	16	2	7
IIA Det blir ljusare, klarare ...	7	1	3
IIB Leran förstoras	10	2	7
IIC Leran förflyttas skenbart	2	0	2
IID Idéer om reflektion	21	11	25
IIE Ljuset bryts	2	2	4
IIIA1 Refl., stråle öga – föremål	3	4	2
IIIA2 Refl., stråle oklar riktning	11	12	5
IIIA3 Refl., stråle föremål – öga	2	2	0
IIIB1 Brytning, stråle öga – föremål	4	9	11
IIIB2 Brytning, stråle oklar riktning	12	35	21
IIIB3 Brytning, stråle föremål – öga	1	10	4
IIIC1 Skenförfl, stråle öga – föremål	Ett svar	Ett svar	0
IIIC2 Skenförfl, stråle oklar riktning	1	Ett svar	1
IIIC3 Skenförfl, stråle föremål – öga	0	0	Ett svar
IV Övrigt	8	7	8
Totalt	100	100	100

KRITERIUM FÖR ATT SVAR SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT: Kategori III B3 och III C3

Tabell 11.39. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar vid för- respektive eftertest samt UG-95 för uppgift 8

Bedömning	Förtest	Eftertest	UG-95
Rätt	3	23	28
Fel	238	205	671
Summa	241	228	699

Skillnaden mellan för- och eftertest är signifikant****

Skillnaden mellan förtest och UG-95 är signifikant* där UG-95 är bättre.

Skillnaden mellan eftertest och UG-95 är signifikant****

I UG-95 var det mindre än 25 procent av skolorna (22 st.) där 10 % eller mer av eleverna bedömdes ha rätt svar.

Tabell 11.40. Fördelning av de elevers svar som gjort både för- och eftertest

		Eftertest																
		I	IV	IIA	IIB	IIC	IID	IIE	IIIA0	IIIA1	IIIA2	IIIA3	IIIB1	IIIB2	IIIB3	IIIC1	IIIC2	Σ
Förtest	IIIC2																2	2
	IIIC1																1	1
	IIIB3																1 2	3
	IIIB2																1 4 13 5	23
	IIIB1																1 1 6	8
	IIIA3																1 1 1	4
	IIIA2																1 4 6 2 7 1 1	23
	IIIA1																1 1 2	6
	IIIA0																1	1
	IIE																1 1	4
	IID																1 2 1 1 4 1 6 5 18 2	41
	IIC																1 1 2 1	6
	IIB																1 2 6 1 2 1 6 2	21
	IIA																2 2 4 2 1 1 2 1	15
	IV																2 1 2 5 2	14
	I																1 2 4 2 3 4 3 9 4 1	33
Σ																2 13 2 3 1 21 5 0 10 26 4 20 74 22 1 1	205	

Tabell 11.41. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar för pojkar och flickor i för- respektive eftertest samt UG-95.

Kön	Förtest			Eftertest			UG-95		
	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt	Fel	rätt	Totalt
Pojkar	98	3	101	90	11	101	344	22	366
Flickor	104	0	104	93	11	104	327	6	333
Totalt	202	3	205	183	22	205	671	28	699

Skillnaderna mellan pojkar och flickor är signifikanta i UG-95*** men inte i för- och eftertest.

11.4.1.2 Kommentar

Detta är en av de mer krävande uppgifterna i testen. För att ge ett uttömmande svar måste man använda sig av ett konformat knippe ljusstrålar från en punkt och att dessa strålar bryts i vattenytan. Genom detta ser de ut att komma från en annan punkt och ger skenbart en upplevelse av att lerklumpen ligger på ett annat ställe.

Eleverna ritar undantagslöst en stråle mellan lerklumpen och ögat. Det gör att de får fram att det sker en skenbar förskjutning av läget hos lerklumpen, men inte var bilden hamnar. Vid en jämförelse mellan förtest, UG-95 och eftertest får man fram att det är 18%, 37% och 54% respektive som ritar ut någon typ av stråle som bryts i vattenytan mellan öga och lerklump, men det är bara 1%, 4% och 10% i vardera fallet som anger att riktningen är från lerklump till öga. När det gäller den motsatta riktningen är det 4%, 11% och 9%. Den stora gruppen är emellertid de som inte anger någon riktning alls: 12%, 21% och 35%. Man får inte reda på vilken riktning eleverna i denna grupp tänker sig att strålen har. Anledningen till detta kan vara att de inte uttryckligen uppmanas att rita ut det i uppgiften.

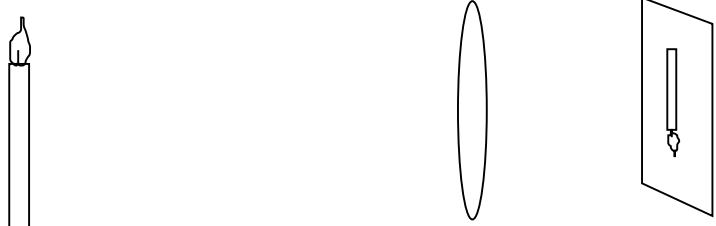
Med tanke på att det är så många som 74% på eftertestet som ritar någon form av stråle mellan öga och lerklump, kan man kanske förändra uppgiften till att även uppmana eleverna att rita ut riktningen mellan öga och lerklump, om uppgiften skall användas i andra sammanhang. Trots den signifikanta förbättringen mellan för- och eftertest är det inte tillfredställande att 10% av eleverna avger acceptabla svar på denna uppgift. Delvis kan detta i och för sig förklaras med uppgiftens formulering, men det är en empirisk fråga om en annan formulering skulle leda till att uppemot hälften skulle avge acceptabla svar.

Inom UG-95 är det drygt 76 % av skolorna där samtliga elever bedömts ha fel på denna uppgift. I resten av skolorna är det mer än 10 % av eleverna som har rätt. I den bästa skolan inom UG-95 är det 33 % av

eleverna som har rätt. I den bästa klassen inom experimentgruppen har 27 % av eleverna rätt. Å andra sidan är det en klass (8 %) i experimentgruppen där ingen har rätt medan det är drygt 76 % inom UG-95.

11.5 Avbildning

11.5.1 Uppgift 9 Avbildning med hjälp av positiv lins



Åke har med ordnat ett levande ljus, ett förstoringsglas och ett vitt papper så att det har uppstått en bild på det vita pappret. Vad kommer att hända med bilden om man tar bort förstoringsglasen?

- Bilden vänds rätt på pappret.
- Bilden blir suddig, men är fortfarande uppochned.
- Bilden vänds rätt och blir suddig.
- Bilden försvinner.

Tabell 11.42. Fördelning av alla elevers svar före respektive efter undervisning

Svarskategori	Förtest (N=241)	Eftertest (N=228)
	%	%
Ej besvarat	9	2
a	10	17
b	4	5
c	17	29
d	61	47
Totalt	100	100

KRITERIUM FÖR ATT SVAR SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT:
Kryssvar d

Tabell 11.43. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar vid för- respektive eftertest för uppgift 9

Bedömning	Förtest	Eftertest
"Rätt"	147	107
"Fel"	94	121
Summa	241	228

Skillnaden mellan för- och eftertest är signifikant^{***}. Dock är eftertest-resultaten sämre än förtestet.

Tabell 11.44. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar för pojkar och flickor för dem som gjort både för- och eftertest.

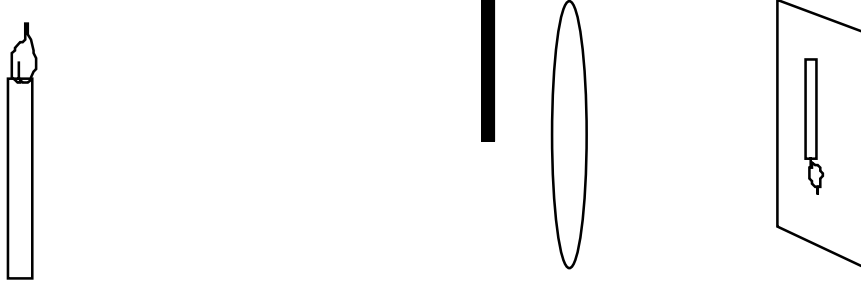
Kön	Förtest			Eftertest		
	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt
Pojkar	37	64	101	53	48	101
Flickor	43	61	104	57	47	104
Totalt	80	125	205	110	95	205

Det är inga signifikanta skillnader mellan pojkar och flickor.

11.5.1.1 Kommentar

För att börja med det positiva för denna uppgift, så är det färre som inte svarar på eftertestet. Det kan, som tidigare nämnts, ha flera orsaker, men en kan vara att de har en känsla av att de kan lösa den. Nu visar det sig att det snarare är tvärtom, men kanske kan man ta deras villighet att svara och det försämrade resultatet som ett tecken på att de nu försöker använda sina nya kunskaper, men att uppgiften är för svår och istället för att leda till bättre svar, leder de nya kunskaperna inte ända fram och förvirringen snarare ökar än minskar.

11.5.2 Uppgift 10. Avbildning med hinder



Vad händer med bilden om man sätter in en skärm som bilden visar?

- Den halva av bilden som innehåller lågan försvinner.
- Den halva av bilden som innehåller lågan blir kvar, resten försvinner.
- Hela bilden försvinner.
- Hela bilden finns kvar.

Tabell 11.45. Fördelning av alla elevers svar före respektive efter undervisning

Svarskategori	Förtest (N=241)	Eftertest (N=228)
	%	%
Ej besvarat	12	4
a	26	30
b	31	34
c	19	14
d	12	18
Totalt	100	100

KRITERIUM FÖR ATT SVAR SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT:
Kryssvar d

Tabell 11.46. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar vid för- respektive eftertest för uppgift 10

Bedömning	Förtest	Eftertest
Rätt	29	42
Fel	212	186
Summa	241	228

Skillnaden mellan för- och eftertest är inte signifikant.

Tabell 11.47. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar för pojkar och flickor för dem som deltog vid både för- och eftertest.

Kön	Förtest			Eftertest		
	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt
Pojkar	91	10	101	84	17	101
Flickor	93	11	104	83	21	104
Totalt	184	21	205	167	38	205

Det är inga signifikanta skillnader mellan pojkar och flickor.

11.5.2.1 Kommentar

Även för denna uppgift är det betydligt färre som avstår från att svara efter undervisning än före. Eleverna löser inte denna uppgift sämre än före, men inte heller signifikant bättre. Det är nog bara att konstatera att undervisningen inte hjälpt eleverna att svara bättre på denna uppgift.

11.6 Färger

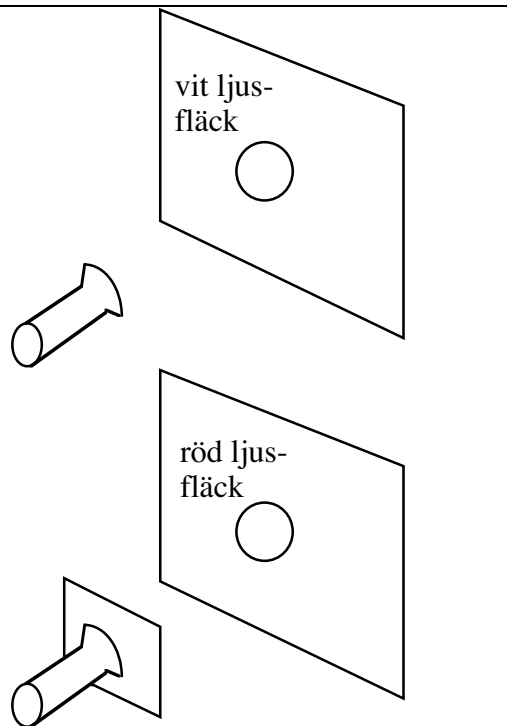
Målområdet omfattar färger, men i testen har endast aspekten filtrering av vitt ljus tagits med. Principen för hur vi upplever färger av andra föremål än filter är dock likartad. Det handlar i båda fallen om att de "färger" (våglängdsområden) som inte upplevs har absorberats. I fallet med filter sker en transmission av resten av ljuset och i fallet med andra föremål sker reflektion.

11.6.1 Uppgift 11. Ficklampa och glasskivan

En ficklampa riktas mot en pappskiva. På pappskivan syns då en vit ljusfläck.

Framför lampan sätts en röd glasskiva. På pappskivan syns då en röd ljusfläck.

Förklara hur glasskivan förändrar ljusfläckens färg från vit till röd!



11.6.1.1 Kategorisystem

I EJ BESVARAT

II RÖD GLASSKIVA GÖR ATT FÄRGEN ÄNDRAS

- Eftersom att skivan är röd och det kommer ett vitt ljus på skivan då blir ju pappret rött eftersom skivan är röd.

III LJUSET FÄRGAS RÖTT I SKIVAN

- Därför att om sätter för något som är färgas så att det ju klart att det blir samma färgade fläck på pappret. Det lyser igenom det röda pappret & tar med sig färgen

IV REFLEKTION

- Det reflekteras mot glasskivan och därför blir det ett rött ljus.

V BRYTNING

- Ficklampans ljus bryts i ett rött spektrum i den röda glasskivan och fläcken blir röd

VI SKIVAN (TAR EMOT VITT LJUS OCH) SKICKAR UT RÖTT LJUS

- När man sätter den röda pappskivan framför ficklampan så blir det en röd fläck på pappret bara för att den är röd. Och lampan lyser på den och så sänds det röda ljusstrålar istället för vita.

VII SELEKTIV TRANSMISSION

- Eftersom glasskivan är röd absorberas alla andra färger av den utan röd färg som går igenom skivan och syns sedan på pappret.

VIII ÖVRIGT

- Röda ljusfläcken skär sönder den vita ljusfläcken.

Tabell 11.48. Fördelning av svar från de elever som har gjort för- respektive eftertest

Svarskategori	Förtest	Eftertest	UG-95
	(N=241)	(N=228)	(N=699)
	%	%	%
I Ej besvarat	29	17	20
II Röd glasskiva ger rött	19	18	24
III Ljuset färgas rött	21	15	17
IV Reflektion	7	7	9
V Brytning	2	4	9
VI Skickar ut rött	5	1	2
VII Selektiv transmission	6	29	10
VIII Övrigt	10	9	9
Totalt	100	100	100

KRITERIUM FÖR ATT SVAR SKALL BETRAKTAS SOM RÄTT:
Kategori VII

Tabell 11.49. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar vid för- respektive eftertest samt UG-95 för uppgift 8

Bedömning	Förtest	Eftertest	UG-95
Rätt	14	65	69
Fel	227	163	630
Summa	241	228	699

Skillnaden mellan för- och eftertest är signifikant****.
 Skillnaden mellan förtest och UG-95 är inte signifikant.
 Skillnaden mellan eftertest och UG-95 är signifikant****.
 I UG-95 var det mindre än 8 % av skolorna (7 st.) där 29 % (65/228) eller mer av eleverna bedömdes ha rätt svar.

Tabell 11.50. Kategorisering av elevsvar från elever som har deltagit både på för- och eftertest

		Eftertest								S	
		I	VIII	II	III	IV	V	VI	VII		
Förtest	VII	1		1	1					11	14
	VI		3		1					7	11
	V	1	3								4
	IV	2		1		2	2	1	7		15
	III	5	2	5	13	1	3	1	10		40
	II	5	7	13	5	4	1	1	8		44
	VIII	4	2	4	1	1			7		19
	I	18	4	10	6	5	3		12		58
S	36	21	34	27	13	9	3	62		205	

Tabell 11.51. Fördelning mellan riktiga och felaktiga svar för pojkar och flickor för dem som deltog vid både för- och eftertest.

Kön	Förtest			Eftertest		
	Fel	Rätt	Totalt	Fel	Rätt	Totalt
Pojkar	92	9	101	66	35	101
Flickor	99	5	104	77	27	104
Totalt	191	14	205	143	62	205

Det är inga signifikanta skillnader mellan pojkar och flickor.

11.6.1.2 Kommentar

För att lösa denna uppgift behöver man utvidga sin teori om ljusets linjära utbredning med att vitt ljus kan delas upp i flera olika "färger" och att dessa absorberas selektivt då de passerar genom ett "färgat" föremål⁷. Idén om att färg är en egenskap hos föremål verkar ha stort

⁷ Formuleringen omfattar en del problem. Det är inte så lätt att säga att färg är en objektiv egenskap hos ljus eller objekt. Färg bör kanske snarare beskrivas som en relation mellan fysikaliska egenskaper hos ljus, objekt, synsystemet och männi-

inflytande på eleverna när de svarar på frågan både vid för- och eftertest liksom i UG-95. Denna egenskap kan "smitta" av sig på ljuset på något sätt och ljuset blir färgat i sig. Både i förtestet och i UG-95 är det ungefär 40 % av elevernas som avger svar som antyder ett sådant sätt att resonera (kategorierna II och III). Vid eftertestet i experimentgruppen är det något färre, men så pass många att man kan misstänka att relationen mellan ljusets egenskaper, objektens egenskaper och människans egenskaper när det gäller att förstå färger är komplext och behöver bearbetas från flera olika utgångspunkter. En annan förklaring är att ljusets färger behandlades i slutet av sekvensen och lärarna rapporterade svårigheter att hinna med allt inom den tid de avsatt för undervisningen.

Förändringen från 6% som avger ett acceptabelt svar på förtestet till 29% på eftertestet är visserligen inte liten, men det är fortfarande en bit kvar till att minst hälften av eleverna svarar bra på denna uppgift.

För flera av de andra uppgifterna har man kunnat identifiera någon eller några, bland ett flertal, kategorier från vilka eleverna har ändrat sina svar till den eller de kategorier som betraktas som acceptabla. Det kan man inte göra med denna uppgift. Kategorierna I, II och III är de som flest elever lämnar till förmån för kategori VII, men samtidigt är det också de kategorier som många elevers svar hamnade i även vid eftertestet.

Det är sista uppgiften på testet och det kanske kan avspegla sig i ett något sämre resultat.

Inom UG-95 är det 7 skolor där andelen elever med rätt är lika med 29% eller större. I de tre bästa av dessa klasser är det 38 % av eleverna som svarat rätt. I den bästa klassen inom experimentgruppen är det 64 % av eleverna som svarat rätt. Ett resultat som alltså ingen skola i UG-95 nådde.

skors föreställningsvärld. Å andra sidan gäller liknade resonemang för alla andra fenomen också, men i fallet med färger blev det så tydligt.

Del 4: Lärarintervjuer

12 Frågor

Den övergripande frågan när det gäller lärare var att försöka förstå hur de reagerar på att arbeta med undervisningsförslaget. Avsikten är att bättre förstå möjligheterna för lärare att utveckla sin naturvetenskapliga undervisning genom att få tillgång till en lärarhandledning med tillhörande elevmaterial av olika slag. Utgångspunkten är att lärarnas olika syn på kunskap, naturvetenskap och lärande är de viktigaste komponenterna som påverkar möjligheterna till förändring och utveckling i föreslagen riktning. När det gäller dessa komponenter är jag särskilt intresserad av lärarnas förhållande till elevernas innehållsliga föreställningar i optik. Målsättningen är att finna några tänkbara samband mellan komponenterna ovan och lärarens sätt att ta sig an förslaget till förändrad undervisning i optik. De frågor jag söker svar på är:

Hur beskriver lärare sin vanliga undervisning i optik?

Hur beskriver lärarna att de förändrat sin undervisning i förhållande till förslaget (till förändrad undervisning) och sin vanliga undervisning i optik?

Hur påverkar lärarnas syn på kunskap, naturvetenskap och lärande deras möjligheter till förändring och utveckling i föreslagen riktning?

Påverkas lärarnas sätt att prata om elevernas föreställningar i optik från förintervjun till efterintervjun? På vilka sätt i så fall?

Har lärarna använt förslaget, och hur i så fall, att införa en grundskoleanpassad naturvetenskaplig teori för ljusets egenskaper och utbredning?

13 Metod

Vid planeringen av studierna av lärarnas arbete med förslaget till förändrad undervisning fanns några ramfaktorer som kraftigt begränsade vad som kunde göras. Själv undervisade jag i grundskolan på halvtid samtidigt som lärarna skulle genomföra undervisningen i optik. Detta gjorde det helt eller delvis omöjligt att följa undervisningen på plats. Då fokus var inriktat på att studera förändring var det intressant att försöka fastlägga ett "utgångsläge" även när det gäller lärarnas undervisning i optik. Som tidigare nämnts sökte jag också efter intresserade kandidater för att prova förslaget till förändrad

undervisning. Dessa två syften, tillsammans med bristen på möjlighet att följa undervisningen, ledde till beslutet att använda intervjuer före och efter genomförd undervisning.

13.1 Intervju om lärarnas vanliga undervisning om optik

I första intervjun (för 6 av lärarna enda intervjun) var intresset inriktat mot hur lärarna brukar undervisa optik, men även hur de ser på undervisning, lärande och elevers föreställningar inom området optik. Faktorer som dessa är viktiga att veta något om när man försöker förstå hur lärarna säger sig agera i förhållande till den föreslagna förändrade undervisningen och den bakgrund som ges i den. Samtidigt är det svårt att ställa direkta frågor om kunskapssyn, syn på lärande och naturvetenskap. Därför fick de konkreta frågorna behandla ramfaktorer och lärarens val av metoder i undervisningen och via dem komma in på de områden jag ville veta mer om.

Före intervjuerna informerades lärarna om syftet med intervjuerna. De tillfrågades också om de accepterade att intervjuerna spelades in på band. Därefter genomfördes intervjuerna med målsättningen att lärarna själva skulle berätta så mycket som möjligt om sin undervisning. Samtidigt fanns ett antal, på förhand nedtecknade frågor, som skulle besvaras under intervjun:

- Använder läraren någon lärobok eller andra läromedel, vilka i så fall? Hur är lärarens förhållande till läroboken?
- Hur är undervisningen organiserad?
- Vilket innehåll förekommer i undervisningen?
- Vilka metoder använder läraren när han/hon undervisar?
- Hur ser läraren på lärande?
- Hur förhåller sig läraren till elevernas förföreställningar om optiska fenomen?
- Vill läraren förändra sin undervisning? I så fall på vilket sätt?

Intervjuerna inleddes alltid med en fråga om läraren använde sig av läroböcker i undervisningen och i så fall vilka. Närmare mitten av samtalet styrdes innehållet mot undervisningsformer och lärarens ställningstaganden samt åsikter när det gäller undervisning och lärande. Mot slutet ombads läraren att berätta om han eller hon ville genomföra några förändringar av sin undervisning i optik och i så fall på vilket sätt? Tanken med detta förfaringssätt var att inleda intervjun med sådant lärarna skulle ha lätt att prata om. Från mitten av samtalet behandla sådant som kanske skulle kräva mer eftertanke och möjligen också vara mer känsligt när det gäller personliga ställningstaganden. I slutet skulle samtalet lämna eventuella besvärligheter och blicka framåt mot förändringar som läraren eventuellt ville genomföra. Detta för

att avsluta intervjun på ett trevligt sätt och samtidigt få reda på vilka sätt läraren ville utvecklas.

Med hjälp av "förintervjuerna" ville jag skapa mig en uppfattning om det "utgångsläge" och den tolkningsram läraren hade när han eller hon tog sig an förslaget till förändrad undervisning (jämför med undervisningsfilosofin sidan 65).

Utgångsläget är emellertid inte statistiskt och oberoende av kontexten. Istället kan samma person variera sitt sätt att se på en viss aspekt i världen beroende av under vilka omständigheter tänkandet runt detta sker.

13.2 Intervju efter att lärarna provat undervisningssekvensen

Med de fem lärare som intervjuades efter att de provat undervisningssekvensen ville jag diskutera följande frågeställningar:

- Hur upplever lärarna den föreslagna undervisningen?
- Vad anser de fungerar bra och dåligt?
- Hur uppfattar de lärarhandledningen?
- Vad anser de att de lär sig genom att studera handledningen och undervisa med hjälp av den?
- Hur har lärarna använt sig av lärarhandledningen?
- Kommer läraren att använda lärarhandledningen igen?

Intervjun skulle alltså ha karaktären av en utvärdering där lärarna ombads värdera undervisningssekvensen på olika sätt. Detta var naturligt då en väsentlig del i arbetet med att utveckla en undervisningssekvens handlar om hur lärarna upplever att arbeta med den. Lika viktigt var hur de uppfattar de intentioner som förslaget till förändrad undervisning försöker förmedla.

13.3 Metod för analys av intervjuerna

En av de viktigare utgångspunkterna för mitt avhandlingsarbete är att människans observationer, erfarande och lärande är sammanvävt med hennes tidigare erfarenheter och föreställningar om det hon skall lära. När det gäller lärares sätt att reagera på en föreslagen undervisningssekvens kan man således förvänta sig en variation i hur de tar emot förslagen och hur de använder sig av materialet. Min utgångspunkt är att lärarnas syn på kunskap, naturvetenskap och lärande kommer att påverka på vilket sätt de kommer att ta sig förstå och ta sig an undervisningsförslaget. Samma sak gäller för mig som mätinstrument också. Min syn på kunskap, naturvetenskap och lärande inom optik påverkar de frågor jag kan ställa och hur jag förstår vad lärarna svarar på frågorna.

Alla intervjuer bandades och skrevs av ordagrant i ett ordbehandlingsprogram. Intervjuerna skrevs därefter ut och lästes igenom några gånger i avsikt att skapa ett slags helhetsintryck. Därefter skapades ett FileMaker-register dit olika delar av intervjun kopierades och ett försök till kategorisystem gjordes. Ganska snart övergavs denna metod och anteckningarna fördes direkt i de utskrivna intervjuerna istället. Arbetet med att kategorisera innehållet i intervjuerna var inspirerat av Hewson, Kerby, & Cook (1995) och går ut på att i flera steg med omskrivningar och reduceringar av lärarnas egna sätt att uttrycka sig få fram kondenserade uttryck om lärarnas syn på kunskap, lärande och undervisning. Min metod blev en kombination av en förenklad version av detta och att jag själv försökte förstå och sätta mig in i hur respektive lärare resonerade utifrån min erfarenhet som lärare i MaNO, de kunskaper jag skapat genom forskarutbildningen, litteraturstudier som presenterats i del 1 och vara människa i största allmänhet.

Genom intervjuer med elva lärare om deras optikundervisning har jag försökt skapa mig en uppfattning om den variation och de likheter som förekommer när det gäller:

- hur mycket tid som ägnas åt området
- om lärarna anser att området är viktigt eller inte
- om och hur de använder läroböcker
- hur undervisningen är organiserad
- innehållet i undervisningen
- arbetssätt
- hur läraren uppfattar elevernas förföreställningar inom optik
- vilka förändringar lärarna vill genomföra för att förbättra undervisningen.
- Lärarens syn på naturvetenskap, kunskap och lärande

För att kunna jämföra de olika intervjuerna med varandra har ett kategorisystem för olika delar av intervjuerna skapats. Några av dessa är mycket enkla medan andra är mer komplicerade. Kategorisystemet är utvecklat utifrån intervjuerna och kan ses som ett delresultat.

13.4 Beskrivning av kategorisystem

Lärare:

Läraren identifieras med nummer mellan 1 och 18. Numreringen är densamma som för elevgrupperna för alla lärare utom 14-18. De har endast deltagit i en intervju.

Omfattning:

Anges i antal 60-minuters lektioner.

Viktighetsgrad:

A. Viktigt B. Medelviktigt. C. Mindre viktigt

Läroböcker:

A. Använder en och samma lärobok hela tiden och har gjort det i flera år. Följer i stora drag bokens uppläggning.

B. Har bytt lärobok många gånger och testat gärna de nya böckerna som kommit.

C. Eleverna har tillgång till flera olika läroböcker för att kunna använda som uppslagsverk.

Organisation:

A. Hel- och halvklass med 40-minuterslektioner

B. 20-grupper och då är arbetspassen längre, mellan 50 och 80 minuter. Systemet med 20-grupper har också varit kopplat till periodläsning, någon lärare påpekade dock att denna koppling inte var nödvändig, utan man kunde göra som man fann bäst.

Ämnesinnehåll och sammanhang för detta innehåll

För denna del av intervjuerna har jag haft stora svårigheter att skapa något kategorisystem. Ett skäl är att när det gäller de ämnesbegrepp som lärarna tar upp finner jag nästan ingen variation alls. Man skall hålla på med ljusets utbredning, reflektion, absorption och brytning, det är alla överens om. Det är dock två lärare som mer utförligt än de andra redovisar att de inleder undervisningen med en relativt utförlig behandling av ljusets linjära utbredning. Det leder till kategorierna:

A. Undervisningen innehåller ljusets utbredning, reflektion, absorption och brytning.

Frank Bach

B. Som A, men med utförlig introduktion om ljusets linjära utbredning.

Däremot varierar det sammanhang som lärarna väljer att låta eleverna studera begreppen i. Någon använder sig av den optiska bänken medan andra behandlar exempelvis brytning med hjälp av plastmuggar och mynt eller ytterligare någon annan hur fiskar kan fånga insekter trots att fiskarna är under vattnet och insekterna ovan. Man skulle kunna tänka sig att benämna dessa olika sätt som fysikaliskt, vardagligt och integrerande (mellan skolämnen), men det är för starkt att påstå att lärarna enbart håller sig inom en sådan kategori när de undervisar. Om man nöjer sig med att uttala sig om huvudinriktning eller fokus för de sammanhang läraren väljer kan man använda kategorierna:

A. Fysikaliskt

B. Vardagligt

C. Integrerande

Arbetsätt

A. Lärarna beskriver sig själva som ganska traditionella med diskuterande "föreläsningar" och ganska styrda laborationer. Lärarna menar att det är viktigt att utgå från elevernas erfarenheter när man introducerar nya saker och detta sker ofta i diskussionsliknande "föreläsningar". När lärarna talar om elevernas erfarenheter förefaller det vara så att de föreställer sig att antingen har man upplevt ett speciellt fenomen eller så har man det inte och för dem som haft upplevelsen är den likadan. Lärarna i den här gruppen resonerar på empiristiskt sätt när de talar om observationer och också när de talar om hur man lär sig.

B. Fokus på elevaktivitet. Eleverna skall ofta upptäcka och/eller söka efter fakta på olika sätt. Allra bäst är det när eleverna förutom att finna svar på lärarens (eller lärarens och elevernas gemensamma formulering av frågor) börjar ställa egna frågor som de letar efter svar på. Denna kategori kan delas upp i två underkategorier:

B1; I denna underkategori finns drag av empiristiskt sätt att se på vetenskap och lärande. Har man gjort en sak och upplevt ett fenomen på det sättet har man också lärt sig en del om det.
B2; I flera av intervjuerna finns det inslag av mer konstruktivistiska idéer, där ett uttalande om att läraren, när hon upptäcker att någon eller några av eleverna resonerar på ett mindre fruktbart sätt, försö-

ker formulera situationer där eleverna skall tvingas att ifrågasätta sitt eget tänkande, är det tydligaste.

- C. Fokus på diskussion. Exempel kan vara att läraren samlar eleverna runt sig och för gemensamma resonemang där de försöker samverka med elevernas föreställningar genom att exempelvis använda sig av historiska exempel. Det tydliga kännetecknet här är att de leder diskussionerna mot ett mål som läraren ganska tydligt har formulerat för sig. Elevernas eget sökande efter fakta i böcker, på biblioteket eller Internet ingår inte i dessa lärares arbetssätt, åtminstone inte för "grundkursen". När det gäller fördjupningsarbeten förekommer det.
- D. Fokus på en naturvetenskaplig teori. Den håller samman både det man skall lära och själva undervisningen.

Elevernas föreställningar inom området optik

- A. Läraren menar att optiken är ett område där eleverna har relativt god förståelse. Det förekommer inte särskilt många uppfattningar som avviker från vedertagna skolkunskaper.
- B. Läraren menar att eleverna har svårigheter med olika delar av optiken, men uttrycker sig på ett allmänt plan. Han/hon ger inga konkreta exempel på hur elevernas uppfattning om något fenomen inom optiken skulle skilja sig från de vedertagna skolkunskaperna.
- C. Läraren nämner inga konkreta exempel på uppfattningar som skiljer sig från de vedertagna skolkunskaperna men ger exempel på hur han/hon försöker möta eleverna när han/hon upptäcker någon alternativ uppfattning.
- D. Läraren nämner konkreta exempel på uppfattningar som skiljer sig från de vedertagna skolkunskaperna.
- E. Läraren nämner konkreta exempel på uppfattningar som skiljer sig från de vedertagna skolkunskaperna och ger också exempel på hur han/hon försöker möta eleverna när han/hon upptäcker någon alternativ uppfattning.

Önskad förändring (komponentanalys istället för kategorier)

- A. Ingen uttalad
- B. Nöjd som det är, vill inte ändra i någon nämnvärd omfattning
- C. Sträva mot ett undersökande arbetssätt och med detta menas att eleverna ges utrymme att mer självständigt laborera och söka efter

Frank Bach

svar i böcker, bibliotek och på Internet. Läraren intar en roll som handledare.

D. Vill förlänga arbetspassen

E. Vill övergå till 20-grupp

F. Vill få eleverna att ta större ansvar

G. Utgå från elevernas förkunskaper, eventuellt gruppera efter vad man vet om elevernas förkunskaper.

H. Genomgripande integration med andra NO-ämnen

I. Tona ner faktaupplugg till förmån för förståelse

13.5 Problem med metoden

Ett av de problem som varit störst för mig själv att hantera är detta med att det är ett tolkande subjekt som både genomför och analyserar intervjuerna. I vilken utsträckning skulle andra personer som genomfört motsvarande intervjuer komma fram till liknande resultat? Detta problem hanterades med att två av handledarna fick läsa intervjuerna utan min inblandning och använda sig av mitt kategorisystem. Därefter kunde vi jämföra varandras kategoriseringar och de överensstämde i mer än 80 % av fallen. När det gäller tolkningarna bedömdes relevansen och rimligheten av samma personer. Dock är det ju fullt möjligt att intervjuutskriften hade sett helt annorlunda ut om någon annan intervjuat de inblandade.

Ett annat problem rör själva intervjuprocessen. Det är möjligt att de som intervjuas påverkas av den som intervjuar kommer från lärarutbildningen och att de därför lämnar svar som de (medvetet eller omedvetet) anser vara sådana som har högt anseende. Tvärtom är också möjligt. Det kan finnas många problem liknande dessa som det skulle vara svårt att få kontroll över. Ett sätt att hantera problem som dessa kan vara att relativt utförligt redovisa innehållet i intervjuerna och de tolkningar som gjorts i förhållande till detta. Då kan andra göra egna bedömningar och tolkningar samt avgöra rimligheten själva.

14 Resultat

Resultaten redovisas i två delar. I den första görs en sammanfattning av de 11 intervjuerna om lärarnas vanliga optikundervisning och i den andra delen följer fem fallstudier av de lärare som valde att prova förslaget till förändrad undervisning.

Tabell 14.1. Sammanställning av intervjuer i kategorier med 11 lärare om deras vanliga undervisning i optik

Komp / Lärare	1	2	4	6	8-10	11-13	14	15	16	17	18
Omfattning (ca)	10	9	11	11	10	10-12	12	9	12	10-13	15
Viktighetsgrad	B	A	A	A	A	A	-	C	A	B	?
Lärobok	C	C	B	A	C	C	A	B	A	A	B
Organisation	B	B	A	A	B	B	B	B	B	A	A
Innehåll	A	A	A	A	A	A	B	A	B	A	A
Kontext	B	B	B	A	B	B	B	B	C	B	B
Arbetsätt	B1	B1	A,B1	A	A	B1	C	B2	C	B2	B1,B2
Föreställningar	B	B	D	B	B	B	E	E	E	C	A
Önskad förändr	A	H	D,E,G	C,D	C,G	(C)	B	A	B	D,H,I	F

Lärare för grupperna 3 och 5 hann jag inte intervjua före undervisningen och intervjuades därför inte heller efter undervisningen. Lärare för grupp 7, jag själv, har inte heller intervjuats. Lärare 1 tjänstgjorde inte i slutet av projektet och har inte intervjuats efter prövning av undervisningsförslaget. Grupperna 8, 9 och 10 undervisades av samma lärare. Denna lärare har fått beteckningen 8-10. Grupperna 11, 12 och 13 undervisades också av en lärare, dock en annan än grupperna 8-10. Denna lärare har följaktligen fått beteckningen 11-13. De lärare som endast intervjuades en gång och som inte provat experimentundervisningen har fått nummer 14-18. Genom att studera tabellen kan man se några gemensamma drag i lärarnas undervisning om optik. De ägnar ungefär lika mycket tid åt området, innehållet är likartat för alla med tillägget för två av lärarna som betonar ljusets rätlinjiga utbredning (strålbegreppet) mer än de andra. Med ett undantag anser de 11 lärarna att optiken är ett ganska viktigt eller viktigt område att undervisa i skolan. Några påpekar att traditionell optik tycker de inte är viktigt, men om man istället betonar ljus, dess egenskaper och anknytningen till elevernas vardag är det ett viktigt område.

Den dominerande kontexten för undervisningen är vardagen. Just när det gäller detta framkommer det inte i tabellen att flera av lärarna menar att eleverna har svårt att lära sig teorin inom optik. Några olika

skäl anges för detta. Ett är att det är teorin är svår, ett annat är att eleverna nöjer sig med att uppleva och att andra förstår hur det fungerar, då kan man alltid få hjälp. Det är inte viktigt hur glasögon fungerar, bara att de fungerar och att man fått se detta. Ett gemensamt drag är att lärarna, visserligen i olika stor utsträckning, verkar "ge upp" teorin till förmån för upplevelser och för sådant som är relativt lätt att komma ihåg.

Det dominerande arbetssättet är att fokusera elevernas aktivitet (flera av lärarna kallar detta för "undersökande arbetssätt"), ofta genom att eleverna själva skall söka svar på frågor genom experiment och böcker. 7 av 11 lärare använder detta arbetssätt helt eller delvis i sin undervisning i optik. Två av dessa lärare ger exempel på alternativa föreställningar inom optik och en ger exempel på hur hon gör för att möta elever som resonerar på ett sätt som inte stämmer med den naturvetenskapliga modellen. Av dem som fokuserar elevernas aktivitet i sin undervisning är det få som berättar om eventuella alternativa föreställningar och ännu färre som redovisar ett sätt att hantera sådana.

Det är två lärare (6 & 8-10) som beskriver sig själva som traditionella och dessa båda strävar efter att övergå till ett arbetssätt som påminner starkt om det som de sju lärarna ovan redan använder.

Två andra lärare redovisar ett arbetssätt som utvecklats under flera år och nu känner de sig nöjda och har inte några omedelbara planer att förändra detta.

14.1 Prövning av förslaget till förändrad undervisning

Det är alltså fem lärare som intervjuats både före och efter de provat den föreslagna undervisningssekvensen. Jag presenterar deras intervjuer som fem fall, där jag beskriver innehållet i intervjuerna med stöd från citat. Efter varje intervju presenterar jag min tolkning. Slutligen görs en jämförelse mellan intervjuerna med de fem lärarna.

14.1.1 Fall 1: Lärare 6, Abel. Intervju före experiment-undervisning

Beskriver sin undervisning som traditionell med genomgångar, laborationer och läxa mellan lektionstillfällena. Använder TEFY som lärobok, men har alltid varit lite kritisk till det sätt som laborationerna varit upplagda. Anser att de är bättre i den nya upplagan, där laborationerna blivit mindre styrda med större möjlighet för eleverna att själva styra lite över uppläggning och redovisning.

Undervisningen är organiserad med lektioner omväxlande i hel- och halvklass. Lektionerna är 40 minuter långa. Läraren beskriver att un-

dervisningen sker i två parallella spår: Ett spår med innehåll för helklass och ett annat med innehåll för halvklass. På helklasstimman försöker läraren utgå från gemensamt upplevda händelser och locka eleverna till att delta i en diskussion om dessa. På detta sätt leder han lektionen framåt i dialogform, med syftet att bibringa fysikens sätt att beskriva och förklara optiken. Läraren utgår gärna från teknisk utrustning som glasögon, kamera och kikare för att det är sådant som alla elever stött på och gärna vill veta hur det fungerar. Läraren beskriver detta på följande sätt:

Vi fokuserar ju mest på fenomen som har sitt ursprung i vardagslivet för elever. Jag kan bara ta som ett exempel, regnbågen, upplevelsen regnbågen har ju alla upplevt och den är ju liksom en så'n där grundläggande erfarenhet som är lätt att bygga vidare på att utveckla deras kunskaper om ljus och försöka förankra en förståelse för ljuset som strålningskälla, kan man säga. Det är ett exempel på det. Ett annat exempel är ju optiska apparater, t ex kameran som ju många stöter på i vardagslivet som man försöker bygga lite grann på när det gäller kunskap inom det optiska området

--

Jag kör nog på två spår, parallella spår. Dels då, kan man säga det rent laborativa arbetet, där man har material till vissa praktiska försök och laborationer, som då löper parallellt med den teoretiska delen av kunskapsutvecklingen där jag mer försöker jobba mer på elevernas egna erfarenheter för att därifrån spinna vidare och försöka öka förståelsen, om du förstår vad jag menar.

Dialogen med en klass, till exempel, är väldigt viktig för mig. Att de får komma med frågor och jag försöker svara och vice versa. Att man försöker etablera någon typ av lite nyfikenhet, att man skall tycka att det är lite kul med fysik, eftersom man känner igen vardagssituationer kanske.

För att på det sättet få in mer traditionell kunskapsförmedling av typ kunna vissa fakta, vad händer med en ljusstråle när den bryts i en lins. Rita upp det på ett papper, t ex. Lite mer teoretiskt. Det är så jag försöker närma mig det hela.

Mitt i det andra citatet ovan berättar läraren om hur viktig dialogen med en klass är. Med hjälp av den försöker han samspeja med elevernas erfarenheter inom ämnesområdet. Lärarens önskan att koppla till elevernas erfarenheter kan ofta börja med en "fiskeri-lektion" (en lektion för att locka ur eleverna deras erfarenheter om ett delområde) och följer gärna upp med en laboration i halvklass.

Ja, man försöker ju att, när man har en sån där fiskerilektion, om man nu symboliskt kan kalla det för det, att man efter det försöker förverkliga den kunskapsutvecklingen i laborationsform, att man har en sån tågordning. Att man inte kör baklänges, att man först läser i boken och sen kommer med verklighetsuppfattningarna och sen kommer med laborationerna. Det ska ju va en viss gång i det för att det ska kunna utvecklas, om Du förstår vad jag menar. Det är inte alltid man lyckas med det, det är mycket annat som ska göras i skolans värld, men inriktningen är i varje fall den att det ska ske i den ordningen,

Frank Bach

att dom startar med själva avsnittet med ett rent sinnelag utan att få för mycket boklig påverkan utan mera egna erfarenheter. Jag menar eleverna kommer ju hit med massor av källor till erfarenhet. Det är från eget liv, TV-program, böcker, tidigare studier. Det finns massor av källor som man inhämta sina kunskaper ifrån

På halvklasstimmar används en utrustning som kallas för optisk bänk. Med hjälp av denna undersöker eleverna med hjälp av skrivna eller muntliga instruktioner skuggor, reflektion, brytning, färger och lite om avbildning.

På en direkt fråga om vad som är viktigt att eleverna lär sig svarar läraren:

...Ja, jag tror nästan att det mest grundläggande i det som jag håller på med inom optiken det är att eleverna skall kunna förstå ljuset som vågrörelse. Alltså att man uppfattar ljus i sina egenskaper i form av vågrörelse och hur man med det kan förklara t. ex regnbågen eller andra optiska effekter, laser och... lite grann av det här man stöter på i vardagslivet. Jag vet inte riktigt om det svara på din fråga men.....

Läraren menar också att det är viktigt att kunna följa en skriftlig instruktion och att lära sig att hantera laborationsutrustning. Samtidigt är det viktigt att eleverna får större frihet att genomföra experimenten efter eget huvud än vad de hittills har haft. På en fråga varför det är viktigt svarar läraren:

Ja, det säger sig självt, att då måste den som skall försöka tränga in optiken, i detta fallet, tvingas ta mera eget ansvar för inläring och kunna bygga upp egna, hypoteser och slutsatser, jämfört med att hela tiden bli matad i boken med sanningen. Det är en väldig skillnad i upplevelse, tror jag, där den egna upplevelsen förankrar sig mycket bättre och får ett bestående värde, troligen. Den andra bara trillar bort efter provet, så glömmar man det. Det är lite grann den dimensionen. Jag skulle gärna vilja se i framtiden så att eleven själv skulle få ännu mer frihet att undersöka saker. Av typ, att göra en egen laboration. Men, som sagt var, det målet lär man ju inte uppnå på 40-minuters lektioner, utan det kräver en helt annan organisation och en annan schemaläggning. Det är ju alltså, och det känner du säkert till, en erfarenhet från de som sysslar med sån't här är att en bestående erfarenhet... kunskapsutveckling bygger på egna upplevelser i väldigt hög utsträckning. I motsats till korvstoppningsmetod där man skall lära sig vissa fakta och sedan redovisar man det.

När diskussionen kommer in på elevernas förföreställningar om optik lämnar läraren en lång redogörelse för olika sätt som eleverna kan uppfatta elektrisk ström. Han hänvisar till en EKNA-rapport (Andersson, 1989a) han läst och beskriver hur han utnyttjar resultaten från den i sin undervisning.

Jag har inte kommit så långt att jag har forskat i var uppstod denna skevhet. Hur fick dom denna uppfattning. Så djupt ner har jag inte trängt in i det, men jag har konstaterat i vissa fall att t ex, nu lämnar vi kanske optiken, men vi kan

ta det här hur en glödlampa ser ut inuti, det här att den är enpolig, i dom allra flesta sammanhang, och att strömmen absolut går tillbaka i samma tråd som den gick in. Så tappar den lite på vägen i form av ljus och annat. Den typen av uppfattningar som egentligen inte är så konstig, det behöver ju inte vara någon systematisk felinlärning utan det är väl OK om man uppfattar den så, va. Det handlar kanske inte bara om optik men det är ett exempel på en sådan uppfattning som man försöker som lärare att leda in den här eleven på att det inte kanske riktigt är så här som Du tror utan försöka göra det troligt också. Sen om det räcker, det är en annan sak. Man försöker ju i alla fall.

--

Då arbetade jag med att eleverna, först oförberett på ett papper, rita upp, jag kanske först har stencilerat upp en stencil med ett batteri, en enkelledare och en lampa. Förbind lampan med batteriet med hjälp av ett streck, med hjälp av den här ledaren, så att lampan lyser. Och det är ju klart att det är ju upplagt för att man ska kunna visa då hur man tänker innerst inne, t ex. Jag kan inte, så där på rak arm, komma på något så där optiskt liknande fenomen än detta. Det är ju en sån där traditionell grej som ingår i ämnet ellära, då. Ellärens grunder, just det här. Och då låter jag eleverna gå fram till tavlan och rita upp sina ritningar, även de felaktiga, oftast låter man gruppen komma med kritik, vad som är bra och vad som är mindre bra och vad dom skulle vilja rita istället. Detta är som ett exempel på vad Du nämnde förut. Det handlar i och för sig inte om optik, det handlar om fysik.

På ett annat ställe säger han att han "inte funnit några återkommande mönster när det gäller optiken", men menar att hans beskrivning ändå kan vara ett exempel på hur man i undervisningen tar hänsyn till elevernas föreställningar. När han stöter på någon elev (eller grupp av elever) som har "totalt fel uppfattning" försöker han locka eleverna till att själva inse att det är på fel spår och att "inte vara för mycket lärare i sådana situationer".

14.1.1.1 Tolkning

Jag föreställer mig Lärare 6 som en person som tagit visst intryck av ämnesdidaktisk forskning, men främst av allmän skoldebatt. När det gäller kunskapssyn och syn på lärande verkar han röra sig mellan konstruktivism och empirism. Han talar om att det är viktigt att utgå från elevernas erfarenheter av exempelvis regnbågen. I detta betonar han att dialogen med klassen är viktig. Detta kan tolkas som ett utslag av att ett konstruktivistiskt sätt att tänka, samtidigt som det också verkar handla om att utgå från att eleverna har sett en regnbåge för att motivera dem och att ha något gemensamt att tala om. Det verkar inte handla om att utgå från elevernas uppfattningar om fenomenet regnbåge. Denna misstanke stärks av att han inte ger några exempel på vilka uppfattningar elever kan ha om olika fenomen inom optik. Där emot ger han exempel från ellära där han läst en EKNA-rapport (Andersson, 1989a). Detta är intressant eftersom han berättar om olika uppfattningar som eleverna kan ha om ellära och att han låter dem

komma fram till tavlan och rita och berätta om dessa. Om man betraktar detta i ljuset av Shulmans (1987) begrepp Pedagogical Content knowledge så undervisar denna lärare på ett annat sätt då han har kännedom om att eleverna med största säkerhet uppfattar elektrisk ström på flera olika sätt. Elevernas **olika** sätt att se på elektrisk ström är en aktiv komponent när han planerar och genomför sin undervisning. Så är inte fallet när det gäller optik.

När det gäller vetenskapssyn framstår fakta som viktigt. Ibland jämför han naturvetenskapliga teorier med fakta. Exempel på detta är när han säger "För att på det sättet få in mer traditionell kunskapsförmedling av typ kunna vissa fakta, vad händer med en ljusstråle när den bryts i en lins. Rita upp det på ett papper, t. ex. Lite mer teoretiskt. Det är så jag försöker närma mig det hela".

När det gäller syn på lärande upprepas balansgången mellan empirism och drag av konstruktivism. Å ena sidan sägs att eleverna "startar med själva avsnittet med ett rent sinnelag utan att få för mycket boklig påverkan utan mera egna erfarenheter" och å andra sidan vill han att eleverna skall utgå från det de kan och själva söka sig vidare med egna frågeställningar för att då måste eleverna ta eget ansvar för det de lär sig, att själva komma med hypoteser och dra egna slutsatser. Det senare, menar läraren, gör att man lär sig bättre och att det får ett bestående värde. Det första uttalandet med rent sinnelag kan tolkas som ett empiristiskt uttalande och det andra om att utgå från det man kan och bygga vidare från detta ett mer konstruktivistiskt.

Just i detta sätt att resonera närmar vi oss en avgörande punkt. Vad menar läraren med att eleverna själva skall formulera frågor, ställa hypoteser och dra slutsatser? Vad menar läraren med att han utgår från elevernas erfarenheter?

Jag har intrycket att läraren menar att de erfarenheter eleverna har av något fenomen är samma erfarenhet som läraren själv har. På något sätt förefaller det som att antingen har man erfarenheten regnbåge eller så har man den inte. I ett citat ovan säger läraren "Att man inte kör baklänges, att man först läser i boken och sen kommer med verklighetsuppfattningarna och sen kommer med laborationerna. Det ska ju va en viss gång i det för att det ska kunna utvecklas, om Du förstår vad jag menar." Detta förstärker intrycket av att erfarenheter är av typen "antingen har man erfarenheten eller inte". Man utgår från några gemensamma erfarenheter i laborationen som man sedan utvecklar med "fakta".

Lärarens önskan är att alltså att eleverna skall jobba mer självständigt och undersökande. Om vi följer resonemanget läraren för kan vi se att det är konsistent. Om upplevelser har karaktären av eller på (antingen har man upplevelsen eller inte), så är det tillräckligt att man får uppleva ett fenomen och gå vidare med detta själv och dra slutsatser och kanske på eget initiativ läsa om fenomenet ifråga. Alla har observerat samma sak och elevernas egna initiativ och makt över situationen är då både motivationshöjande och befrämjande för lärandet. Läraren kan fungera som handledare och visa på olika källor där eleverna kan finna svar på sina frågor.

Visserligen gäller nog önskan om förändring av undervisningen generellt, men när det gäller ellära resonerar Abel på ett annat sätt. Hans kunnande om elevers föreställningar inom optik och ellära skiljer sig ganska mycket åt och det gör att han observerar olika kvaliteter i elevernas sätt att föreställa sig elektrisk ström, men detta förekommer i stort sett inte alls i optik. Inom ellära är det ett problem för läraren att eleverna "ser" olika saker när en lampa lyser. Han nämner exempel på att en del föreställer sig att lampan är "enpolig" och strömmen går i samma ledning både till och från lampan. Föreställningar som denna diskuteras i klassen och man jämför för- och nackdelar med olika sätt att resonera. Något sådant nämns inte i samband med optikundervisningen. Läraren drar alltså helt olika slutsatser om hur undervisning skall gå till beroende på sitt kunnande (som också påverkar vad han observerar) om elevers föreställningar inom ett ämnesområde.

Vi har alltså här ett exempel på hur elevernas föreställningar kan påverka hur de uppfattar naturvetenskapliga fenomen tillsammans med ett exempel på hur lärarens uppfattning om elevuppfattningar kan påverka hur han uppfattar hur undervisning bör gå till.

14.1.1.2 Intervju efter medverkan i experimentundervisning.

Läraren uppfattade problemsamlingen, lärarhandledningen och läshäftet "Ludvig, Lisa och luften" positiva att arbeta med. Däremot rapporterar läraren om att många elever inte tyckte om att göra uppgifter där de inte direkt efter lösandet fick veta rätt svar.

Läraren försökte vara konsekvent och inte svara på om eleverna hade gjort rätt eller fel. Istället svarade han att det inledningsvis inte var så viktigt utan att det kommer att ordna sig efter hand. När eleverna arbetade med problemhäftet fick det för det mesta svaret:

Försök och tänk lite själv vad du tror, skriv ned det, om det blir fel, det gör inget. Det kommer att rätta till sig i slutändan i alla fall, så går vi vidare framåt

Frank Bach

Beskrivningen av undervisningen fortsätter med en bedömning av elevhäftet "Ludvig, Lisa och luften som läraren bedömer som bra upplagt och bra integrerat med problemhäftet, men att det behövde kompletteras med läroboken på några punkter.

När det gäller laborationer berättar läraren att det blev fler demonstrationer och färre laborationer än vanligt. Detta uppfattade han "i alla fall inte som negativt", förutom att eleverna inte vänjer sig vid handhavandet av laborationsutrustning och hur man följer en instruktion. Vid de laborationer som förekom var instruktionen friare:

Du har tillgång till de här grejorna, undersök, ta reda på lite grann hur skuggor bildas med hjälp av det här myntet och den här ljuskällan och den vita skärmen. Det är lite skillnad, lite friare arbetssätt. Det ligger väl i sakens natur att det laborativa arbetssätt kan ju vara så här att man själv försöker dra slutsatser med hjälp av det material man får sig förelagt, då va. Det var intressant, det var skillnad jämfört med hur det brukar vara när jag jobbar med optik.

När läraren jämför med sitt vanliga sätt att undervisa menar han att behållningen för honom är att verkligen fått "fundera igenom sitt sätt att närma sig eleverna när det gäller naturvetenskap och vara medveten om vad man gör hela tiden". Han menar att det är lätt att det går slentrian i undervisningssättet och att man gör det som man vet att eleverna tycker är roligt och att det då verkar som om det är kul att lära. Den stora skillnaden ligger i att inte ge eleverna svaren utan tvinga eleverna att tänka själva.

Och sen att man tvingar sig själv att svar... att tvinga eleverna att tänka när de inte är vana att tänka, det är svårt. Det krävs nog stort tålamod och en uthållighet från min sida, då va. Jag har en känsla av att kanske av att eleverna fortfarande så här efteråt inte fick bekräftelse på sina gissningar och undringar, att tiden inte räckte till och så vidare, va. Det känns lite oavslutat, det här projektet, för min del. Av de skälen som jag nämnde tidigare...

--

Att försöka få elever att tänka lite själva och inte bli matade bara. Annars blir det lätt så.

Nu över till lärarhandledningen. Den använde läraren "som en slags vägledning i vilken takt man skulle jobba". Han följde förslagen till hur man kunde introducera området och använde de förslag till experiment som fanns så länge skolan hade tillgång till den utrustning som behövdes för att genomföra experimenten. Läraren nämner avsnittet med den historiska återblicken som han personligen fann intressant, men mest som kuriosa. På flera ställen i intervjun kommer läraren tillbaka till att undervisningsförslaget går ut på att eleverna tvingas att tänka och att själva formulera sig.

Läraren märker skillnad mellan hur elever från två olika mellanstadieklasser anpassar sig till den nya undervisningen. Elever från den ena klassen har lättare för detta friare arbetssätt och har redan under mellanstadiet provat att arbeta undersökande inom NO medan de andra har jobbat mer styrt och kanske inte alls med NO. I och med att läraren observerat denna skillnad tror han att ett experiment som detta tidsmässigt är för kort för att få riktigt genomslag när det gäller hur bra elever kan arbeta. De behöver mer tid på sig för att lära sig att ta eget ansvar och "det här sättet att försöka uttrycka sig utan att först läsa fakta i boken".

Samma elever är duktiga respektive svaga med detta material. Läraren finner inga avgörande skillnader på hur de lär sig jämfört med vanliga undervisningen. Han nämner inte spontant eller efter direkt fråga något om alternativa föreställningar eller något annat om lärande uttryckt i lärarhandledningen.

Läraren såg några fördelar med detta arbetssätt framför det han brukade använda. Det kunde attrahera en del elever som annars var lite mer likgiltiga. Han tror att det leder till mer bestående kunskaper. Läraren menar att det också finns en del nackdelar. Det tar mycket lång tid, det är svårare med betygssättning och kanske de normalt duktigare eleverna tyckte att detta var lite sämre.

14.1.1.3 Tolkning

I intervjun före undervisning talar läraren en del om att han vill att hans undervisning skall ändras i riktning mot att eleverna får undersöka mer fritt och att de skulle agera mer utifrån egna initiativ och förutsättningar. Han menar att läraren skall träda tillbaka lite och mer ha rollen av en handledande samtalspartner. Detta synsätt kommer fram tydligt även under efterintervjun. Läraren betonar att han varit noga med att inte svara på elevernas frågor utan istället på olika sätt försökt uppmuntra dem att tänka och resonera själva. Genom att eleverna konsekvent arbetar på det sättet menar läraren att saker och ting småningom trillar på plats för dem. En fördel med detta elevcentrerade sätt är att eleverna kommer att bli mer engagerade och tvingade att ta eget ansvar för sitt lärande. Detta leder i sin tur till att eleverna kommer att få bättre långsiktig kunskapsmässig behållning av skolarbetet.

Läraren berättar om undervisningsförslaget som ett sätt att låta eleverna arbeta mera självständigt och undersökande. De frågor och experiment som föreslås skall leda till att eleverna relativt självständigt bygger upp sina kunskaper om optik, bitarna kommer att falla på plats, bara man har tålamod och arbetar med detta material. På det

sättet beskrivs det nästan som ett självstudiematerial. Lärarens roll har förändrats från att vara den som kan och som levererar svar på elevernas frågor och genom sitt kunnande och agerande definierar vad som är viktigt i optik till att istället vara en stödjande person i elevernas eget kunskapsökande inom området. Före undervisningen var dialogen med klassen viktig för läraren. Det var i den han introducerade nya saker och försökte hjälpa eleverna att utveckla sina kunskaper. Denna tycks nu ha försvunnit till förmån för elevernas eget arbete och tänkande.

I detta sätt att resonera finns det inslag som är gemensamma med formuleringar man kan se i exempelvis propositionen (Utbildningsdepartementet., 2000) till en ny lärarutbildning. Eleverna eget sökande står i fokus när läraren genomför vårt undervisningsförslag. Min tolkning är att läraren läst och tolkat vårt undervisningsförslag med hela skoldebatten som ett aktivt inslag i medvetandet. På något sätt blir det en blandning mellan utpräglat konstruktivistiska idéer där elevernas eget tänkande lyfts fram starkt samtidigt som han hamnar i en empiristisk fälla där observationen är en okomplicerad akt som leder till neutral information vilken småningom kommer att leda tankarna på rätt spår.

Trots att läraren kraftigt fokuserar elevernas aktivitet ligger överföringsmetaforen nära till hands. Nu skall överföringen ske från ett kompendiematerial med frågor och de experiment som genomförs. Läraren har intagit det som han uppfattar vara en handledande roll istället. I den ingår att inte svara direkt på frågor utan istället uppmuntra eleverna att tänka själva och också berätta att saker och ting småningom kommer att falla på plats. Detta resonemang är intressant genom att detta inte på något sätt varit avsikten när förslaget (Andersson & Bach, 1997) skrevs. Istället hoppades vi att läraren skulle få bättre förutsättningar för att agera aktivt i undervisningssituationen.

En annan och svårare fråga är om läraren egentligen tror på sitt nyvunna arbetssätt. Jag anar mig till att han tycker att han lämnat eleverna lite i sticket. De har fått klara sig själva. Han är också orolig för att de aldrig fick den klarhet som han envist berättade för dem att de skulle få bara det jobbade på och tänkte själva. Han säger att han tycker att projektet känns oavslutat. Han har nog en känsla av att eleverna inte lärde sig så bra trots att han jobbat efter det som forskningen kommit fram till och som formulerats i skoldebatten. Det är också viktigt att notera att han inte längre lyfter fram dialogen med klassen, vilket han gjorde i intervjun före undervisningen. Frågan är vad det kan bero på.

Han berättar också att han inte ännu inte fört över de erfarenheter han gjort inom projektet till den undervisning han haft under hösten. Istället beskriver han den som extra traditionell och på grund av PRAO:n tidspressad. Han betonar dock att alla blivit godkända och att resultatet på skrivningen varit bra. Detta tolkar jag som ytterligare ett tecken på att han egentligen inte riktigt tror på den lärarroll han iklätt sig under ett antal veckor. I slutet av intervjun får han en fråga om han tänker använda vårt undervisningsförslag nästa gång han undervisar om optik. På det svarar han:

Det här? Ja, det är inte helt omöjligt. Jag har inte riktigt funderat färdigt på det ännu, men det är inte helt omöjligt. Jag skall sätta mig ner och bearbeta detta. Jag vill gärna avvakta utvärderingen först. Utfaller den så att säga så att man tycker att man kan dra slutsatser av den som leder i en viss riktning så kan jag ju tänka mig att fortsätta med det, men att jag har inte fattat något beslut om det och jag kan ju inte säga ja eller nej.

Jag tolkar svaret som att om det skulle vara så att det inte blir någon avgörande skillnad mellan resultatet mellan hans vanliga sätt att undervisa och det nya han provat är det troligt att han kommer att fortsätta att undervisa ungefär som han gjort tidigare. Han vill ha något slags bevis på att "det nya sättet att undervisa på" är bättre för att han skall byta.

Genom hela undervisningsförslaget framhålls en naturvetenskaplig teori om ljusets egenskaper och utbredning. Målet är att eleverna skall lära sig att använda denna teori som ett tankeverktyg och få chans att prova den i ett flertal olika situationer, både bekanta och nya. Detta berörs inte av läraren spontant under intervjun. När jag försöker fråga om det förstår vi inte varandra riktigt, läraren kopplar inte då till just detta om det medvetna inslaget av en naturvetenskaplig teori. Detta tillsammans med beskrivningen ovan om hur läraren medvetet försökte vara konsekvent att inte svara på frågor utan låta eleverna tänka själva tar jag som tecken på att "teorin om ljus" inte haft en riktigt framskjuten position i undervisningen.

14.1.2 Fall 2: Lärare 8-10, Bertil. Intervju före experimentundervisning

Den här läraren använder olika läroböcker i olika klasser. Han är inte riktigt nöjd med någon av dem, det är för svårt språk i dem. Det är för många svåra ord, särskilt i optiken. Detta gör att han mest använder böckerna som ett stöd för ungdomarna och för att ge läxor ur. Just nu anser han att den egna optikundervisningen är rätt traditionell och han vill förändra sin undervisning i en riktning som han redan påbörjat i akustik. Där har han utvecklat ett kompendiematerial uppbyggt runt ett antal frågeställningar och laborationer.

Jag kan nämna som så här: man drar paralleller till akustik, så har jag jobbat fram ett arbetsmaterial där som utgår ifrån tio stycken olika laborationer. Man går igenom olika moment inom akustiken där eleverna själva har ett undersökande arbetssätt, där man kan vara en handledare, man kan hjälpa till på olika nivåer, och det är väl så jag skulle vilja jobba med optiken också och kommer väl att göra när man får mer tid att arbeta fram ett kompendium som är uppbyggt runt ett antal frågeställningar och laborationer, för att kunna gå ifrån den här traditionella undervisningen som jag till stor del har i optik fortfarande.

Precis som i den förra intervjun talar läraren om att eleverna själva bör ha ett undersökande arbetssätt och att läraren mer skulle ha rollen av en handledare. Det är ett mål att sträva mot. Vi får tillfälle att återkomma till detta i samband med efterintervjun.

Läraren resonerar en del om att den utrustning som använts i optikundervisningen kan vara förvirrande för eleverna. Det är många konstiga prylar som arrangeras på speciella sätt för att man skall kunna studera ett visst fenomen. Detta leder ofta till att eleverna fokuserar andra saker än vad läraren tänkt sig. Därför letar han efter modern, billig och enkel utrustning med vilken det är lätt att fokusera det viktiga.

Och det kan väl vara mycket dom här prylarna man jobbar med, om man hade fått in nå'n laser, nå'n laserpenna, då kan jag visa strålar och strålgångar på ett enkelt sätt utan att behöva ha så mycket apparatur runt omkring för att få fram bara en ljusstråle då. Det blir så mycket hokus-pokus innan, så man kommer ifrån själva aha-upplevelsen kanske.

Läraren utvecklar sitt resonemang om svåra ord senare i intervjun när vi kommer in på utvärdering. Då talar han mer om alla svåra begrepp som kan vara förvirrande på skriftliga test och att eleverna kan ha en relativt god bild av optiken ändå, varför han ofta har lite längre muntliga resonemang med en del av eleverna.

Det beror ju på arbetsområde men när det gäller optiken så har jag mycket samtal, jag har, försöker utvärdera avsnitten muntligt eftersom det är... även skriftliga prov självklart men många kan falla på skriftliga prov eftersom det är så mycket begrepp, så mycket ord som kan stöka till det för folk, men man kan ändå ha ett ganska bra begrepp om just optik. Så försöker jag, både dom här skriftliga testen, men även, inte för alla självklart, muntliga samtal med ett antal personer i dom här grupperna. Det är väl så jag försöker ha koll på vad dom kan och vad dom inte kan. Hur min undervisning har funkat. Hur man kan förändra eller förbättra.

När det gäller elevernas förförståelse inom optik kom vi i samtalet att jämföra med diagnoser i matematik och detta fick läraren att fundera en del över de skillnader som är mellan undervisningen i just matematik och den som är i NO.

Det kanske det borde vara, men även där så tror jag man är också väldigt traditionell, eller vad man ska säga, man kör på mycket i samma gamla hjulspår. Man vet, som jag nämnde innan dom här planeringarna, har plockat fram, så har man, på något sätt sett, dom här grejerna är allmänt, det här har dom med sig och det här har dom inte med sig. Och det kan vara så'n't som dom inte har med sig som kanske inte är viktigt inom just ett ämne som optik och då lämnar man det åt sidan. Sedan kan det vara en bit som är viktigt och där får man kanske lägga in en stöt då. Men inte så att jag kartlägger innan med hjälp av en diagnos, vad dom kan och vad dom inte kan. Det kanske man borde göra!

--

Något liknande för fysiken eller överhuvudtaget för samtliga ämnen hade ju varit en klar hjälp tror jag för många, för att kunna få ut så mycket som möjligt. Vad har man med sig och vart vill man, och hur kollar man av att man har kommit dit man vill? Vi gör ju självklart prov och vi har egna tester osv men även där så gör vi såna här tester och prov i en situation där vi har ett jobb att sköta, vi har en mängd klasser som ska rulla på. Man drar paralleller till matematiken där det är folk som håller på med detta på heltid, intervjuar folk, drar nytta av gamla lärdomar, sätter ihop prov, pratar med dom som har satt ihop betygssystem osv

--

Prov och provbanker finns det ju till förbannelse till fysiken, men någon form av förtest, fördiagnos hade varit bra. Men det är uselt! Verkligen.

Läraren nämner inte några specifika svårigheter eller föreställningar som eleverna kan ha, men menar att det är svårare att nå fram till barnen med förklaringsmodeller.

Men optiken är som jag tycker, ett av de absolut roligaste avsnitten att jobba med, samtidigt som jag tycker att jag har svårare och svårare att nå fram till barnen då, att det verkar väldigt abstrakt för dom

--

Dom har ju mycket av detta med sig, se'n tror jag att många tappar intresset, tycker när man kommer med förklaringsmodellen eller när dom själva ska leta reda, försöka söka förklaringsmodellen, varför blir bilden liten, vad är orsaken till det? Så tappar många sugen då, det är inte riktigt lika spännande! Samma som friktionsbegreppet, att friktion är absolut nödvändigt för att kunna komma framåt, kunna gå, men alla vet att man kan gå, det är ointressant om det är friktion eller inte. Så egentligen är det i klassrummet, just med förklaringsmodellen, det har väl med att man är naturvetare att man tycker att det är fascinerande, hur kan det blir så? Se'n har man dom här som konstaterar, tycker att okey, bilden blir liten, det är inte mycket mer med det, får jag på mig glasögon, då ser jag bra, okey, det är någon annan som fixar det åt mig! Det är ju det man har att brottas med!

Ett sätt att komma tillrätta med detta kanske skulle kunna vara att gruppera eleverna efter intresse, för som det är nu blir det inte bra för

nästan någon. Det är dock problem med en sådan lösning, eftersom man måste ta hänsyn till andra viktiga saker, exempelvis att det är viktigt att alla träffas av sociala skäl.

14.1.2.1 Tolkning

Läraren vill ändra sin undervisning i optik från traditionell till en undervisning där elevernas eget undersökande står mer i fokus. Han vill övergå till att vara mer av handledare än vad han var vid intervjutillfället. För att åstadkomma detta vill han utveckla ett kompendiematerial själv. Liksom när det gäller Abel noteras att lärarens önskan om förändrat arbetssätt stämmer bra med den allmänna diskussionen om skolutveckling som förts i Sverige under några år och som i skriftlig form tydligt kommer fram i exempelvis propositionen om ny lärarutbildning (Utbildningsdepartementet, 2000) och i Kommunförbundets förslag till arbetstidsavtal för lärare (Kommunförbundet, 2000).

Under intervjun visar läraren stort intresse och engagemang när det gäller ett diagnosmaterial för att både lärare och elever skall få bättre möjlighet att förstå vad man kan och vad man har att lära sig. Detta tyder på ett intresse för elevernas föreställningsvärld och insikt om att denna är viktig att känna till för att det skall vara lättare att veta hur man skall planera undervisningen. Trots detta intresse lämnar inte läraren några exempel på föreställningar som kan finnas i en elevgrupp när de börjar optikundervisningen. Jag tror att lärarens intresse för diagnoser till ganska stor del väcktes under denna intervju. På något sätt har det varit självklart för honom med diagnoser i matematik, men inte i NO-ämnena och detta blir extra tydligt under intervjun. Intresset för vad eleverna kan har nog funnits tidigare hos denna lärare, men det har ändå inte lett till att han försökt sätta sig in i elevernas olika sätt att förstå optiska fenomen. När diskussionen om diagnoser dyker upp tänds ett hopp hos läraren att få ett instrument för att underlätta för elever och lärare att veta "var man står", "vart man skall" och "hur lång vägen är att gå".

När det gäller syn på vetenskap tar läraren upp de svårigheter han upplever med att försöka få eleverna att förstå naturvetenskapliga förklaringsmodeller. Han väljer att använda just ordet förklaringsmodeller och går vidare med att förklara att det handlar om naturvetenskapliga idéer som går lite djupare än att bara konstatera fakta. Han menar att många elever inte förefaller intresserade av detta teoretiska sätt att betrakta världen och han upplever det som frustrerande. Han menar att de ofta nöjer sig med att konstatera hur något är och inte önskar djupare förklaringar. Att denna kommentar kommer är mycket intressant i ljuset av att undervisningsförslaget (Andersson

& Bach, 1997) försöker lansera en "teori om ljus" som ett sätt att betrakta optiska fenomen. Vi får anledning att återkomma till detta i samband med efterintervjun.

Läraren lyfter fram de svårigheter som finns med språket i NO-läroböcker i allmänhet och inom optik i synnerhet. Han berättar hur han försöker använda sig av samtal för att se bakom de formuleringar som eleverna har skriftligt. Han menar att det går att se att eleverna förstår optiken trots att de ibland kan uttrycka sig "felaktigt" med de svåra ord som finns inom optik. Att ge ett svar på ett skriftligt prov kan vara en helt annan sak än att föra ett samtal om samma sak. Många av eleverna kan, enligt läraren, "falla på skriftliga prov eftersom det är så mycket begrepp, så mycket ord som kan stöka till det för folk, men man kan ändå ha ett ganska bra begrepp om just optik" Resonemanget påminner om Schoultz (2000) när han i sin avhandling skriver:

Jag vill hävda att sådana studier endast visar hur människor talar om ett speciellt fenomen och sättet att tala är inte självklart är inte självklart ett uttryck för personens mentala förmåga eller hur personen tänker. Svaren har många gånger uppstått i själva samtalet.

Med "sådana studier" refererar Schoultz till undersökningar där det "genom lämpliga frågor antas vara möjligt att tömma en människas hjärna på dess begreppsliga innehåll", men som i detta sammanhang kanske kan jämföras med de skriftliga prov som läraren refererar till. På ett mer allmänt plan är alltså läraren intresserad av att diskutera med sina elever. Detta är också något som vi återkommer till i samband med efterintervjun.

14.1.2.2 Intervju efter genomförd experimentundervisning

På den skola där läraren tjänstgör har man organiserat NO-undervisningen på ett sådant sätt att han hade tre undervisningsgrupper i optik efter varandra under en termin. Han använde dessa tre grupper för att få tid att läsa in sig på undervisningsförslaget (Andersson & Bach, 1997) och att successivt föra in det i sin undervisning. I den tredje gruppen användes förslaget i sin helhet. Min egen undervisning låg på ett sådant sätt att jag nästan helt och hållet kunde följa denna lärares undervisning. Jag var med på de flesta av hans lektioner. Före och efter lektionerna uppstod spontana diskussioner om planering och utfall. Dessa faktorer bidrar till att denna lärare haft bättre förutsättningar att planera och genomföra sin undervisning än de övriga.

Läraren upplevde lärarhandledningen som "väldigt genomarbetad" och "väldigt mastig", samt att det fanns "väldigt mycket bra och skojigt

Frank Bach

att ta upp". Ett av de största problemen läraren hade var att den tid som var avsatt för optik inte såg ut att räcka till. I planeringen fanns det utrymme för 11 timmars undervisning och det skulle inte räcka till. Det gick inte att ändra och de avsnitt som låg i slutet fick mycket kort tid.

Sen känns det - och det tycket jag också när man läste lärarhandledningen - att de sista grejerna med prisma och speglar behöver lite mer tid än vad jag hade möjlighet att lägga ner på det. Och det märkte man ju också att den sista diskussionen väcktes ju ett antal frågor som säkert skulle räcka till en tre - fyra lektioner ytterligare...

Avslutningen av optiken blev lite rumphuggen och stressig. Däremot är läraren betydligt mer nöjd med undervisningen fram till avslutningen. Han menar att fler elever än vanligt varit med i diskussionerna.

...här har vi med alla så att de frågor ställa frågor, kanske inte i helgrupp, men om man haft en dialog i mindre grupper har de ändå haft synpunkter, de har tyckt, de har tänkt och de har svarat och försökt förklara va. Det är väl inget fall, som jag ser det, där de har varit helt nollställda.

--

Däremot tror jag väl att det har varit med betydligt fler i diskussionen, mer som har varit med än i årskurs 7 och i årskurs 8. Det är min bestämda uppfattning ... om man har haft en dialog så har man kanske vänt sig till i den här gruppen om sexton sjutton personer så man egentligen kanske haft en dialog med 8 kanske 10 i klassen. De andra har mer eller mindre varit lyssnare. Här är det inte alls den känslan... här är det så gott som 100% som varit med och lyssnat och har man ställt en fråga så har man fått ett svar, inte som tidigare om man ställt provokativt eller undersökande att man ber någon svara på en fråga så har man fått svaret vet inte, tror jag ... (hör ej) det är väl det som är den stora skillnaden vad det gäller eleverna.

Förutom att eleverna i större utsträckning deltog i diskussionerna anser läraren också att eleverna fått ökat självförtroende.

Ja, jag tycket att det finns flera olika aspekter på det men som jag sagt tidigare att väldigt många av dem som varit "off" tidigare har fått ett stärkt självförtroende rent människovärdemässigt att man känner att det inte är så ... jag kanske inte får betyg i fysik men jag ... det är ju inte så omöjligt ändå, som jag kanske trott eller har inbillat mig.

När det gäller lärarens eget lärande återkommer han till detta med diagnoser, ett ämne som väcktes redan i den första intervjun.

...man känner att ett helt annat behov än vad jag någonsin gjort tidigare är att ha någon form av eller ha en form av fördiagnos innan man drar igång som vi gjorde här och det var i alla tre grupperna här och de sakerna som händer i en sådan fördiagnos och av den karaktären är väldigt spännande och de reaktio-

nerna som blev. Man får frågor som förväntas klara av, som man känner att det här borde jag klara av, men kan inte beskriva hur jag tänker ,... mina känslor och så som jag tror alla tre grupperna efter den här perioden (?) har helt annan motivation att gå vidare...

Han är entusiastisk över idén med diagnoser och skull vilja att sådana utvecklades (eller utveckla själv) och anser att skulle förbättra undervisningen en hel del.

Läraren tycker sig ha bättre kontroll över vem som kan vad och anser att både elever och lärare har roligare och att eleverna lär sig bättre. Ibland känns det dock som om de inte hinner med så mycket under en lektion, men han upplever efteråt att det ändå kan vara tvärtom.

Som jag sagt tidigare, Det känns som om man hinner inte med så mycket . . . Man kanske på en lektion tidigare (före projektet) kanske man hann med två saker och nu är det en, så att det känns som om man hinner med lika mycket, men man kanske hinner med mer i själva verket. För även om man gjort två, man kanske tagit två steg, men nästa lektion får man gå tillbaks ett och ett halvt för att börja där de är, men nu gör man en sak och så har de järnkoll på det och det kan till och med vara så att man hoppar över ett halvsteg för det har liksom mognat på den här dagen eller de här två dagarna, så i sista änden tror jag att man vinner mer på att ta det lite lugnare.

Läraren anför två skäl till varför det ändå kan vara så att man hinner med mer trots att det inte känns så. Det ena är att eleverna får mer tid att smälta undervisningen om man tar det lugnare och då kanske de lär sig bättre. Det andra skälet är att eleverna får "järnkoll" och att man därmed inte behöver ägna så mycket tid åt att repetera det som gjordes sist.

På flera olika ställen i intervjun pratar läraren om något speciellt som präglat undervisningen.

Hm -... I lärarhandledningen och så ... där tonvikten ligger på just strålgång och uppfattning av ljus överhuvudtaget.... Tror att i den här gruppen där man löpt linan fullt ut har fullständig koll på detta och det sade det här omedelbara provet också att de frågorna har de järnkoll på och jag tror också att det på den här efterdiagnosen kommer att visa sig att det inte är några problem.

--

Jag tror det är skitviktigt, ett lyft för många för det kan ju vara saker som man liksom kan uppleva och på något sätt har man fått redskap för att kunna förklara det som man vet händer.

--

Då ställs man inför en massa situationer som för att kunna lösa dem så måste du haft koll, du måste ha tagit till dig det som hänt på lektionen eller två lektio-

ner innan. Man får liksom förutsättningarna och sedan får man sitta och fundera och så utvärderar man innan man drar igång nästa moment.

--

Jämfört med tidigare då man har ... på måndag gör jag det och på tisdag är det det och sen på torsdag är det det. Sen kanske man har läxor i koppling till det, och så märker man .. muntliga läxförhör, men det blir inte alls av den karaktären, ofta. Det tycker jag är bra, man får hela tiden en återknytning till man gjorde gången innan på ett roligt och intressant sätt för dem.

--

Som jag sa, många av laborationerna tangerar de traditionella laborationerna utan det är sättet att för- och efterarbeta det man sett, det man har upplevt, som är den stora, den största skillnaden. Och på som på något sätt är bärande i den här lärarhandledningen, i hela sviten det är inte laborationerna som sådan som bär upp undervisningen utan det är det som är runt om.. väcka frågan och summera det man kommit fram till eller sett, man har kanske fokus i ... svårt att säga vad som är vad, men annars ligger ju fokus ofta på genomförandet på laborationerna och kunna ställa en ordentligt hypotes och kunna dra en ordentlig slutsats av just den laborationen, sen kommer ju själva feedbacken väldigt sent, det kan ju dröja kanske till provet när man sätter in laborationen, den praktiska, teoretiska laborationen i verkligheten och då ser de inte sambanden. De såg det inte då och sen har det gått ytterligare kanske någon vecka och då är det helt obefintligt.Så ja.... Nu får du ta dig an ett annat avsnitt.

Det är relativt tydligt att läraren refererar till någon slags röd tråd i undervisningen som håller ihop hela sekvensen, både när det gäller laborationer och problem som eleverna jobbar med hemma eller i skolan. Jag återkommer i tolkningen till vad denna röda tråd kan vara.

Problemsamlingen har läraren använt för elevernas arbete både i skolan och hemma. Han har konsekvent gett eleverna läxa att jobba med några av problemen hemma för att följa upp detta med en diskussion om vad de kommit fram till.

Det tror jag är en jättegrej med de här väldigt vardagliga problemen som hör till lärarhandledningen och deras studiehäfte, att man gör vissa saker direkt i läxan före eller efter lektionen har anknytning till verkligheten.

I skolan har problemsamlingen använts mer för diskussion i grupp eller för diskussion med hela klassen.

Förhållandet mellan andelen laborationer och demonstrationer har inte ändrats så mycket i undervisningen för denna lärare. Eleverna har fått genomföra de flesta experimenten själva och läraren har gått runt och diskuterat med de olika grupperna.

14.1.2.3 Tolkning

Läraren är entusiastisk över vad han varit med om. Han har tagit god tid på sig att sätta sig in i materialet och tycker sig se många fördelar. Detta med att använda sig av en fördiagnos är en av de viktigaste. Från projektets sida finns dessa fördiagnoser med för att kunna jämföra med UG-95 (Andersson m.fl., 1997) och för att kunna se eventuella förändringar vid en efterdiagnos sex månader efter avslutad undervisning. Läraren ser dock andra användningsområden. Det viktigaste är nog att göra eleverna medvetna om vad de kan och inte, men också att motivera dem genom att uppgifterna är så vardagsnära och därmed borde vara lätta att svara på. När de inte är det kan detta utgöra en sporre för eleverna. Diagnoserna kan också hjälpa läraren att få reda på mer om hur eleverna förstår fenomen inom optik, men läraren pratar inte riktigt om det som ett redskap att använda på det sättet. Elevernas olika föreställningar har nog inte riktigt blivit en aktiv komponent när läraren planerar och genomför sin undervisning.

När det gäller elevernas lärande lyfter läraren fram några olika saker: Det ena är att det är lätt för eleverna att komma in i lektionen efter några dagars uppehåll och att det är lättare för honom som lärare att veta om de förstått så mycket att man kan gå vidare. Han menar också att fler hänger med nu än vad det brukar vara.

Det sägs många olika saker i citaten ovan, men det finns också något som är gemensamt för många av dem, nämligen att läraren refererar till någon slags röd tråd som han tycker finns genom hela undervisningssekvensen. Han pratar om att "tonvikten ligger på strålgång och uppfattning av ljus", att "man fått ett redskap att förklara det man vet händer", "man får liksom förutsättningarna och sedan får man sitta och fundera" och "..., men annars ligger ju fokus ofta på genomförandet på laborationerna och kunna ställa en ordentligt hypotes och kunna dra en ordentlig slutsats av just den laborationen, sen kommer ju själva feedbacken väldigt sent,...." och andra liknande kommentarer.

Läraren säger det aldrig i klartext, men jag tolkar det som att det är "teorin om ljus" som åsyftas i de olika citaten. En kärna av denna teori introduceras ganska tidigt i undervisningen och utvidgas till att omfatta mer och mer efterhand. Det är denna teori som är ett redskap att förklara med och är det som håller samman laborationerna. Det är också den som håller ihop de olika lektionerna och som gör att eleverna lättare kan koppla tillbaka till det som de gjort under tidigare lektioner.

En av de mer intressanta sakerna är att det tycks vara så att läraren anser att "teorin om ljus" både håller ihop området ämnesmässigt och undervisningsmässigt. Det är inte så överraskande att en naturvetenskaplig teori håller ihop ett ämnesområde, men att det dessutom skulle hålla ihop och underlätta undervisningen är mera förvånande. Om denna lärare har rätt att, som i detta fall, en ämnesdidaktiskt förändrad naturvetenskaplig teori anpassad till grundskolan, skulle underlätta planeringen av undervisningen och göra elevernas lärande bättre är det ett genombrott när det utveckling av naturvetenskaplig undervisning.

En annan intressant sak är att det inte i denna andra intervju kommer fram något resonemang om elevernas eget sökande efter information för att från denna bygga kunskap. Det nämns inget om att söka i olika böcker eller på Internet. I den första intervjun var det ett önskemål att gå mot att eleverna skulle få större eget ansvar för just detta. Istället fokuseras nu "teorin om ljus" som den viktigaste källan till elevernas kunskapsbyggande om optik.

14.1.3 Fall 3. Lärare 2, Anna. Intervju före experimentundervisning

Undervisning om optik brukar uppta ungefär 10 timmar och undervisningen är organiserad i 20-grupper. Eleverna har tillgång till flera olika läroböcker i klassrummet och de används mer som uppslagsböcker än som något man följer lektion för lektion. Optiken betraktas som ett viktigt och roligt område.

Läraren berättar om ett ganska fritt arbetssätt där eleverna får instruktioner om vad som skall göras i lite större drag och där läraren under vissa lektioner berättar vilka laborationer som skall genomföras. Eleverna experimenterar relativt självständigt och läraren går runt bland dem och hjälper till. Eleverna söker själva reda på de fakta som behövs för att lösa laborationerna.

Jag arbetar väldigt fritt så dom har egentligen, jag har i och för sig, inte helt fritt, för jag har skrivit upp det här och det här måste vi gå igenom och sen har dom fått liksom ta eget ansvar där. Vissa laborationer har jag också gett förslag till vad som ska göras, men när dom har gjort dessa laborationer så har det varit upp till dom själva och hur dom tar reda på fakta till den laborationen så är det ju så att jag inte har stått och mässat till hel klass och sen har allihop gjort en laboration. Utan det har mera varit att jag har liksom gått runt till dom olika grupperna därför blir diskussionen som är då lite beroende på vilka man pratar med.

Till detta används böcker både i salen och från biblioteket. På senare tid har även Internet börjat användas och läraren bedömer att det

kommer att vare en källa som kommer att finnas till hands i större utsträckning i framtiden.

När vi diskuterar vad som är viktigt att eleverna lär sig om ljus betonas vad ljus är för något, varför man kan se saker, reflektion och något om linser och var alla färger kommer ifrån. Ljus som strålar och vågor berörs. Enstaka grupper behandlar även att ljus har partikelegenskaper.

... Jo men det har vi i och för sig gjort för vi har pratat, det vi diskuterar då är det att i vissa sammanhang så kan man se det som en våg, att den utbreder sig som en våg och i vissa sammanhang för att förklara skillnader kan man se som att det är en stråle då. Det är mer för att förklaringen där ska bli enkel för dom och dom har köpt det tror jag. Jo det har dom gjort. Vi har aldrig haft någon diskussion om det egentligen. Jo jo, mera än att det kan va, i vissa sammanhang kan man då förklara på olika sätt. Och att det kan vara ...

Mot slutet av arbetsområdet genomförs ett fördjupningsarbete där eleverna arbetar självständigt med experiment och faktabearbetning. Läraren ger olika förslag på fördjupningsområden. Exempel på områden kan vara att bygga en kamera, bygga en kikare, lära sig om laserljus, ögat och polarisationer.

Inom optik är det lätt att finna många vardagsanknytningar. Det gör också området roligt.

Läraren använder sig av Mind-map för att få reda på vad eleverna kan före man börjar med området, men också för att "definiera området". Ofta kommer det som läraren tänkt sig att bearbeta fram i dessa "Mind-maps". Dessa används också för att följa upp om man klarat av allt man tänkt sig mot slutet av arbetsområdet.

En liten mindmap, det brukar jag alltid ha, tycker det är jättefint. Jo man får reda på väldigt mycket av det och då vet man lite grand var dom själva står och sen så ger jag då förslag på dom hära områdena som ändå jag faktiskt... Men mycket i det här området kommer ju alltid deras frågor i detta då.

--

Jo, den (mindmappen) påverkar för det första påverkar den ju mig väldigt mycket. För jag vet ju när jag direkt kan gå på kärnpunkterna så att säga eller ja vad dom har med sig, men sen brukar det alltid komma upp frågor tycker jag och det påverkar ju också kommer ju upp på allt... upp frågor som dom hör är mycket som dom speciellt inom optiken hör dom ju massa saker "Har inte detta också.." och då påverkar ju det för att så fort det kommer in i själva sammanhanget så tar vi ju upp det som dom så jag brukar alltid skriva upp mindmapen och sen så går vi tillbaka och har den på overhead också tittar vi vad vi har betat av och så om det är några frågor eller så. Jo så den påverkar ju så den är med hela vägen och sen i slutet lägger man på den "har vi fått med allt?" och så.

Frank Bach

Eleverna har olika förkunskaper, intresse och förmåga. De får arbeta på sin egen nivå. Ofta går det bra att experimentera och skriva om detta och de fakta som behövs, men svårare att förklara.

I: Finns det några områden inom optiken som du upplever att dom upplever som svåra?

L: Ljusets brytning då du kan ju i och för sig vis det men förklara det är ju inte så himla lätt. Det beror ju också på grupperna självklart. Men just dom här fenomenen som blir med brytningen.

I: Även då, du pratade om linser, bilder som skapas kameran och ögat och .. Gör ni något speciellt där?

L: Ja, vi tittar ju på hur bilden blir med olika linser blir det alltid en bild eller kan man jämföra dom eller så där. Nä, men det är sånt tycker dom är roligt. Så därför har vi liksom inte ... man har inte upplevt att dom tycker är så svårt egentligen.

I: Nä, men just brytning det är det som du upplever att dom tycker är knepigast?

L: Ja, just förklaringar, ja just det. Dom ser ju detta fenomenet och dom vet ju så väl när man tar olika situationer, men varför.

Läraren har upplevt att ljusets brytning upplevs som svårt av eleverna. Särskilt att förklara ljusets brytning. När det gäller avbildning m.h.a linser tycker eleverna att det är roligt och därför har inte läraren upplevt att eleverna tycker det är svårt.

När vi kommer in på önskade förändringar pratar läraren om att försöka få innehållet inom optiken att flyta in naturligare i en undervisningsidé där man jobbar med utveckling (universums, jordens, livets) som röd tråd. På det sättet menar läraren att optiken skulle komma in på flera olika ställen under den senare delen av grundskolan och inte som ett isolerat avsnitt.

Ja just det för nu innan har vi ju bara undervisat i det här sjoket liksom nu har vi optik här i tre veckor och så betar man av allting också kommer ögat in där då snyggt i slutändan då i stort sett så känns det lite grann, men nu så dom här sjuorna som är nu då dom får ju jobba utifrån utvecklingsteorin så vi har gjort en tidsaxel så vi börjar från big bang och sen går vi vidare och där tror jag att optiken kommer ju inte komma in som ett sjok utan den kommer komma in i olika skeden i mänsklighetens utveckling eller jordens, världens utveckling och då kommer vi behandla det tror jag på ett helt annat sätt än vi gör idag.

Vid intervjutillfället har man påbörjat detta arbete med några sjuor. Arbetet var inriktat mot fotosyntesen och det skulle inte vara aktuellt att optiken skulle komma in redan i årskurs 7 eftersom den kom senare i utvecklingen. Efter en stunds resonemang med sig själv nämner

läraren att det har med ljus att göra och att det redan tidigare kunde ha varit aktuellt när de talade om solen.

Nej, vi har inte kommit så långt än faktiskt. Vi har ju fått ... detta är ju ett projekt som vi arbetar med så nu skall vi ju ha lediga (blump på bandet). Ja just det, jo så dit vi har kommit nu då det är alltså, vi har kommit till växt- och djurcellen egentligen så det vi skall arbeta mycket med nu är hur våren kommer att se ut och då kommer ju inte vi att komma till människan utan nu är det ju fotosyntes och den biten. Så vi har alltså inte hunnit så långt än så optiken kommer ju inte komma här i sjuan. Men när den kommer in, tidigast då vad skall man tänka sig människan kommer ljuset, jag skulle kunna tänka mig att kanske tittar lite, ja detta är ju bara vad jag, men när dom börjar bli väldigt, när dom blir beroende av ljus och mörker egentligen då kommer ju det första in möjligtvis såvida du inte tar in det på solen, titta nu spånar jag ju bara.

Former för utvärdering varierar en del. Ofta räcker det med att läraren följer elevernas arbete genom att gå runt och prata med dem och se hur de sköter sina anteckningsböcker. Om gruppen inte är tillräckligt självständig förekommer det att läraren ger skriftliga prov.

L: Ja, det tar jag faktiskt lite grann på vilken grupp jag har liksom dom jobbar fritt och jag kan gå runt och det fungerar bra alla jobbar ut ifrån dom förutsättningar som finns och dom fungerar bra så räcker det egentligen att dom gör bra anteckningar att jag läser igenom alltihopa sen skulle man göra i en annan grupp som kanske inte arbetar på samma sätt lika självständigt där så testar jag det med prov skriftligt. För det är också lite grann på vilken grupp man har.

I: Det betyder att du inte alltid har skriftliga prov i klasserna eller inom varje område i alla fall?

L: Nä, det är inte säkert det beror ju på om jag märker att om jag har haft den tiden att gå runt och prata med allihopa så att jag ändå har något över gruppen så behöver jag ju inte ha det plus att dom skriver snygga och prydliga eller snygga och prydliga behöver dom inte vara men innehållet är bra i deras anteckningar så räcker det tycker jag. Behöver inte alltid vara skriftligt. Sen kan man ha ett skriftligt läxförhör emellanåt så som komplement då bara.

14.1.3.1 Tolkning

Organisationen går ut på att elever och lärare gemensamt via en mind-map kommer fram till vad ett arbetsområde skall handla om. Därefter kommer läraren med förslag på vilka experiment som kan göras och vilka delområden som alla skall bearbetas. Ansvaret för bearbetningen och lärandet läggs i stor utsträckning hos eleverna. De skall själva experimentera och leta efter fakta i böcker, bibliotek och numer också på Internet samt skriftligt redovisa vad de kommer fram till. Elevernas arbete följs upp genom att läraren rör sig runt bland eleverna och pratar med dem om vad de gör och kollar att anteckningar görs "snygg och prydligt" och med vettigt innehåll.

I lärarens sätt att tala om undervisningen finns ständigt med att eleverna skall söka sitt eget kunnande genom experiment och letande efter fakta i olika källor. Det finns information i böcker, experiment och på Internet att hämta. Informationen överförs till eleverna och formas på något sätt om till kunskap via anteckningar.

Med visst fog kan man påstå att denna lärare redan i stor utsträckning genomfört en del av det som är eftersträvansvärt i propositionen till en ny lärarutbildning (Utbildningsdepartementet, 2000).

De delar som handlar om elevernas självständiga sökande efter information kan sägas vara väl representerade i lärarens undervisning. Däremot är det inte alls lika tydligt med det som handlar om att "ge barn och elever förutsättningar att utvärdera, kritiskt granska och bearbeta inhämtad information till användbar kunskap. Kunskap finns inte i förpackad överförbar form utan är något som den enskilde själv tillägnar sig" (Utbildningsdepartementet, 2000). I och för sig kanske det inte är så konstigt att detta inte kommer fram så tydligt i intervjun. Det är betydligt lättare att låta eleverna själva söka efter information än att ge dem förutsättningar att utvärdera, kritiskt granska och bearbeta information till användbar kunskap. Elevernas möjligheter att kritiskt granska, utvärdera och bearbeta information till kunskap är beroende av vad de redan kan inom området.

I de passager i intervjun där vi diskuterar innehållet i optiken mer utgående från teoretiska sätt att betrakta ljus och ljusets utbredning är det oklart vilka mål läraren har för vad eleverna skall lära sig. Olika modeller används i olika situationer utan att detta diskuteras uttryckligen med eleverna. Modellerna används där de passar bäst för att förklara något som är aktuellt just för det aktuella tillfället.

Läraren menar att eleverna är duktiga på att genomföra experiment och skriva om dessa och de fakta som de hittar på olika ställen om dessa experiment. Däremot anser läraren att de har mycket svårare att förklara. Det är slående hur läraren redogör för svårigheter att förklara brytning samtidigt som eleverna inte tycker att det är svårt med avbildning med hjälp av linser. I det senare fallet rör man sig på en nivå där alla kan uppleva avbildning på något sätt och det är inte svårt, medan att förklara brytning är svårt. Utan att vara medvetna om det under intervjun rör vi oss på två olika plan samtidigt. Det ena handlar om upplevelser av fenomen i sig och det andra om modeller för att förklara dessa fenomen. Jag tycker det är tydligt att eleverna bara högst sporadiskt får möjlighet att komma i kontakt med förklaringsmodeller och ännu mer sällan en diskussion om vad en naturvetenskaplig teori är för något.

14.1.3.2 Intervju efter genomförd experimentundervisning

Läraren uppfattar problemsamlingen positivt. Eleverna arbetade med problemen i grupper och diskuterade livligt och engagerat. Problemen började med "grunderna" och byggde vidare steg för steg och detta upplevdes som positivt.

De flesta eleverna upplevde Ludvig, Lisa och ljuset som lite barnslig och efterlyste mera fakta. De reagerade lite över det sociala inslagen med Ludvigs och Lisas besök på fiket och liknande saker. Ett mindre antal elever (kanske 4 st.) tyckte att denna texten var bättre än vanlig lärobokstext

...om man skall säga att de här killarna som har väldigt lätt för sig, de tyckte att Lisa och Ludvig var lite barnslig så, för de ville ha TEFY, de ville ha faktan, det var för lite fakta i den, upplevde de då. Sen kan man resonera om vad faktan då, vad innehållet är. Men de ville ha det hära korta avsnitt, överskriften och så, men det fanns inte i den då. Utan det var mer resonemanget. Så de hade hellre velat ha det så att de hade haft den, men ändå tyckte de att det var väldigt bra med gruppövningar och sån't, så det var positivt, men just materialet där, Lisa och Ludvig kändes så lite.... men det var inte alla i och för sig men, det var de reaktioner man fick spontant så.

--

Ja, det var en generell reaktion. Det var kanske bara en fyra stycken som tyckte att Lisa och Ludvig var bättre. Det var generellt.

Det blev färre laborationer och fler demonstrationer. Beskrivs dels som lite traditionellt (och detta ogillas normalt av läraren) att alla skall göra samma sak samtidigt och på samma sätt, dels som en positiv upplevelse genom att eleverna formades i grupper som diskuterade problemen och experimenten ingående före det att man gjorde en gemensam demonstration som diskuterades gemensamt. Dessa gemensamma aktiviteter blev ofta bra på grund av resonemangen som alltid kopplades till "grunderna". Använde sig ofta av assistenter som fick vara med och demonstrera, så läraren upplevde att eleverna "ändå var med i laborationerna".

Deras eget laborerande blev väldigt nerminskat, men i detta läget, i detta området tror jag inte att det är något negativt. För här är det mycket... här handlar det om att de skall förstå något som faktiskt kan vara rätt så svårt att förstå och hellre kanske lägga det på den diskussionen ... de upplevde att det var väldigt positivt.

... för det första rent praktiskt är det bra ... optikmaterial på våran skola är inte så stort utbyte, så det var bra att jag kunde ha en demonstration och att de fick

Frank Bach

först fundera och sedan kunde jag visa och så hade vi ett resonemang tillsammans. Det tyckte jag var väldigt positivt, det underlättade väldigt, faktiskt.

... nu fick de sätta sig i grupper så det blev lite annorlunda, var och en fick ju ändå fundera och sedan så gjorde man ju det. Och alla fick ju redovisa. Innan jag gjorde fick ju de redovisa vad de trodde. Det var ju inte så att jag gjorde och sedan fick de redovisa vad de trodde, utan vi diskuterade innan. Jag tycker nog att det blev väldigt bra, för de ... även om jag gjorde det, så var de med i... Sedan tar jag ju alltid fram lite assistenter och sån't då. Så jag upplevde ändå att de var med i laborationerna. Jag tycker inte det var någon nackdel.

Läraren upplevde lärarhandledningen som väldigt klar och tydlig, utom i slutet, där det handlade om avbildning. Handledningen behöver förbättras på den punkten för poängen med avsnittet framgår inte. I detta fall löstes det genom samtal.

Lärarhandledningen var väldigt tydlig och klar, jag upplevde att den var bra. Det var i slutet ... i slutet var det här med avbildning och sån't som inte var lika klart och tydligt och då vet jag att jag pratade med dig om det för vi träffades ju någon gång där och då sade du att ni höll på att arbeta med det för att ni visste att det var...

Läraren har använt lärarhandledningen dels som stöd i planeringen av undervisningen, dels som förberedelse för hur eleverna kan reagera. När det gäller det senare har avsnitten om hur elever kan resonera inom olika delar av optiken använts som kommentarer i samband med demonstrationer och diskussioner för att göra det tydligare för eleverna.

Den läste jag ju och sedan så ... om det nu är samma som vi tänker på, men jag läste ju den och så hade jag ju den som bakgrund för mig själv när jag in i klassrummet och gjorde det tydligare det som stod där om hur de tolkar saker och ting så poängterade jag ju det när jag hade en laboration eller någonting, många av de här sakerna som det stod om hur de kunde uppfatta det då och gjorde det klart för dem så att det blev tydligare för eleverna. Så använde jag det.

Läraren ingår i ett utvecklingsarbete på skolan där man vill sluta att undervisa NO i områden som optik, Ekologi och liknande. Istället vill man utgå från en tidsaxel som röd tråd i undervisningen. Utprovningen av optikmaterialet passade in i lärarens personliga utveckling och det hon lärt sig handlar om snuttifiering kontra sammanhang och resonemang. Hon vill i och för sig inte undervisa om optik som ett område utan ha utvecklingen som sammanhållande länk genom hela undervisningen.

I: Detta råkade passa in i den allmänna förändringen? Kan man säga.

L: Ja, faktiskt. så jag kan säga att jag kände ju mig ... jag menar, det var ju där i min frustration låg. I den här NO-gruppen som jag hade, även om jag undervisar i alla ämnena så var det fortfarande ändå så att jag betade av och ändå det momentet så betade man av och det var då jag fick krupp där på våren. Så vill jag inte ha det.

--

...det här med optiken med det resonemanget så, låg lite grann i tiden för mina tankar.

Det är skillnad mellan hennes vanliga optikundervisning och denna genom att här "tvingas eleverna in i ett engagemang" genom uppgifterna där man diskuterar fenomen inom optik ordentligt innan man börjar experimentera.

Det som jag kan känna positivt då är de här att man satt i grupperna och diskuterade vilket gjorde att alla var delaktiga, det var skillnad. Om de hade gjort det själva så hade jag fått stå med blåslampa kring andra och de hade liksom gjort på ett annat sätt. Nu tvingar man liksom man in dem i ett engagemang, det var skillnaden.

Lärandet är också mer kopplat till idén om ljusstrålen och man återkommer till denna idé gång på gång. Eleverna refererar ofta bakåt till det man gjort tidigare och kopplar det nya till tidigare erfarenheter. I lärarens vanliga undervisning är lektionerna mer isolerade ifrån varandra för eleverna. Varje lektion är i större utsträckning ett avslutat kapitel. Först en sak, sedan en annan och för eleverna hänger det inte ihop lika bra som med detta sätt att undervisa. Även om läraren annars försöker sammanfatta och knyta ihop efter ett tag har hon förlorat en del på vägen, känner hon.

...Om vi säger, då hade jag verkligen den här snuttifieringen, nu skall vi läsa optik och så stod jag där med olika varianter på faktaböcker som de skulle få låna, och så fick de välja, vi tittade igenom och vi diskuterade lite grann...

--

...just det här med hur man kunde tänka med strålar och det här med att ljuset att gick rakt och den första biten lade man ner rätt mycket tid på hur de kunna tänka sig och det blev då väldigt klart och tydligt för se'n då när man hade de här uppgifterna som de skulle sitta och fundera på som de här första sakerna. Det var väldigt klart och tydligt för dem så de tyckte inte att det var så svårt. Eftersom man hade lagt ner rätt mycket tid på det här första då med strålar och ljusets egenskaper, så upplevde jag det. Så när de här problemen kom så var det inga problem.

Hm Men det som var skillnaden var att man väldigt klart tydliggjorde det här med stråle, hur man kan hantera den och hur man kan tolka den, du vet det här

med när man ligger på klippan och allt det här och hur ljusets egenskaper det här med att det stoppas och sådant. Det gjordes klart väldigt tydligt och det var grunden till väldigt mycket sedan som vi gick igenom. Alla de problem som kom sen så var det ju grunden, eller hur.

Och det upplevde jag ju att därför så även de här svårare momenten som kom i slutet blev väldigt klart för eleverna. I vanliga fall så kanske man liksom inte... självklart så visar man detta också, det gör man, men man ... i varje resonemang så poängterar man inte det så på samma sätt som man gjorde den här gången. Vilket gör att andra moment som man tar är gammal så att säga, gör att det blir inte lika klart, förstår du vad jag menar? Jag upplevde att varenda gång man tog in ett nytt moment om man nu följde den här då, så var det liksom en liten sak som kom ny sen kunde de hela tiden ta sin erfarenhet för att lösa problemet och det tycker jag var bra. Kör man den här lite gamla då Tefy-varianten så är det inte lika självklart allting. Där är det liksom ett moment, så testar man av det och så tar man ett moment och så testar man det och så ett nytt, så.

--

Man betar av mera, så lägger man det åt sidan, men här är det lite ... det bygger ju lite grann ... och du använder ju hela tiden det hära ... med strålen och liksom du använder det i allting det blir liksom inte så väldigt mycket nytt på alla de problemen som var, upplevde jag det. Och det var det jag tyckte var bra, de här övningarna där de fick...

Fler elever är aktiva i diskussionerna, fler hänger med på vad det handlar om.

Eleverna har samlats i grupper som fått diskutera problem och även kommande experiment. Varje grupp har innan ett experiment genomförs som en demonstration redovisat hur de tänkt. Därefter har läraren ofta tillsammans med någon assistent genomfört en demonstration och diskuterat den noggrant utgående från idéerna om ljustrålar och hur dessa beter sig i olika situationer. Fler gemensamma diskussioner och större återkoppling till vad som har gjorts tidigare än normalt

14.1.3.3 Tolkning

Läraren undervisar på ett helt annat sätt än hur hon brukar undervisa optik. Innehållet är också annorlunda. Hon har ändrat strategi från att eleverna fått välja mellan olika laborationer och uppgifter för att göra dem i egen takt och efter eget huvud till att formera grupper som arbetar med samma uppgifter för att följa upp med gemensam demonstration som fördjupning av gruppernas diskussioner. Hon upplever detta som positivt och redovisar vilka fördelar detta sätt har haft för henne och hennes elever samtidigt som jag anar att det finns en konflikt för henne i detta. På något sätt verkar det som om hon vill

att eleverna skall agera mera självständigt än vad som blivit fallet här, samtidigt som hon är rätt nöjd.

Det finns inte längre några drag av att eleverna själva söker efter fakta i bibliotek, böcker eller på Internet i intervjun. Istället står nu elevernas samtal om olika fenomen och föreställningar om dessa fenomen i fokus för undervisningen. Dessa kompletteras med gemensamma diskussioner före, under och efter demonstrationsexperiment, där läraren följer upp och bygger vidare på elevernas resonemang. På ett sätt kan man säga att detta är ett sociokulturellt förhållningssätt till undervisning. Det påminner om det som Roger Säljö efterlyser i "Lärande i praktiken" (Säljö, 2000b):

Istället måste det skapas ett kommunikativt sammanhang där det sätt att uttrycka sig och tänka som formlerna och lagen innebär blir levande och fyller en påtaglig funktion. I bästa fall kan skolan bli den miljö där detta sätt att kommunicera blir naturligt, men det är inte helt säkert att detta fungerar. ... (sid 79)

Nästa mycket intressanta karaktärsdrag hos undervisningen som kommer fram i intervjun är att nu refereras det till en teori om ljuset och dess utbredning i de flesta sammanhang. Läraren beskriver att området byggs upp med små steg för eleverna. De påpekar ofta för läraren att de känner igen resonemangen från tidigare och kopplar spontant ihop innehållet i de olika lektionerna med en sammanhållande teori. Läraren beskriver att denna teori gör att problemen ofta blir lätta för eleverna att lösa.

Behovet av att söka efter fakta på en mängd olika sätt har minskat i och med att man istället försöker lära sig att använda en naturvetenskaplig teori. En teori som introduceras i en avskalad, enkel form för att efter hand byggas ut. Den naturvetenskapliga teorin blir samtidigt både mål och medel i undervisningen. Det är den man skall lära sig att använda samtidigt som den håller ihop de olika inslagen i undervisningen.

Tidigare har eleverna jobbat två och två i grupper som laborerat självständigt och kompletterat detta med att leta efter fakta som stöd för laborationerna. Denna konstruktion gör att de har relativt få kontakt-tytor med andra föreställningar än sin egen och klasskamratens. Kortare stunder av har de också fått tillgång till läraren i diskussionen. Nu har man istället, lite mer ingående, fyra och fyra diskuterat hur de uppfattar ett fenomen och sina "teorier" om fenomenet ifråga. Läraren fortsätter med att lyfta fram alla dessa resonemang. Alla får höra hur de andra grupperna har resonerat. Därefter kollar man med experiment och diskuterar utifrån gruppernas tidigare resonemang och med en tydlig koppling till en naturvetenskaplig teori. De får chans att

möta fler sätt att se på samma fenomen. De får också tillfälle att jämföra dessa med den naturvetenskapliga teorin.

Inom fenomenografin har man under senare år alltmer lyft fram variation som en viktig faktor för lärandet. Möjligheten att samtidigt ha tillgång till flera olika sätt att betrakta ett fenomen och kunna urskilja de olika aspekterna betraktas som avgörande för hög kvalitet i lärandet (Bowden & Marton, 1998). Genom lärarens organisation av undervisningen betonas dessa aspekter betydligt mer i experimentundervisningen än i hennes normala undervisning i optik.

I detta sammanhang har läraren läst på i lärarhandledningen om forskningsresultat när det gäller vanliga elevföreställningar (eller vanliga sätt att kommunicera om dessa fenomen). Detta gör att hon varit förberedd på många av de resonemang som eleverna kan föra. Hon har också använt det hon läst för att berätta om olika föreställningar om det som de diskuterar för tillfället. Detta för att göra det tydligare för eleverna. Förfaringssättet påminner om hur man medvetet använde forskningsresultat om olika föreställningar om evolutionen för att testa om man kunde förbättra undervisningen genom att efter man presenterat de vetenskapliga rönen jämförde dessa med vanliga alternativa föreställningar. Värdet av denna metod är dock inte alldeles entydigt (Bishop & Anderson, 1990; Demastes, Settlage, & Good, 1995). I den ena studien (Bishop & Anderson, 1990) förändras andelen studenter som svarar på ett tillfredsställande sätt från 25 % - 50 %, medan man i den andra (Demastes m.fl., 1995) inte kunde notera någon förbättring.

Sammanfattningsvis kan man säga att denna lärare har ändrat sin undervisning från att eleverna själva skall söka efter information till att engagera dem i diskussioner om sina föreställningar och medvetet lansera en teori om ljusets existens och utbredning.

14.1.4 Fall 4. Lärare 4, Boel. Intervju före experimentundervisning

Boel har använt TEFY, Försök och Fakta och även NO-kombi, men det var länge sedan. Vid tillfället för intervjun hade hon börjat titta närmare på Spektrum och var intresserad av den. Böckerna används olika för olika grupper och i olika situationer. Dels som faktabok att slå och att ha tillgång till när de jobbar friare, dels periodvis följs den som lärobok.

Cirka 10-12 timmar är normal tidsåtgång för optik, men planeringen tillåter avvikelser från detta om det behövs. Boel anser att området, tillsammans med akustik, är viktigt. Tycker själv också att det är roligt,

särskilt med experimenten. Eleverna tycker laborationerna är roliga, teorin upplevs ofta som svår (och då kanske tråkig).

Ja, det är kul! Man kan ju göra rätt många roliga experiment med det, man kan visa fina saker, man kan uppleva, man kan se t ex det här med att ljuset bryts i vatten. Det är så påtagligt! Ja, jag tycker det är roligt!

--

Jag menar att experimenten är roliga, men jag upplever det som att många tycker att teorin är svår. Då försöker man ha en avvägning däremellan då.

Undervisningens organisation har varierat år från år. Ibland en del halvklass men på senare tid ofta helklass det mesta av tiden. Detta år hade eleverna en helklass och en halvklass varje vecka. Lektionerna är 40 minuter långa. Hon vill ändra till 20-grupper och längre arbetspass, kanske 60 minuter.

Arbetsättet varierar beroende på klasserna, ibland fritt med undersökande arbetsätt där eleverna får upptäcka själva och ibland mer styrt med avgränsade uppgifter och tydliga instruktioner om vad som skall göras och hur. En del svaga elever behöver noggrannare instruktioner. Anser att även klasser är som individer och får därför mötas på olika sätt. Somliga behöver styrning och andra trivs bättre med friare arbetsätt.

Det är också olika från klass till klass. Ibland kan man låta dom undersöka vissa saker själva, pröva linser, bara som att ställa ut, och låta dom upptäcka själva. Men det kan också bli ganska rörigt med vissa klasser, en del är kanske vana vid det, men andra klarar inte av det, och då styr jag upp ganska, vad ska man säga, talar om, ger inte så många frihetsgrader, utan begränsar frihetsgraderna för att man ska komma framåt.

På en fråga om vilket Boel föredrar själv svarar hon:

Jag föredrar egentligen inget, utan det beror på eleverna. Om man inte har.. om man kan tillåta att det kan bli, att det kan gå lite långsamt och det kan bli lite rörigare ibland, så kan det i stället bli lite roligare, men det är inte alltid det fungerar, tycker jag. Jag föredrar egentligen inget, utan det kan vara vilket som, tycker jag. Men för vissa elever blir det lättare när dom slipper för många frihetsgrader på (ohörbart ord på bandet), för dom svaga tycker jag att det stämmer bra då.

Efter en Mind-map för att få reda på vad eleverna kan och är intresserade av inleder Boel ofta området med att placera en ljuskälla någonstans i klassrummet och utifrån denna diskutera med eleverna färger och hur föremål reflekterar. Hon utgår från experiment för att senare ta teorin.

Frank Bach

Undervisningen om optik innehåller en del om vetenskapshistorisk utveckling inom optikområdet. Även ljuskällor, reflektion med färger, spektrum och brytning av ljus i linser och allmänt i olika medier samt kameran ingår. Innehållet kan variera lite beroende på elevgruppen. För en del elever något om ljusets natur, då om ljusets vågnatur. Detta tas normalt inte upp för alla, men en del intresserade elever kan få jobba med detta. Avsnittet avslutas genom att bildkonstruktion med strålgång tas upp.

Boel anser att ovanstående innehåll är viktig allmänbildning. Det är väsentligt att eleverna skall kunna läsa tidningar med naturvetenskapligt innehåll.

...ja, jag tycker det är viktigt. Vad ska man säga, det finns en grund.. en kärna som jag tycker är väldigt viktig för alla att ha med, åtminstone lite av det, för allmänbildning, för att kunna förstå när man läser förhoppningsvis, naturvetenskapliga tidsskrifter, en artikel eller någonting, att man kanske känner igen en del av det. Ja, jag tycker att det är viktigt.

När det gäller elevernas förkunskaper och vad de har svårt med menar Boel att det varierar en del mellan olika individer. Hon märker ibland att en del elever använder sig av synstrålar, men det är inte så många och det är rätt lätt för dem att tänka om. Däremot har många svårt att lära sig om hur ljuset bryts, särskilt begreppet normal och hur man använder det. Det är även svårt med hur en bild kan vändas upp och ned med hjälp av en lins. Boel har läst EKNA-rapporten om ljuset och dess utbredning och använder en del material från denna.

Jag tycker inte, det skulle vara den här uppfattningen som man hade för länge sedan, att man sänder någon slags ljusstrålar, att det går ifrån ögat och ut istället för tvärtom. Men jag tycker inte att det är många som har den uppfattningen. Utan dom flesta vet nog att det är ljus som träffar ögat.

--

Dom har en förutfattning så klart. Men dom accepterar väldigt fort det här att vi ser på grund av att ljuset reflekteras mot föremål. Det är någonting som jag tycker är väl ganska enkelt.

--

Ta t ex det här med hur ljuset bryts, att lära sig normal, att det bryts mot normalen ju tätare medium, det är inte så lätt för alla. Teorin kan vara svår för en del, upplever jag det som. Det var ett exempel då. Men att se det, att se hur ett föremål förflyttas när man fyller i vatten t ex. Det är ju ganska spännande att uppleva det. Men sen när man kommer till teorin kan många tycka det svårt, upplever jag det som.

Boel vill utgå mer från elevernas förkunskaper, kanske försöka finna grupper av elever som resonerar på liknande sätt och placera dem tillsammans för att arbeta från den bas de står på.

Ja, det är ju det här att man kanske utgår ännu mer från elevens förkunskaper då på något sätt och försöker fånga upp dom i ännu mer utsträckning och så man hade förmågan då kanske...ofta är det så, tycker jag, åtminstone på mina lektioner, på våra lektioner då, att det är ju en styrgrupp i klassen va? Och så försöker man hinna med dom duktiga som svarar också va. Men på något sätt, åtminstone när vi har gemensamma genomgångar, så är det en styrgrupp som drar. Om man kunde komma ifrån det på något sätt också utgå mer från varje individ, eller varje grupp av individer då, som kanske befinner sig på ungefär samma nivå... men det krävs ju mycket arbete för att jobba på det sättet. Och hur ska man nå dit? Mer tid!

I intervjun ombads Boel beskriva vad hon tänker på när hon planerar ett avsnitt om reflektion. Hon svarade så här:

Ett avsnitt om reflektion, vad jag brukar tänka på då? Jag försöker utgå ifrån att man gör experiment eller att försöker visa på något sätt va!? Nu var det länge sedan som jag var inne och undervisade i optik, men jag vet ju det att i många grupper så... Att ha ljuskällor, eller .. jag börjar nästan att liksom gå ut i klassrummet och sätta va och så sätter man in en ljuskälla och så kan man t ex titta på hur den ljuskällan, vad den ger för uppfattning om färger, eller föremål som reflekterar och inte reflekterar och varför dom reflekterar och varför dom inte reflekterar. Och det där kan man ju börja med att visa praktiskt och se'n gå över till att jobba med teorin. Reflexer! (Mummel) Ett resonemang om hur långt en ljuskälla når, det är rätt spännande att se om Du tänker Dig det. Och se'n någonting på väggen som reflekterar, hur man kan förstärka det. Se'n kommer infallsvinkeln, reflektionsvinkeln, den kommer in här också.

För att utvärdera elevernas lärande använder Boel muntliga och skriftliga förhör av läxor. Även laborationer är en slags utvärdering. Skriftliga prov används mot slutet av arbetsområdet. Hon genomför även muntlig utvärdering av undervisningen och funderar över om det kan vara några fördelar med skriftlig utvärdering. Skulle vilja ha någon slags kontinuerlig utvärdering.

Utvärdering är ju muntliga och skriftliga förhör och laborationer, dom redovisar då, men se'n brukar vi ha ett prov mot slutet, teoretiskt prov alltså. Men jag bara funderar på om man kan lägga in någon slags annan utvärdering också om hur dom upplevde undervisningen. Vad dom tyckte var bra och dåligt och så. Men det har man ju... har jag med mina elever många gånger muntligt samtal om det. Men det är ändå inte samma sak som att få skriva anonymt kanske. Det handlar också om tid. Så att jag skulle vilja ha dels den här kontinuerliga uppföljningen då va, eller utvärderingen. Jag slutar nästan alltid med ett prov, ett skriftligt prov, men jag skulle också vilja följa upp hur man upplevde undervisningen. Jag tror att det är bra för oss alla.

14.1.4.1 Tolkning

Boel tycker själv att optik är roligt på grund av alla de påtagliga experiment man kan göra. Det är lätt att anknyta till vardagen och att göra fascinerande saker för eleverna att uppleva. Det är också det hon uppfattar att eleverna tycker är roligt. Däremot anser hon att teorin

upplevs som svår. Därför försöker hon balansera mellan teori och praktik för eleverna. På grund av de svårigheter som finns med att få eleverna att förstå teorin blir undervisningen relativt mycket inriktad på experiment och upplevelser. Teorin blir med största säkerhet inte ett användbart redskap för eleverna.

Genom hela intervjun är Boels intresse för elevernas behov närvarande. Hon har en idé om att använda en mind-map före undervisning för att ta reda på vad eleverna kan och vad de är intresserade av jobba med. När de närmar sig slutet av området tas denna fram igen för att kolla om eleverna är nöjda eller om det återstår frågor och ta dem då. Boel är också relativt väl medveten om att eleverna har olika föreställningar om fenomen inom optiken. Dessutom uttrycker hon vilja att utgå mer från elevernas föreställningar i planering och genomförande av undervisningen.

Det hittills nämnda har tydliga inslag av ett konstruktivistiskt sätt att resonera. Ett av de mer grundläggande karaktärsdragen i denna är ju betydelsen av förföreställningarna när man lär sig något. Men det finns också flera inslag i intervjun som lutar mer åt en empiristisk tolkning av hur det går till när man lär. Exempel på detta är när Boel pratar om undersökande arbetssätt som ett sätt där hon ställer fram materiel som eleverna får arbeta fritt med, låta dem upptäcka själva. Eller att hon gärna utgår från experiment i undervisningen för att visa något fenomen och därifrån ta sig till teorin. De observationer eleverna gör av sådan experiment problematiseras inte. Det kan bero på den naturliga tanken att alla ser samma sak när de studerar ett experiment och att det därför är relativt okomplicerat att komma till teorin från observationer.

Det finns alltså å ena sidan en önskan om att utgå mer från elevernas föreställningar och å andra sidan låta dem upptäcka själva. Dessa båda önskemål är inte lätta att uppfylla samtidigt. Upptäckandet är teoriberoende (m.a.o. beroende av vad man kan). Självklart undersöker eleverna själva utgående från sina föreställningar, men risken är att dessa förblir dolda samtidigt som de utgör grunden för vad eleverna lär sig och därmed inte tillgängliga för läraren.

När vi kommer till det praktiska genomförandet av undervisningen verkar det som om de mer konstruktivistiska idéerna inte får så stort utrymme. När Boel beskriver vad hon tänker på när hon planerar ett avsnitt om reflektion finns det inte med något om elevernas föreställningsvärld om detta fenomen. Hon har en plan för undervisningen där hon utifrån ett demonstrationsexperiment visar hur ljus breder ut sig och reflekteras. I denna plan nämns inget om elevernas intressen eller föreställningar. Jag är övertygad om att intresset för eleverna är stort

och äkta, men elevernas föreställningsvärld förefaller inte vara integrerad i den praktiska undervisningen.

14.1.4.2 Intervju efter genomförd experimentundervisning

Överlag anser Boel att det varit roligt och stimulerande att arbeta med det material som hon haft tillgång till via det här projektet. Det har dock tagit mycket längre tid än vad hon brukar ägna åt optikundervisningen. Hon hade ursprungligen tänkt att även hinna med elektromagnetism under samma termin, med det blev nästan inget alls med det. Med största säkerhet har man ägnat mellan 20 och 25 timmar åt optikundervisningen. Trots detta hann man inte med hela optikområdet.

Boel anser att innehållet jämfört med vanliga fysikböcker var ganska likt, men att det var roligare gjort här. Det fanns dock en del annorlunda inslag om "hur ljus faller", exempelvis när det gäller månens olika faser och skuggor. Mycket var likt, men en del var vinklat annorlunda. Man använde också den vanliga läroboken en hel del som komplement.

Lärohandledningen har tolkats som att eleverna skall undersöka själva och att de skall sitta och tänka själva. En följd av arbetssättet var att eleverna ställde egna frågor i större utsträckning än vad de brukar göra. Att undersöka själv och tänka sig anges som ett av skälen till varför det tog längre tid än vanligt, men också att det var roligare både för lärare och elever. Klassrumsklimatet var öppet och eleverna fick röra sig relativt fritt både inne i och utanför klassrummet. Boel följde handledningen noggrant i början, men när tiden tröt mot slutet sållade hon mer.

...Det var just det som jag sa nu också, det bygger mycket på att undersöka själv, sitta och tänka själv. Det är klart att det gör väl det andra också, men inte i lika stor utsträckning som här...

...Det var mer ett, vad skall man säga, ett mer undersökande arbetssätt...

...Och sen var det mycket också det här med att sitta och tänka ut, att få en uppgift eller en frågeställning och faktiskt sitta och tänka ut hur det blir. Det tycker jag var i stor utsträckning här, än vad det är de böckerna. Och hur jag själv har jobbat, faktiskt...

...Det var mer experimenterande. Det var mer prövning. Jag tror att det gav ... vad skall man säga... det gav andra idéer som de skulle pröva också. För lektionerna var sådana i och med att de fick jobba de var indelade i grupper en del går det undan för, som vanligt. Och en del tar längre tid på sig. Det var väldigt aktivitet.

Frank Bach

L: Just detta med att undersöka, pröva och större rörlighet både i och utanför klassrummet, för det hade jag under vissa av de här laborationerna va. Det gav nog upphov till mer undersökande. Det väcks andra tankar i skalle på dem och så kom de in och så var det något nytt som de frågade om som de skulle ta reda på.

I: De ställde egna frågor, alltså?

L: Ja, det gjorde de, åtminstone för de eleverna som väldigt, vad skall man säga, aktiva, nyfikna. Alla fastnar ju inte i det. En del brydde sig kanske inte om att springa ut och kolla på skuggor hur de föll ute, även om man liksom ... gå ut och titta och se hur det ser ut på riktigt... ta ficklampan och gå och titta på hur det blir när du lyser med i ett mörkt rum. Alla gjorde inte det, men de flesta gjorde med liv och lust. Ja, vad skall vi säga, det var större aktivitet, totalt sett, om man jämför med hur vi har jobbat tidigare.... Och det var roligt.

Detta med att det var roligt och att det tar längre tid återkommer på många ställen i intervjun.

Att det tar längre tid och jag hävdar alltså, jag tror att de tyckte det var roligt.

Ja den var rolig. En del tyckte det var jobbigt, de behövde kanske mycket uppmuntran, putta på och så va. Men de allra flesta, tror jag, tyckte att detta var ett spännande sätt att arbeta på... Men det tar tid.

De tyckte detta var jätteroligt.

Genom att läsa och använda lärarhandledningen anser Boel att hon lärt sig en del idéhistoria om vad man har haft för uppfattningar om ljus och seende genom åren. Kände igen en del från EKNA och sin utbildning och upplevde det inte som helt nytt, men att hon lärde sig en del. Berättar också om en figur i lärarhandledningen (sida 33 i avhandlingen).

Det var ju massor att läsa. Sen tycker jag om de här bilderna, figur 3.1 ... begreppsstrukturen, den tycker jag om. Men sen är det, vad skall man säga, resonemang och så är ju sådana resonemang som vi har fört under årens lopp, som vi har fått på lärarhögskolan också, tycker jag, under utbildningen och så, jag känner igen en del, tycker jag, tänkande från EKNA-projektet och så va. I sättet att arbeta och frågeställningar och så där.Men det tycker jag att jag lärde mig, speciellt då det här då med inledningen till lärarhandledningen. Jag kan inte ge något konkret exempel, men jag vet att jag läste det och tänkte att det där kan jag ju inte eller det har jag glömt ...

I början av elevernas arbete med problemsamlingen kunde det förekomma uttryck i stil med "att det här är lätt", men det var ofta så att de blev lite utmanade och den kommentaren försvann efterhand. De fick arbeta mycket själva och tänka själva. Detta var roligt för en del elever och jobbigt för andra. De duktiga eleverna tyckte detta var mycket roligt och arbetade med liv och lust.

En del kommentarer i början kanske va: "Det här är ju lätt", men de försvann efter hand, de kommentarerna.

... De kommentarerna försvann nog efter hand, utan här krävs ju mycket tankearbete på en del uppgifter.

De duktiga eleverna.... jag använder det ordet ... de jobbade med liv och lust med detta, alltså.

Det är dock viktigt att påpeka att Boel anser att de svagare eleverna inte fångades lika mycket av detta sätt att arbeta med optiken som de lite duktigare.

Eleverna experimenterade mer och genererade fler idéer att undersöka själva. Ofta ville de att läraren skulle ta del av deras "teorier". Någon lektion ägnades åt relationen mellan teori och observation och man diskuterade övergångar mellan observationer och teori. Särskilt flickorna var intresserade av detta.

Som pratade om just det här att växla då mellan att vi har en teori och vad som är observationer... det man ser... Det jobbade jag med åtminstone en lektion. Om det tog hela lektionen, det kommer jag inte ihåg, men det tog i alla fall en stor del av lektionen, det vet jag. Då vi pratade om just detta. Och det var i början... alldeles i början då vi startade upp det här. Och det tar man inte upp lika tydligt i de böcker som jag jobbat med. Jag har jobbat med TEFY och Försök och Fakta, det är de två jag jobbat med. Det är ju då om jag som lärare diskuterar det om jag tar upp att vi gör en modell eller en teori, annars står det nästan ingenting om detta i böcker eller mycket kort i så fall. Det kan stå att det är en modell av någonting, men aldrig det här resonemanget.

Ja, det var elever som kunde säga till exempel att .. nu skall vi se... elev ja, några som kunde säga, att det här är min teori, men då pratar vi om elever som så att säga hänger med i resonemangen, va. Återigen så faller jag tillbaka på det att alla var ju inte med på det, va. Även om man tycker att man försöker vara tydlig och vi pratade om det. Vi återkom kanske till... eller vi återkom till resonemang om teori vid andra tillfällen också, men inte så tydligt som det var just denna lektionen. Ja, så tillvida att vissa elever kunde svara att det här är min teori, men det kan vara samma sak som att det här är min hypotes.

... Ja, det tycker jag nog, nu svarar jag på det igen, att vissa elever kommer fram till att det här är min teori ... jag har en teori och de kan komma fram och säga : Kan du lyssna på det här, det kunde de göra och det var kul...

Mot slutet av diskussionen kom vi att prata om utvärdering och betygskriterier. Boel ville diskutera utformningen av dessa. Skall det vara detaljbeskrivningar eller skall de vara mer av karaktären kvalitetsbeskrivningar? Detta borde ha diskuterats mer i projektet anser Boel. Det förändrade arbetssättet ställer också nya krav på läraren när det gäller betygssättningen.

14.1.4.3 Tolkning

Även här anser jag att det finns många uttryck som leder mig att tänka på empirism. Eleverna undersöker själva hur det är och kan med experimentens hjälp få reda på hur exempelvis ljus faller och att eleverna ställer frågor till sig själva och därefter tar de reda på hur det är. Självklart är det mycket bra att undervisningen kan leda till att eleverna ställer sig många frågor och om de dessutom får lust att undersöka saken är det ännu bättre, men det finns en viktig fråga här och det är vad får eleverna reda på genom att göra dessa undersökningar som svar på de egna frågorna? På vilket sätt påverkar elevernas förföreställningar det som de lär sig när de söker svar på sina egna frågor? Hur passar det ihop med målet att eleverna skall lära sig en teori om ljuset och dess utbredning? Svaret på dessa frågor är inte givna, men en sak är rätt tydlig. Teorin om ljuset och dess utbredning kommer inte fram när Boel berättar om den undervisning hon haft. Inte heller har elevernas föreställningsvärld om ljus någon särskilt framträdande plats i intervjun. De kommer fram i form av elevernas egna "teorier", men verkar inte vara föremål för diskussion och medveten bearbetning i undervisningen.

Det finns också andra intressanta uttalanden. Ett sådant är att eleverna i början kunde tycka att uppgifterna är väldigt lätta och att detta sedan försvann. Det kan vara ett tecken på att eleverna får börja brottas med sina föreställningar om fenomenen. Detta verkar dock inte riktigt vara i fokus för läraren. Hon konstaterar att problemen i problemsamlingen inte var så lätta som eleverna först trodde, men nämner inget om vilka svårigheter eleverna hade.

På flera ställen i efterintervjun talar Boel om "hur ljus faller". Jag tolkar detta som att hon refererar till en av den geometriska optikens grunder, nämligen detta med att ljuset utbreder sig linjärt vilket kan beskrivas med strålar. Det är osäkert hur läraren uppfattar den medvetna strävan i lärarhandledningen att bearbeta detta på en mängd olika sätt.

Läraren berättar om diskussionen om relationen mellan teori och observation och nämner att särskilt en del flickor tycker att detta var ett bra inslag. Jag tror att man kommit en bit på väg i sitt resonemang, men lämnat det lite åt sitt öde efter denna lektion och det har lett till att ordet teori kommit att mer få betydelsen av hur man i klassen tidigare använt ordet hypotes, vilket även Boel påpekar. Även en sak som detta kan ta sin tid att bearbeta för både lärare och elever.

Sammanfattningsvis tror jag inte denna lärare har påverkats så mycket av lärarhandledningen och projektet som helhet. Hon är redan innan

relativt väl medveten om ämnesdidaktisk forskning om optik och intresserad av elevernas lärande, men tolkar undervisningssekvensen genom begrepp som "undersökande arbetsätt" och detta kanske leder till att eleverna får "klara sig själva" ganska mycket, trots allt. Varken elevernas olika föreställningar om fenomen inom optik eller den naturvetenskapliga teorin verkar vara i absolut fokus vid planering och genomförande av undervisningen.

14.1.5 Fall 5. Lärare 11-13, Cecilia. Intervju före experimentundervisning

Cecilia har använt TEFY, Försök och Fakta och NO-kombi som lärobok, men övergår nu till Spektrum. Böckerna används mer och mer som uppslagsböcker och mindre som läroböcker som följs kapitel för kapitel.

Vi har haft lite olika då, det sista nu så har vi jobbat så att dom har fått söka kunskaper i olika böcker.

Optiken betraktar Cecilia som ett av de viktigare områdena med anknytning till både vardags- och arbetsliv. Kontaktpunkter kan vara belysning (arbetsmiljö) och att en del har glasögon, använder kameror och liknande. Området undervisas i regel 10-12 klocktimmar. Eleverna upplever det som relativt intressant. Optik har ett förhållandevis konkret innehåll och är lättare än exempelvis krafter att anknyta till vardagen. Det är vanligt med elever som har intresse av att förstå exempelvis varför man har glasögon och hur dessa kan hjälpa dem att se bättre.

Undervisningen är organiserad i 20-grupper där eleverna experimenterar lite mer än hälften av tiden. Detta är lite mer än i andra områden. Det är dock så att experimentellt arbete och mer teoretiska resonemang går in i varandra, de går inte att särskilja helt.

Arbetsättet är numera rätt så fritt där eleverna, i grupper, får ett antal, något mer öppna, frågeställningar som de letar efter svar på genom att slå i böcker och experimentera. Detta sker relativt självständigt och grupperna får delvis finna sin egen nivå. Det finns ett pensum som alla skall göra och därutöver väljer grupperna (men även i viss mån individer) själva vad de skall göra. Ett skäl för att förändra arbetsättet i den riktningen är att eleverna kommer ihåg bättre om de får öppna frågor. Att svara på konkreta frågor kan lätt bli mekaniskt.

Text att dom ska ta reda på vilka olika speglar som finns, hur dom fungerar, hur bilderna blir i speglarna. Och sen ta reda också lite grann när man använder olika speglar och så. Sen finns det då tillgång på konvexa och konkava speglar och så får dom jämföra bilderna och så kan dom ju lite grann också titta i böcker och se.

Men se´n eftersom ...(?) då jobbar relativt fritt ändå så är det ju.. kan det ju vara så att vissa elever kan göra väldigt mycket och andra elever hinner bara en bas, så att man ju ha den där basen då, så att man vet att alla hinner med. Så får man ha lite extra för dom som kan hinna mycket då.

Det kan väl vara olika, men jag har nog en känsla av att dom kommer ihåg det bättre, det som har varit öppet att ta reda på, mer öppen fråga då ... än bara att fylla i en konkret fråga med ett svar. Det går mer mekaniskt. Dom kanske lär sig just för stunden då men att det som sitter på lång sikt, det sitter nog bättre med dom här mer allmänna frågeställningarna.

Cecilia menar att grundbegreppen om hur ljus uppför sig när det reflekteras och när det bryts är viktigt att eleverna lär. Det är också viktigt att kunna något om synfel och glasögon. För att kunna göra det måste man dock kunna grunderna om reflektion och brytning. Ljusets utbredning, reflektion och brytning behandlas därför i undervisningen. Eleverna får undersöka olika sorters speglar och linser för att se hur de fungerar. Motivet för detta innehåll är att det förekommer mycket i vardagen och det är viktigt att förstå dessa saker.

Arbets sättet innebär att eleverna kan arbeta med olika aspekter av samma delområden. En del av eleverna beskriver olika speglars egenskaper medan andra hittar bildkonstruktioner och redovisar sådana.

Det kan bli på väldigt olika nivåer då. En del säger bara att det blir en större bild eller mindre bild, några kanske hittar, dom kan rita strålgångar och allt möjligt så.

När det gäller elevernas svårigheter att förstå innehållet i optikundervisningen berättar Cecilia att förr undervisades det om bildkonstruktion och det tyckte många elever var svårt. Även om de kunde utföra en konstruktion var det inte många som förstod vad de höll på med. Nu har detta moment nästan helt tagits bort. En del har svårt att förstå elektromagnetisk strålning, men svårigheterna har minskat i och med ökat bruk av mobiltelefoner och andra sätt för att kommunicera trådlöst.

Tidigare höll man mycket på med att rita bildkonstruktioner och sån´t där, långt tillbaka då, men det var ju krångligt för väldigt många, och jag tror inte att, även om dom lärde sig det så förstod dom ändå inte riktigt vad det innebär. Så det gör jag inte nu annat än om jag har någon elev som verkligen då tycker att jag vill fatta, varför blir det så här? Så kan man visa, några kanske kan greppa det, men det är bara om dom själva liksom kommer och vill veta detta då. Det är några få som gör det men Man kan ju göra enkelt att rita strålgången genom en lins genom till en spegel och så där väldigt enkelt men inga krångligare bildkonstruktioner. Men det är ändå svårt för dom att förstå ifrån verkligheten så att säga, att kunna rita på ett papper med ..ljusstrålar på.

Det kan ju vara lite svårt kanske att förstå det här med elektromagnetisk strålning och sån´t där. Men jag har på något sätt en känsla av att ungar idag har

lättare för det här med vågrörelser och så'n't där, dom vet, det finns parabolantennar och man pratar i mobiltelefon och dom vet att det går vågor genom luften och så, att ljuset också är nå'n våg som kommer genom luften. Det är inte riktigt så svårt för dom idag som det var tidigare tycker jag. Annars är ju det väldigt abstrakt också egentligen, svårt att förstå men på något sätt går hem lite lättare.

Cecilia uttrycker inte så tydligt önskade förändringar, utan beskriver snarare de förändringar som håller på att ske. Dessa är att eleverna i större utsträckning själva får leta fram svar på frågeställningar i böcker och göra experiment själva i större utsträckning och att det finns material tillgängligt för eleverna på exempelvis en vagn. De hämtar det som de behöver för sina experiment och arbeta på sin nivå.

Något öppnare nu än dom har varit tidigare då tror jag. Sen är det väl lite olika... Det är ju roligt när man hittar såna där mer öppna frågeställningar, men det kan ibland vara svårt att hitta bra uppgifter.

--

C: Senast så hade vi ett litet häfte, vad man ska säga, med uppgifter och frågeställningar eller så. Och då var det några som var obligatoriska för alla att göra, så var det ett fritt val på några som man kunde välja mellan då att göra. Se'n fick dom då göra det i den mån dom hann dom där extra.

I: Och då finns det material tillgängligt också så att man kan gör en del experiment runt de här extra uppgifterna också då?

C: Ja just det, det är meningen så då försöker man ladda upp på en vagn, grejer som ska finnas till hands då, som dom kan gå och plocka på.

Utvärdering av elevernas kunskaper sker via skriftliga prov och muntliga förhör. En del elever som har svårt att göra sig gällande på skriftliga prov kan få ett muntligt prov samtidigt som de andra skriver.

14.1.5.1 Tolkning

Cecilia talar en del om att eleverna får söka kunskaper i flera olika böcker och att de inte är så styrda som de var tidigare av en bok. Hon beskriver också att eleverna verkar komma ihåg bättre med detta arbetssätt. Laborationerna har blivit friare och eleverna kan i större utsträckning leta efter svar i olika böcker. Eleverna jobbar efter sin egen förmåga och i sin egen takt. De har kontrollen över situationen och väljer själva i viss utsträckning vilka frågor som skall ställas, men framförallt när. Detta görs för att eleverna då blir bättre motiverade och "kommer ihåg bättre".

Cecilia har säkert lyssnat till den debatt som förs på olika plan i Sverige om hur skolan bör förändras. Detta med elevernas eget sökande har

slagit igenom. I Cecilias tappning har den senast inneburit att eleverna fått ett kompendiematerial att jobba efter. Eleverna får på detta sätt ett antal öppna frågeställningar som inte är deras egna, men öppenheten gör att de ges möjlighet att forma egna frågor på vägen. De elever som vill lära sig saker som går utanför "basen" hjälper Cecilia mer individuellt.

På detta sätt blir undervisningen mycket inriktad på elevernas aktivitet. Genom att göra experiment och skaffa information om dessa lär man sig optik. Informationen används till att beskriva de experiment man utfört. I detta sammanhang berättar Cecilia att det sker på olika nivå och att del beskriver speglarna, medan andra "hittar" bildkonstruktioner av hur de fungerar. En sådan bildkonstruktion kan ritas av. Eleverna är alltså inriktade på att göra saker det mesta av tiden. Aktiviteterna leder ofta fram till en produkt i form av en redovisning av laborationen och då är man klar.

På ett ställe i intervjun berättar Cecilia om att man förr undervisade om geometrisk bildkonstruktion och att många av eleverna kunde lära sig hur man gör, men hon menar att det var mycket svårt för de flesta att koppla samman "verkligheten" med det som ritades. Cecilia är medveten om hur svårt det kan vara att koppla ihop teori med observationer och sådana inslag har tonats ned i undervisningen. Om de förekommer har eleverna hittat konstruktionerna och ritat av dem och i en del mer sällsynta fall frågar några elever om hur det fungerar.

Svårigheterna med att förstå den teoretiska delen av undervisningen gör att den tonats ner till förmån för elevernas eget sökande efter information. Elevernas aktivitet gör att deras resonemang och förståelse av fenomen inom optik inte märks så mycket i undervisningen.

Jämfört med det undervisningsförslag som Cecilia kommer att få prova är det just på dessa två punkter de stora skillnaderna finns. I undervisningsförslaget försöker vi introducera en teori för ljuset och dess utbredning och medvetet hela tiden ha med elevernas föreställningar om optiska fenomen.

14.1.5.2 Intervju efter genomförd experimentundervisning

Efterintervjun med denna lärare blev den kortaste av alla, men den innehåller ändå flera intressanta uttalanden.

Cecilia provade undervisningsförsöket i tre klasser och i två av dessa fungerade det riktigt bra. Eleverna var engagerade och diskuterade livligt och oftare med inslag av känslöyttringar. I den tredje gruppen förekom det att eleverna hellre ville att undervisningen skulle vara som vanligt. En möjlig förklaring till detta kan vara att den sistnäm-

da gruppen är något "svagare" än de övriga och då kanske det kan vara bekvämare att "luta sig tillbaka". Materialet är krävande på det sättet att eleverna måste tänka och anstränga sig för att bearbeta uppgifterna.

I två av de tre grupperna så var de väldigt entusiastiska och tyckte det var roligt och satt och diskuterade problemen och så där. I den tredje gruppen så tröttnade de ganska fort och tyckte att nä, skall vi göra sådana uppgifter nu igen, nä vill göra vanlig fysik så, men två av tre tyckte det var roligt att fundera och var engagerade.

--

De är kanske något svagare i den gruppen, något mindre studiemotiverade möjligtvis överhuvudtaget sådär. Det kräver ju lite mera kanske av... mera engagemang av eleverna, tror jag ... det kanske kan vara behagligare att luta sig tillbaka ...

Det var alltså trögt att använda materialet i den tredje gruppen, kanske just beroende på att eleverna tvingas att tänka mycket och anstränga sig en del. Det är dock inte säkert att det är till nackdel för dessa elever, även om de inte trivs med det.

...För dem är det lite lättare att bara få beskrivet att det här skall du lära dig och så försök lära sig det. Det är lite motigare för dem att tvingas att lösa problem och tänka och så. Det är ju egentligen ingen nackdel, det är bara att man får trycka lite hårdare på dem, att kämpa lite mer.

Cecilia tyckte att elevhäftet Ludvig, Lisa och ljuset fungerade bra som läs- eller läxuppgift och att en del nya och roliga experiment som lyfte upp det hela. Man fick tillgång till laborationsutrustning som man inte haft förut och det var positivt.

Tidigare tog Cecilia en hel del för givet när det gäller att introducera nya begrepp inom optik. Hon förstår nu att vissa saker inte är så självklara som hon tidigare trodde. Det är till exempel inte självklart att elever vet vad en ljusstråle är och Cecilia anser att hon lärt sig att man måste arbeta med dessa som hon trodde självklara saker.

Det är väl kanske en del saker som jag själv har reflekterat över då jag har tagit för givet att de har förstått tidigare och som jag nu inser att det alltså inte var självklart för dem då när de satt där då och funderade och resonerade så jag lärde mig själv en del, om hur de tänker och så ...

--

Det här med ljusstrålar till exempel, att man liksom ritar upp en ljusstråle och så är det en ljusstråle utan att fundera över det typ innan då ... man tror att det är självklart vad en ljusstråle är, att ljuset sprids i strålar så ... det var inte det. Där har man liksom börjat utan att förklara eller motivera så har man börjat rita ljusstrålar så här

Frank Bach

Genom åren har Cecilia upptäckt en del elevuppfattningar som avviker från naturvetenskapens bild av optiska fenomen. Flera av dessa bekräftades genom lärarhandledning och arbetet med problemsamling.

...sen är det ju mycket som är svårt, men det har jag ju kanske lärt mig tidigare också, att det finns mycket som är svårt ... ljusbrytning och sånt där - det har vi ju tittat på tidigare också och det är ju inte sådär enkelt. Det är väl inget som jag kommit på just nu

--

Ja, det finns ju alltid några som ritar så det har det ju gjort förr om åren också det gör det ju ofta till en början nu också för några så. De flesta gör det inte, men att några ritar liksom strålar från ögat och ut så, tittar. Det har vi också känt till tidigare då att det att har förekommit. Ifrån början var det kanske ungefär samma kanske idé med dessa också, att det fanns några som ritade så (hör ej) men när de tänkt igenom det så

Undervisningen gav upphov till klart fler engagerade diskussioner. Eleverna kunde nästan bli arga på varandra när de skulle resonera om problemen. De visar såväl känslomässigt som intellektuellt engagemang.

... jag menar att de angrep, diskuterade kanske mera livligt...

--

...de två grupperna som gillade det de var ju, där var det ju roligt då. Det var kul bara att lyssna på dem, det blev väldigt livliga och ivriga diskussioner och de kunde nästan bli osams ibland "det förstår du väl att det inte kan vara så".

--

...men att de blev engagerade så, man såg ju att det var allvarligt för dem, de tog de på allvar ... det är kul när de engagerar sig.

Det tar längre tid än traditionell optikundervisning. Cecilia förlängde området med någon vecka och använde cirka 15 timmar mot vanligtvis 10-12, men fick ändå skära lite mot slutet. Det fick bland annat till konsekvens att akustiken fick lite mindre tid än planerat. Nästa gång hon använder materialet kommer Cecilia att försöka planera om inledningen lite så att den kan bli kortare.

Ja, ungefär så. Jag tror att jag rent av kanske tog någon vecka till för detta och sedan fick jag inte mycket tid över till akustik sedan, så det har vi skummat över genom att vi tog extra tid på detta och det kan man ju göra Hoppas att de klarar sig i livet ändå ..(skratt)

--

Det tog ganska mycket tid då om man skall göra det ordentligt. Möjligtvis kanske jag ägnade lite mycket tid åt det här just med att förklara stråle, ljusstrålebegreppet, det tog ganska många lektioner då, och så blev det lite övertydligt ... Nästa gång kanske jag inte skall ägna så mycket tid åt det här utan kanske bara ta någon lektion i början. Det fick ta lite för många lektioner i och med att vår tid är begränsad...v

Området avslutades med ett prov där gamla uppgifter kombinerades med nya. Resultatet skiljer sig också lite från förr på det sättet att det blev kanske mer förståelse och mindre att lära sig utantill.

Så det blev kanske någon slags kombination av gammalt och nytt..... Nä, det blev väl lite annorlunda resultat än vad det varit lite mer av kanske förståelse, mindre av att lära sig...

14.1.5.3 Tolkning:

Ett av de tydligare inslagen i den första intervjun med Cecilia var detta med elevernas eget experimenterande och sökande efter information. Efter att ha använt undervisningsförslaget förekommer inte det resonemanget längre. Nu talas det istället om diskussion och problemlösning. Eleverna visar relativt starka känslouttryck. Detta tyder på att deras föreställningar utsätts för provningar av olika slag och att de "nästan blir ovänner" uppfattar jag som ett tecken på att de försvarar sin uppfattning och att de inte gärna vill överge den för att det kanske kan sätta elevens "världsbild" på prov. Med de begrepp som formulerades av Posner m.fl., (1982) är eleverna inte beredda att "överge" de funktionella begrepp som de hittills har använt utan kamp. Man måste vara missnöjd med nuvarande begrepp, alternativet måste vara begripligt och användbart för att man skall vara beredd att "ge upp" sitt "gamla" sätt att förstå ett fenomen till förmån för ett annat.

Jag funderar en del över vad det kan betyda att uttrycken "elevernas eget sökande efter kunskap" och "undersökande arbetssätt" saknas i den här intervjun. Tänker inte Cecilia längre i de banorna när hon använt detta material eller behövdes det bara inte sägas? Eller leder diskussionerna till att inte längre behövs?

Cecilia fokuserar elevernas föreställningsvärld mer nu än i den förra intervjun. Vissa saker som hon tidigare tog för givet inser hon nu att det kan man inte göra. De grundläggande begreppen måste behandlas mer ingående och man kan inte ta för givet att eleverna förstår dessa direkt.

Avsnittet där hon berättar om att hon hade lagt stor möda vid att introducera begreppet ljusstråle tycker jag är intressant för att jag tror att detta är vad fenomenografer skulle kalla för en "kritisk aspekt"

Frank Bach

(Bowden & Marton, 1998; Marton & Booth, 1997) av geometrisk optik. En punkt där många behöver "lära sig se" en annan kvalitativ aspekt av hur man kan se på ljus och dess utbredning, eller som kognitionsforskare eller konstruktivister skulle uttrycka det, genomgå "conceptual change" (Posner m.fl., 1982; Vosniadou, 1994). Kanske jag inte håller med Cecilia om det lämpliga i att bara ägna någon lektion i början åt dessa grundläggande saker. Istället är det förmodligen så att det är viktigt att ägna tid åt att bearbeta detta ordentligt i för att reda ut för- och nackdelar med olika alternativ att förstå ljuset och dess utbredning.

Del 5: Optiklektion

15 Lektionsbesök

Under en lektionssvit i optik i grundskolans årskurs 9 befann jag mig i klassrummet som deltagande observatör. Till min hjälp hade jag en videokamera med lös mikrofon. Min avsikt var att följa en laborationsgrupps arbete genom undervisningssekvensen för att se om jag kunde finnas situationer som kunde vara avgörande för lärandet. Under en av lektionerna inledde läraren med att ställa en fråga till hela klassen. Jag filmade den diskussion som uppstod. Därefter har denna diskussion skrivits ut och lästs noggrant. Jag har också tittat igenom sekvensen och lyssnat till vad som sägs och försökt tolka tonfall såsom om den som talar är frågande, osäker eller säker etc. Det jag sett och hört tolkar jag utifrån tidigare erfarenheter.

15.1 Förutsättningar

Undervisningsgruppen bestod av 16 elever i årskurs 9. De har under cirka en veckas tid sysslat med optik. Det råder en mycket öppen atmosfär i klassrummet. Läraren tillåter mycket diskussion. Läraren skall nu gå igenom den läxa de haft till lektionen. I utdraget nedan betecknas läraren med L och eleverna med E1, E2 och så vidare i den ordning de kommer in i diskussionen.

15.2 Utdrag från samtalet

L: Uppgift 31

Ljusstrålar utsänds från en ljuskälla. Vi tänker oss att det inte finns något som helst hinder i ljusets väg. Vad är rätt och vad är fel? Skriv vad du anser för varje påstående!

E1: Ljusstrålen går hur långt som helst.

E2: FEL!

E3: Jo, men det tar lång tid.

E2: En ljusstråle kan väl inte gå hur långt som helst?

E3: Jo, om den inte träffar på någonting

L: Hur många tycker att den kan gå hur långt som helst?

(Allmän debatt i munnen på varandra, några är osäkra, några säkra)

E4: Om jag lyser på polisstationen, inte kommer det att synas någon ljusfläck då

L: Nej, det gör det inte, men finns det några ljusstrålar som (Michel! ber honom vara tyst)..., man står här uppe, man ser polisstationen, man står med

Frank Bach

ficklampa och lyser på polisstationen, så ser man ju inte.... Det är helt mörkt...(eleverna fyller i och hjälper till och det styr L när han ställer sin fråga), frågan är om det är någon ljusstråle från ficklampan som träffar polisstationen?

Några elever: Ja!

E5: Om man står på polisstationen, kommer man att kunna se ficklampan då?

L: Antagligen ja. Om man står vid polisstationen och tittar kommer man att se; aha där uppe står det någon med ficklampa.

E2: Ja, men det är lättare att se än att se den som ser ,he, he (kanske lite generad över sin formulering?)

Här följer ett avsnitt på cirka 10 s där man pratar lite i mun på varandra....

E6 frågar: L! Om jag skulle åka långt ut i rymden...(extra ljud) ...eller åka jättelångt bort från den, till slut måste jag väl inte lyckas se den? Eller?

L: Jo, det finns väl viss risk att det är så...

E6: Då kommer det väl inte fram något ljus till mig?

L: Jo, det gör det säkert. Om vi säger att du skulle stå och titta på något, så skulle det vara helt svart, men om du har en katt bredvid skulle den kunna uppfatta mer än vad vi gör, kanske.

E4: Så den kan gå hur långt som helst då?

L: Förlåt (hör inte, flera pratar lite)

E2: NEJ! Det kan den inte. (E6 håller med). Jag tänkte inte så, för jag tänkte inte att det inte var någonting, utan jag tänkte att Om vi säger att det är ett svart rör som är svart och skrovligt på insidan ... så tänder vi en ficklampa och lyser så ligger den på golvet. Då ser man inte ljuset på andra sidan, utan en står här och lyser och den som står på andra sidan ser inte.

En pojke: Det måste finnas någon stråle som går rakt igenom röret, eller?

E2: Nä (en del prat i mun på varandra)

L: Så som vi tänkte igår, när vi pratade om det här... Om det bara kommer en ljusstråle, kanske inte det räcker för att uppfatta...

E2: Nä, jag tror inte att en ljusstråle kan gå hur långt som helst.

E4: Den kan ju det.

E7: Det gör den!

E6: Men, hur långt som helst?! (Rösterna börjar höjas)

E6 (börjar bli upprörd): Om jag står här och ICA skulle finnas typ tio kilometer bort, kan jag lysa på den då eller?

L: ICA?

E6: Ja, eller hur långt som helst?

L: Ja, det kan man göra

Några gossar: Ja

E6 och E2: Det syns ju inte! Inte med ficklampa!

Gosse (kan inte identifiera vem): Nämen...

E6: Då måste du vara stålmannen eller nå't om du kan det!

E7: Det går ju.

E6 (alltmer upprörd): Den måste ju vara stark då, den måste ju vara så jävla stark för att det skall kunna lysa tio kilometer bort härifrån, och se att det står ICA där med ficklampa.

E7: Se att det står ICA, ja, men du kan ju inte se så långt, du ser ju strålen, men du ser ju inte att det står ICA.

E6: Nä! Jag måste ju se att det lyser! Annars kan du ju inte säga att strålen gå hur långt som helst!

E7: Men du ser det ju i dina ögon, du kanske inte ser det på väggen. Du ser det ju i dina ögon.

E6: Hur fan ser du? Strålen då eller? (Skratt från omgivningen)

E7: Åhhhh!

E2: Men säg så här; Ifall en ljusstråle skulle kunna gå hur långt som helst, varför är det mörkt när man ... natt och dag då?

E6 eldar upp sig: Den var bra! Solen kan inte gå hur långt som helst då!

Här uppstår ett relativt animerat utbyte av argument som är mycket svårt att göra rättvisa i en text, dels för att alla pratar i mun på varandra, dels för att det är svårt att höra vad som sägs på bandet.

E6: Ljusstrålen kan inte gå hur långt som helst eftersom den inte kan gå igenom.

Till slut bryter L diskussionen och vill komma vidare

E6 och E2 är relativt frustrerade över utvecklingen av samtalet.

Del 6 Diskussion

16 De skriftliga testen

16.1 Inledande diskussion

Diskussionen av de skriftliga testen kommer att ta sin utgångspunkt i målområdena för att senare fortsätta med en diskussion om betydelsen av resultaten och om möjligheterna att generalisera. Det är viktigt att igen konstatera att varken lärare eller elever som medverkat i prövningen av förslaget till förändrad undervisning i optik är slumpmässigt valda. Detta gör att det inte går, att i strikt mening, göra generaliseringar till andra grupper utifrån resultaten som nås med denna grupp.

De skriftliga uppgifterna är kopplade till målen. Kopplingen är emellertid inte entydig, ibland beroende på att uppgifterna ämnestoetiskt berör även andra målområden och ibland beroende på att elevernas föreställningsvärld (åtminstone när de svarar på dessa frågor) är sådan att deras svar ger upplysningar om föreställningar som är knutna till andra målområden. Därför bör man betrakta resultaten i sin helhet parallellt med delarna.

16.2 Ljusets existens och utbredning

Detta målområde behandlar det man kan kalla för den geometriska optikens teoretiska kärna, nämligen ljusets linjära utbredning. Denna kärna utgör grunden för allt annat inom geometrisk optik och ger oss möjligheter att förklara många av de optiska företeelser vi upplever i vår vardag. Omvänt betyder detta också att elever som inte kan använda sig av föreställningen att "ljuset existerar och utbreder sig linjärt i rummet" kan få mycket stora problem att följa det mesta av undervisningen inom optik.

För målområdet som helhet ligger andelen acceptabla svar i snitt klart över 50 %. Sammantaget är skillnaden mellan för- och eftertest (och UG-95) så stor att jag vågar påstå att experimentundervisningen leder till att eleverna i större omfattning använder sig av optikens teoretiska kärna, att ljuset utbreder sig linjärt, än efter många andra sätt att undervisa. Man kan dock se att olika faktorer kan komma in och störa: En annan kontext kan göra att man inte längre använder det man lärt, vardagskunnande från andra delområden (exempelvis seendet eller uppfattningar om hur ljus kan hindras) kan leda in någon på ett annat spår och synteser mellan föreställningar man haft och det nya man lärt

kan ibland leda till att nya "blandmodeller" (blandningen är mellan vardagsresonemang och vetenskaplig modell) utvecklas av några.

Trots den relativt stora förbättringen mellan för- och eftertest finns det flera olika sätt att resonera på som även efter undervisning tycks påverka elevernas resonemang. Det är möjligt att en del elever inte tänker sig att ljuset rör sig (La Rosa m.fl., 1984) mellan billyktorna och fotgängaren utan betraktar ljus mer som stationärt beroende på obegenheten att representera ljus som något som rör sig när det finns en mänsklig observatör i frågeställningen (Langley m.fl., 1997). De relativt svaga ljuskällorna och små avstånden kan också locka en del elever till att inte ta med ljusets rörelse som en komponent i resonemanget för att avgöra var det finns ljus i fallet med billyktorna eller om det kommer fram något ljus till pojken från stearinljuset (Sted & Osborne, 1980). Resultaten från både för- och eftertest är också i (olika utsträckning i) samklang med idéer om att ljus kan hindras av annat ljus närvarande (Fetherstonhaugh & Happs, 1988; Sted & Osborne, 1980).

De olika sätten att resonera tycks komma fram i olika utsträckning i olika frågekontexter. Därför kan det vara intressant att veta hur många elever som löser alla de uppgifter som behandlar målområdet på respektive test. Av de elever som gjorde förtest A var det 6 % som gav acceptabla svar på både de två uppgifterna om billyktorna och den om skuggteatern. Efter undervisning är det 29 %. För test B är motsvarande andelar 16 % respektive 42 %. I sammanhanget är det värt att nämna att det är lägre sannolikhet att få rätt, för målområdet, på test A än på test B. För att svara på uppgifterna som rör målområdet "ljusets existens och utbredning" skall man sätta två kryss på rätt ställe, motivera vart och ett av kryssvaren samt svara på uppgiften om skuggteatern. När det gäller B-testet handlar det om att besvara uppgifterna om ljuset och pojken samt taklampan. Dessa skillnader mellan testen bidrar till förklaringen till varför eleverna har sämre resultat på A-testet.

16.3 Seendet

Vid analysen av uppgift 6 (pojken och katten) framkom att ovanligt många elever höll fast vid en felaktig kategori. Denna uppgift har dessutom lägst lösningsfrekvens av uppgifterna som testar elevernas sätt att svara om seendet. Det gör att man kan misstänka att vissa uppfattningar av mörkerseende kan vara begränsande för att förstå andra delar av optiken. Med högre lösningsfrekvens på denna uppgift kanske man får bättre resultat även för de andra. Det är möjligt att det eleverna partiellt accepterar att människor behöver få in ljus i ögonen för att kunna se, men när man dessutom inser att det även gäller för

katter (och kanske även flera andra djur) tas ytterligare ett steg i generalisering. Detta generaliseringssteg kanske ytterligare underlättar förståelsen av ljusets utbredning. Det var en signal att kontrollera sambanden mellan hur eleverna svarar på denna uppgift och de andra uppgifterna som behandlar seendet.

Det är 1 % av eleverna som svarat att ljus inte kommer fram på dagen, men väl på natten i uppgift 1B (pojken och ljuset), samtidigt som de kryssar för att både katten och gossen inte kommer att kunna se lådan. Gör man motsvarande beräkningar efter undervisning får man fram att 45 % av eleverna har kryssat rätt för både pojken Nils och katten Findus och (endast) drygt 3 % av eleverna har dessutom avgett svar i kategori IIIB (ljus kommer fram på natten, men hindras av dagsljuset på dagen) på uppgift B1 (Pojken och ljuset). Detta är en tydlig indikation på att en avgörande faktor för att förstå ljusets existens och utbredning är att man har klart för sig att det krävs att det kommer ljus in i ögat från ett föremål för att man skall kunna se föremålet. Dessa samband indikerar också att det verkar vara en viktig faktor att eleverna uppfattar att ljus inte hindras av att annat ljus är närvarande för att bättre förstå hur seendet går till. Båda dessa faktorer synes vara avhängiga av varandra.

Tabell 16.1. Korstabell för uppgifterna B1 och 6 före undervisning

	R pojken o ljus	F pojken o ljus	Summa
Rätt; pojken och katten	16	5	21
Rätt; pojken, Fel; katten	14	37	51
Fel; pojken, Rätt; katten	0	0	0
Fel; pojken, Fel; katten	10	35	45
Summa	40	77	117

Tabell 16.2. Korstabell för uppgifterna B1 och 6 efter undervisning

	R pojken o ljus	F pojken o ljus	Summa
Rätt; pojken och katten	37	17	54
Rätt; pojken, Fel; katten	19	30	49
Fel; pojken, Rätt; katten	0	0	0
Fel; pojken, Fel; katten	5	9	14
Summa	61	56	117

I tabellerna ovan kan man utläsa att antalet elever som har fel både när det gäller Nils och Findus och deras mörkerseende samtidigt som de svarar rätt på uppgiften om pojken och ljuset, minskar mellan för- och eftertest. Denna minskning sker parallellt med att det blir fler som svarar rätt på uppgiften om pojken och ljuset.

Tabell 16.3. Korstabell för uppgifterna 2 och 6 före undervisning

	R; Carolina	F; Carolina	Summa
Rätt; pojken och katten	13	26	39
Rätt; pojken, Fel; katten	16	103	119
Fel; pojken, Rätt; katten	0	4	4
Fel; pojken, Fel; katten	9	70	79
Summa	38	203	241

Tabell 16.4. Korstabell för uppgifterna 2 och 6 efter undervisning

	R; Carolina	F; Carolina	Summa
Rätt; pojken och katten	83	20	103
Rätt; pojken, Fel; katten	41	50	91
Fel; pojken, Rätt; katten	0	0	0
Fel; pojken, Fel; katten	14	20	34
Summa	138	90	228

Tabell 16.5. Korstabell för uppgifterna 7 och 6 före undervisning

	R Lisa & bok	F Lisa & bok	Summa
Rätt; pojken och katten	14	25	39
Rätt; pojken, Fel; katten	14	105	119
Fel; pojken, Rätt; katten	0	4	4
Fel; pojken, Fel; katten	3	76	79
Summa	31	210	241

11 av de 25 som har rätt på uppgift 6, men fel på 7 har angett stråle mellan öga och bok, men riktningen har inte gått att identifiera och sex av dem har inte svarat. Det vill säga att för 18 av de 25 vet vi inte riktigt säkert hur "fel" de har på denna uppgift.

Tabell 16.6. Korstabell för uppgifterna 7 och 6 efter undervisning

	R Lisa & bok	F Lisa & bok	Summa
Rätt; pojken och katten	70	33	103
Rätt; pojken, Fel; katten	28	63	91
Fel; pojken, Rätt; katten	0	0	0
Fel; pojken, Fel; katten	10	24	34
Summa	108	120	228

Av de 33 som har fel på Lisa och boken är det 8 som inte svarat, 7 där riktningen på strålen mellan bok och ögon är oklar, 3 där riktningen är från öga till bok, 7 med stråle öga-bok-öga, och resten utspridda på övrigt och andra kategorier.

Även uppgiften "Lisa och boken" förekom i EKNA-rapporten "Ljuset och dess egenskaper" (Andersson & Kärrqvist, 1981). Tillsammans med "Strålkastaren" är det den enda uppgiften där resultaten från UG-95 är signifikant bättre än experimentgruppens förtest. Det är möjligt att det faktum att även denna uppgift varit i omlopp sedan 1981 kan påverka resultatet i UG-95 till det bättre jämfört med förtestet för experimentgruppen.

Om man studerar tabellerna som en helhet kan man notera att om man, på eftertestet, har rätt både när det gäller Nils och Findus är benägenheten att svara rätt på de andra uppgifterna också stor. Har man istället fel (gäller både för- och eftertest) när det gäller både Nils och Findus är benägenheten att svara rätt ganska liten för de övriga uppgifterna. Båda dessa samband ökar mycket mellan för- och eftertest. Särskilt starkt är sambandet mellan att svara fel för både Nils och Findus med obenägenheten att svara rätt för de övriga uppgifterna vid eftertesten. I något fall förefaller det vara ganska stor benägenhet att svara fel trots att man har rätt angående Nils och Findus, men då döljer sig relativt stora andelar som inte svarar alls eller i en kategori där jag inte kunnat fastställa om det är fel eller rätt.

Om man enbart studerar uppgifterna om Carolina och granen samt Lisa och boken ser tabellerna för dessa två uppgifter förvillande lika ut, särskilt före undervisning. Denna likhet lockar till att kontrollera hur konsekventa eleverna är. Är det samma elever som döljer sig bakom siffrorna i båda uppgifterna?

Av de tretton som, på förtestet, svarar rätt på pojken och katten samtidigt som de svarar rätt på Carolina och granen är det 7 st (54%) som dessutom svarar rätt på Lisa och boken. På eftertestet är det istället av de 70 möjliga som svarar rätt både när det gäller pojken och katten samt Lisa och boken, 63 st (90%) som även svarar rätt på Carolina och granen.

Om man istället tittar på de 114 som har rätt angående pojken, men fel för katten så är det 103 st som samtidigt har fel på Carolina och granen vid förtestet. 98 (95%) av dem har också fel på uppgiften om Lisa och boken. Vid eftertestet är det 50 elever som kryssar för att pojken inte ser i mörker, men att katten gör det och har fel på uppgiften om Carolina och granen. Av dessa är det 46 (92%) som dessutom har fel på Lisa och boken.

Eleverna är konsekventa. Om de har en idé om hur seendet går till verkar de tillämpa den på flera olika uppgifter, även om sammanhanget varierar en del. Uppfattningen att det är möjligt att se trots avsaknaden av ljus verkar vara avgörande för vilka möjligheter man

har att förstå de fysikaliska förutsättningarna för seendet. Det inverkar även menligt på möjligheten att förstå den fysikaliska modellen för hur ljus utbreder sig. Därför skall man inte vara nöjd med förbättringen från 11% till 45% avgivna riktiga svar för denna uppgift. Det är mycket troligt att ytterligare förbättrat resultat på denna uppgift skulle förenkla för eleverna att förstå även andra delområden av optiken. Förslag på uppgifter och laborationer för detta område borde utvecklas och testas.

16.3.1 Sammanfattning av målområdet

Generellt för målområdet är förbättringarna mellan för- och eftertest stora och signifikanta. Hälften eller fler (med ett litet undantag för uppgiften om Nils och Findus) av eleverna avger acceptabla svar vid eftertesttillfället. Det är 28% som svarar rätt på alla tre uppgifterna. Uppfattningen att det är möjligt att se i mörker verkar vara begränsande för möjligheten att kunna svara rätt på andra uppgifter om seende i andra situationer. Däremot är det större möjlighet att svara fel på de andra uppgifterna även om man kryssat för att varken Nils eller Findus ser i mörker. Benägenheten för detta minskar dock på eftertestet jämfört med förtestet. I denna grupp finns också sådana som inte svarat och svar som varit svåra att bedöma. Med dessa borträknade minskar gruppen som både svarar rätt på uppgiften om mörkerseende, och fel på den andra uppgiften.

Fleer (1996) nådde goda resultat med förskolebarn när det gäller att utveckla deras sätt att resonera om ljus och mörker genom att verksamheten företogs i ett mörkrum. Om man kombinerar resultaten från Fleers studie med resultaten i detta målområde och då särskilt uppgiften "Katten och pojken" är det högst troligt att "mörkerseende" är ett nyckelområde för djupare förståelse av optik. Förslaget till förändrad undervisning bör ändras så att det innehåller ett avsnitt som behandlas i ett mörkrum.

16.4 Ljusets reflektion

För strålkastaren kan de relativt goda resultaten i UG-95 till en del förklaras genom att uppgiften skiljer sig från de övriga på ett sätt. Det är nämligen högst troligt att uppgifter som påminner om denna förekommit på många prov i Sverige i många år. Sannolikheten för detta när det gäller de övriga uppgifterna är inte så stor. På grund av att liknande uppgifter säkert behandlats av lärare och bearbetats av elever på många håll i landet kan det också förklara en del av skillnaden mellan förtestresultatet för experimentgruppen och UG-95.

16.5 Ljusets brytning

Förmågan att svara rätt på uppgiften "Johan och plåtburken" varierade på ett sätt som var unikt i UG-95. I över 76 % av skolorna svarade alla elever fel på denna uppgift medan det i den bästa skolan var en tredjedel av eleverna som svarade rätt. Detta kan möjligen förklaras av att uppgiften varit i omlopp i Sverige alltsedan 1981 då EKNA-rapporten "Ljuset och dess egenskaper" skrevs (Andersson & Kärrqvist, 1981). En del lärare runt landet har säkert läst denna rapport och använt uppgiften som laboration och diskuterat förklaringsmodellen med sina elever. Om en del klasser jobbat aktivt med uppgiften både som laboration och i diskussioner medan de flesta andra klasser inte alls varit i kontakt med uppgiften kan det möjligen förklara den ovanliga fördelningen i UG-95. Med tanke på det är det intressant att i alla klasser utom en i experimentgruppen har minst en elev rätt på uppgiften. Det är också värt att notera att uppgiften undanhållits dessa elever under själva undervisningen, vilket troligen inte är fallet för en del elever inom UG-95. Detta är den enda uppgift där det finns skolor där andelen elever som svarar rätt är högre inom UG-95 än de bästa klasserna i experimentgruppen.

Treagust, Harrison och Grady (1996) använde sig av en analogi för att hjälpa elever att förstå ljusets brytning. De fick dock inga signifikanta skillnader på ett "traditionellt" skriftligt test efter undervisning, men tre månader efter avslutad undervisning kunde eleverna resonera sig fram till bättre förklaringar än en kontrollgrupp. "Johan och burken" är en skriftlig uppgift, men den kanske inte skall beskrivas som "traditionell". Resultaten från den är i viss samklang med Treagust m.fl. (1996), bland annat framkommer att ljusets brytning innebär stora utmaningar för eleverna. Till skillnad mot Treagust m.fl. (1996) uppnås signifikanta skillnader mellan för- och eftertest. Om man dessutom lättar lite på kravet på vad som skall betraktas som rätt är det relativt många elever som anger brytningen på ett någorlunda acceptabelt sätt; 54 % varav 10 procentenheter markerar riktningen från föremål till öga, 35 procentenheter ingen riktning alls och 9 procentenheter från öga till föremål. Det är alltså 45 % av eleverna som antingen inte anger någon riktning alls eller riktning från föremål till ögat. I UG-95 var det 25 % och på förtestet 16 % av eleverna som svarade på motsvarande sätt.

Uppgiften "Johan och burken" är från elevutgångspunkt inte en "ren" uppgift om ljusets brytning då Johans öga finns med i problemställningen. Langley m.fl. (1997) rapporterar att eleverna är mer benägna att beskriva ljus som något som utbreder sig i en bestämd riktning om det inte finns någon observatör med i frågeställningens kontext. Denna iakttagelse stämmer bra med att så stor andel som 35 % inte anger

någon riktning, men ändå redovisar en brytning. Med hänsyn till detta och resultaten från studien av Treagust m.fl. är resultatet när det gäller ljuset brytning efter experimentundervisningen ändå rätt lovande.

16.6 Färger och filtrering av ljus

Även inom målområdet färger är förbättringen mellan för- och eftertest signifikant. Däremot nås inte det uppsatta målet att minst hälften av eleverna skall avge rätt svar på frågan. Det skulle behövas mer utförliga studier av hur eleverna förstår färger för att kunna utveckla detta undervisningsområde ytterligare.

16.7 Avbildning

För detta målområde kan man inte se någon förbättring mellan för- och eftertest, snarare tvärtom. I stora drag gäller detta också om man tar med uppgiften "Var ligger spegelbilden?" som handlar om både reflektion och avbildning. Det är naturligt att fråga sig hur det kan komma sig. En rad olika skäl är tänkbara: Genom intervjuerna vet vi att målområdet ofta behandlades i slutet av undervisningen och att det för många lärare blev ont om tid. En annan bidragande orsak är att ämnesinnehållet om avbildning är mer abstrakt och komplext än de mer grundläggande principerna för ljusets utbredning. Villkoren för punktformig avbildning ligger på en abstrakt plan med hög komplexitet och kan vara svårt att greppa utan omfattande bearbetning.

I uppgift 4B placerar ungefär 70 % av eleverna bilden på spegelns yta efter undervisningen och ungefär hälften av dem väljer en position på spegeln där ljuset bör reflekteras för att komma fram till Mr X respektive Mr O. Ungefär 25 % av elevernas som placerar bilden på spegelns yta väljer en position som skulle kunna överensstämma med ett "synlinjeresonemang" enligt det som presenterades i del 1, utgångspunkter (Goldberg & McDermott, 1986). Ett tecken på att "synlinjeresonemanget" används i något större utsträckning i eftertestet än vid förtestet är att kryssalternativen D och E ökar för Mr O respektive Mr X. Om man summerar de elever som placerar spegelbilden utefter en tänkt "synlinje" antingen på eller bakom spegeln utgör de mellan 25 och 31 % av alla elever beroende på om det rör Mr X eller Mr O.

Det är också intressant att spekulera över hur det kan komma sig att eleverna faktiskt svarar sämre efter undervisning än före. En hypotes är att de faktiskt, i större utsträckning, försöker använda sig av geometrisk optik när de skall lösa dessa uppgifter efter undervisning än före. Dock har inte kunskaperna "satt sig" på ett sådant sätt att de klarar av att hantera stegringen i abstraktionsnivå och komplexitet och därför presterar sämre än med vardagstänkande.

När det gäller detta område behöver förslaget till förändrad undervisning en översyn och en hel del nytänkande. Troligen behöver också det utvecklas nya uppgifter för att problematisera detta område ytterligare. Det vore också bra om nya testuppgifter formulerades och testades.

16.8 Återkoppling och värdering

Genom att jämföra undervisningsförsöken redovisade i avsnitt 4.12 kan man göra en del intressanta reflektioner i förhållande till förslaget som prövats här. De försök där man säger sig ha använt en metod som bygger på "individualiserad kognitiv konflikt" rapporterar inte lika goda resultat som de undervisningsförsök som också tar en utgångspunkt i diskussion och resonemang. Viennot & Chauvet (1997) kom fram till att förvånande upplevelser som kan beskrivas med begreppet kognitiv konflikt ofta endast är ett första steg mot förståelse. De menar att det dessutom krävs att eleverna söker efter konsistens, stödda av ett begreppsligt strukturerande verktyg, för att eleverna skall få möjlighet att utveckla ett mer naturvetenskapligt synsätt.

I förslaget till förändrad undervisning i optik finns inslag av karaktären kognitiv konflikt kombinerat med ett strukturerande verktyg (teorin om ljus) och relativt rikliga möjligheter till diskussion där eleverna ofta får argumentera för sina ståndpunkter. Genom detta kommer de att utsättas för kritiska frågor av kamrater som gör att de "tvingas" söka efter konsistens i sina resonemang.

Här skall det in något om Shapiro också. Kanske också något om den tid som förlupit mellan undervisning och kontroll av utfallet av undervisningen.

17 Intervjuerna

Jag inleder med en kort personlig redovisning av hur jag uppfattat en del av skoldebatten under de senaste åren. Sedan fortsätter jag med en genomgång och tolkning av några skrifter som behandlar det man kan kalla den nya lärarrollen. Detta använder jag slutligen för att tolka resultatet från intervjuerna med.

Under de senaste åren har man intensivt diskuterat vilka arbetsformer man vill skall dominera i skolan. Som lärare i den svenska skolan har jag fram till att min tjänstledighet började höstterminen 1998 ofta hört, och då oftast från arbetsgivaren, att lärarrollen bör genomgå en förändring från att vara "föreläsare" till att bli "handledare". Elevernas roll skall på samma gång övergå från att vara "passiva mottagare" till att vara "aktiva sökare" av kunskap, eller som det på senare tid uttryckts, information. När Lpo-94 implementerades diskuterades det mycket att staten skulle sätta målen för verksamheten och kommuner och skolor lokalt skulle bestämma organisation, arbetsformer och innehåll för undervisningen. Skolorna skulle (skall) ta fram lokala arbetsplaner för alla ämnen och för flera ämnesövergripande samt några allmänna områden. Parallellt med detta arbete diskuterades även organisationen på skolorna och termen arbetslag började dyka upp alltmer frekvent i debatten. Lärarna skulle organiseras i (helst ämnesövergripande) arbetslag i vilka undervisningen skulle planeras och genomföras.

Idag tror jag nästan alla lärare i Sverige känner igen att de är (eller kommer att bli) organiserade i (ämnesövergripande) arbetslag och att de skall övergå till arbetsformer där eleverna skall ges möjlighet att vara aktiva sökare efter information. De senaste åren har Informationstekniken fått en alltmer framträdande roll i denna diskussion. Information finns numera lätt tillgänglig via Internet, olika databaser och CD: s. Det går snabbt och lätt att få tag på aktuell information. Man diskuterar om det är fortfarande rimligt att eleverna skall lära sig fakta om olika saker. Det finns mer fakta än vad man någonsin kan lära sig och den växer samt ändras ständigt. Istället diskuteras om det inte är bättre att lära sig metoder för att söka, kritiskt granska och värdera information för bearbetning till kunskap.

Om jag sammanfattar mina intryck från 1994 och fram till idag kan man säga att det är dubbla budskap när det gäller hur skolan skall organiseras och vilka arbetssätt som skall användas. Å ena sidan har målstyrning införts och val av innehåll, arbetsformer och organisation lämnas till lokala beslut. Samtidigt förordas informationssökande och informationsbearbetande arbetsformer och organisation i ämnesöver-

gripande arbetslag. Genom att vända sig till några olika dokument som styr eller kommer att styra skolornas organisation och arbetssätt kan vi spåra dessa något motsägelsefulla budskap. På Skolverkets sajt kan man på en sida som heter Basinformationssystemet för skolan (Skolverket, 2000), Grundskola läsa:

Från hösten 1994 har den obligatoriska skolan en ny, nationellt fastställd läroplan, Lpo 94. Den är gemensam för grundskolan, sameskolan, obligatoriska sarskolan, specialskolan och anpassades 1998 till att omfatta även förskoleklassen och fritidshemmet. Läroplanen anger skolans värdegrund och grundläggande mål och riktlinjer. Förutom detta finns för varje enskilt ämne en nationellt fastställd kursplan.

Varje kommun skall fastställa en skolplan som visar hur kommunens skolor skall organiseras och utvecklas. Läroplanen, skolplanen och kursplanerna ger sedan utrymme för den enskilda skolans rektor, lärare och elever att anpassa innehåll, organisation och arbetssätt till lokala förhållanden. Planeringen av detta fastställs i skolans arbetsplan.

I Lpo-94 (Utbildningsdepartementet, 1998) tar man upp skollagens direktiv om skolans likvärdighet i hela landet.

Skollagen föreskriver att utbildningen inom varje skolform skall vara likvärdig, oavsett var i landet den anordnas (1 kap. 2 §).

Normerna för likvärdigheten anges genom de nationella målen. En likvärdig utbildning innebär inte att undervisningen skall utformas på samma sätt överallt eller att skolans resurser skall fördelas lika. Hänsyn skall tas till elevernas olika förutsättningar och behov. Det finns också olika vägar att nå målen. Skolan har ett särskilt ansvar för de elever som av olika anledningar har svårigheter att nå målen för utbildningen. Därför kan undervisningen aldrig utformas lika för alla.

Genom dessa två citat kan vi se att det är meningen att skolorna skall ha utrymme att anpassa innehåll, organisation och arbetssätt. Det är intressant att jämföra detta med vad som skrivs om kunskaper, lärande och arbetsformer i proposition om en ny lärarutbildning (Utbildningsdepartementet, 2000):

Goda grundläggande kunskaper är en förutsättning för att barn och elever skall klara den allt viktigare uppgiften att söka efter, självständigt värdera och bearbeta ny kunskap. (sidan 8)

--

Den nya informationstekniken öppnar möjligheter till nya former av information. Lärarens uppgift blir att handleda och att ge barn och elever förutsättningar att utvärdera, kritiskt granska och bearbeta inhämtad information till användbar kunskap. Kunskap finns inte i förpackad överförbar form utan är något som den enskilde själv tillägnar sig. (sidan 9)

--

Läroplanen bör ge de blivande lärarna ett arbetssätt och en syn på kunskap där självständigt sökande efter och värdering av information är grundläggande. (sidan 10)

De tre citaten ovan innehåller ganska tydliga uttryck för vilket arbetssätt som bör råda i den svenska skolan. Eleverna bör i relativt stor utsträckning själva söka efter kunskap eller information. Lärarna skall i den nya läroplanen bibringas ett arbetssätt och en syn på kunskap där självständigt sökande efter och värdering av information är grundläggande. I kontrast till läroplanstexterna förefaller utrymmet för lokal variation av arbetssätt mer begränsat. Med ett konstruktivistiskt sätt att se på kunskap och lärande ringer det en liten varningsklocka när jag läser detta. Med tanke på hur vårt språk och kultur genomsyras av empiristiska sätt att tala om och se på kunskap och lärande undrar jag dels över vad som menas och hur det kommer att tolkas.

I det första citatet framhålls att det är viktigt med grundläggande kunskaper för att kunna söka efter, självständigt värdera och bearbeta ny kunskap. I nästa citat framhålls därutöver att det är viktigt att lärarna skall kunna ge eleverna förutsättningar att utvärdera, kritiskt granska och bearbeta inhämtad information till användbar kunskap. På grund av dessa påståenden blir ett antal frågor aktuella: Finns det två olika sorters kunskap? Är i så fall är den ena sortens kunskap av mer grundläggande art och den andra sortens kunskap, med lämpliga metoder, möjlig att söka, värdera och bearbeta? Är den andra sortens kunskap beroende av att den första sortens kunskap finns först? Vad kan skilja dessa olika sorters kunskap åt? Var går gränsen mellan grundläggande kunskaper och sådana som är möjliga att söka? Är det så att när man kan läsa och räkna ordentligt så har man de grundläggande kunskaperna som krävs för att självständigt kunna söka reda på resten? Kort sagt: Hur vet man vad som är grundläggande kunskaper och hur vet man att just dessa är nödvändiga och tillräckliga för att självständigt kunna söka, värdera och bearbeta ny kunskap?

Nästa fråga som inställer sig är om det är någon skillnad mellan kunskap och information i den kunskapssyn som skall präglade läroplanen? I första citatet förefaller det möjligt att söka efter, värdera och bearbeta ny kunskap direkt, medan det i det andra citatet är tydligt att kunskap inte finns färdigförpackad i överföringsbar form utan måste tillägnas av den enskilde. På sätt och vis är de två citaten motsägelsefulla. Det är också relativt lätt att läsa in i texten att kunskap och information är objekt som är möjliga att söka efter och tillägna sig. Sättet att beskriva information, kunskap och lärande

stämmer relativt väl med "erövrandedemetaforen" (Sfard, 1998) och kan lätt tolkas "empiristiskt".

Hur som helst är det intressant att fundera vidare över relationen mellan information och kunskap. För att göra det tas hjälp av Emin Tengström som i sin bok "Myten om informationssamhället" (Tengström, 1987) ger sin syn på vad information är:

Termen "data" kan sägas representera olika fakta och föreställningar. Representationen kan ske på papper eller annat material eller i elektroniska medier. I digital form består data av nollor och ettor, i analog form av siffror och bokstäver... (sidan 86)

"Data" kan vidare sägas utgöra "potentiell information". En mottagare i en kommunikation av något slag tillägnar sig nämligen "information" genom att tolka data "för att utvinna den mängd fakta eller föreställningar som sändaren avsett". "Information" kan därför också ses som "tolkade data". (sidan 86)

Ordet "information" har emellertid i vardagsspråket en bedräglig dubbelbetydelse (bortsett från att ordet också betecknar själva handlingen att överföra en viss mängd fakta och föreställningar). "Information" betecknar nämligen dels något som *minskar* mottagarens osäkerhet, dels något som *ökar* mottagarens kunskap. I första fallet kan ordet med fördel ersättas av synonymen "upplysning". Information om tågtider minskar min osäkerhet (jag kan omedelbart fatta beslut om avresa). Att erhålla en upplysning är en mentalt sett enkel procedur. Att tillägna sig "information" i den andra meningen är (=potentiell kunskap) är en mycket mer komplex mental process. För mig som humanist skulle det vara mycket svårt att tillgodogöra mig "information" t.ex. om lokomotivets konstruktion. (sidorna 86 och 87)

Det gäller att noga hålla isär betydelserna av det bedrägliga ordet "information". När det står för "potentiell kunskap" krävs det att mottagaren klarar av besvärliga tolkningsprocedurer om informationen verkligen skall kunna omvandlas till kunskap (ett begrepp som jag utförligt behandlat i föregående kapitel). Allén och Selander har rätt när de påpekar att ordet "data", "information" och "kunskap" har helt olika betydelsesdomäner.... (sidan 87)

...Samtidigt inrymmer begreppet "information" i samhällsvetenskaplig mening en besvärlig problematik. Som ovan påpekats ingår i varje omvandling av data till information och varje omvandling av information till kunskap komplexa mentala processer som inrymmer moment av tolkning. Att formalisera sådana processer framstår för mig som omöjligt (åtminstone på basis av dagens kunskap). De svårigheter som är förknippade med tolkningen av verbal kommunikation är framför allt humanister av olika slag väl förtrogna med. (sidan 88)

Jag vill lyfta fram tre saker i citaten ovan. Det första är att tillägnandet av information (i betydelsen av potentiell kunskap) alltid innehåller komplicerade tolkningsprocesser och det andra att dessa är beroende av det man redan kan (jämför med humanisten som skall tillägna sig information om ett lokomotiv). Det tredje är att tolkningsprocesserna

inte (åtminstone inte med dagens kunskap) är möjliga att formalisera. Sammantaget betyder detta att det inte står att finna några allmänna, generella metoder för hur man söker, kritiskt granskar och bearbetar inhämtad information till användbar kunskap (åtminstone inte ännu) och att det är tveksamt om det finns några kunskaper som kan betraktas som grundläggande i den betydelsen att de utgör ett fundament som möjliggör att all annan kunskap kan sökas med hjälp av ett generellt arbetssätt.

I förhållande till citaten från propositionen (Utbildningsdepartementet, 2000) ovan vill jag påpeka att vare sig information eller kunskap är något som finns tillgängligt utan tolkning och att tolkningen görs med hjälp av de kunskaper man har (eller använder). Därför är det arbetssätt som förordas inte alldeles självklart enkelt att tillämpa och det är osäkert vilken karaktär de kunskaper som växer fram ur ett sådant arbetssätt har. Risken att det blir ytligt upprepande av fakta är uppenbar.

I detta sammanhang passar det bra att även fundera lite över begreppet observation. Det är speciellt intressant i samband med hur de naturvetenskapliga lärare som intervjuats beskriver det som de betecknar med "undersökande arbetssätt". Deras uttalanden om observationer tyder på att de ofta betraktar en observation som information ur vilken kunskap relativt okomplicerat kan extraheras. I kontrast till detta kan man hävda att sådant som observeras beror av de föreställningar observatören har (eller använder). Redan filosofen Kant (Sjøberg, 1990) uttryckte att vi aldrig kan se världen direkt, som den egentligen är. Vi ser den genom våra begrepp, förväntningar och vår förståelse. Världen är enligt Kant bara tillgänglig som den är **för mig** och inte som **den är**. Gestaltpsikologen Koffka (Sjøberg, 1990) säger att vi inte ser världen som **den är** utan som **vi är**. 'Fakta' blir till 'fakta' på grund av att vi för med oss teori till situationen. Lika väl som teorin bestäms av fakta bestäms fakta av teorin. I modernare tid har detta problem uppmärksamats av vetenskapsteoretiker som Popper, Lakatos, Feyerabend och Kuhn (Chalmers, 1996). Samma sak behandlades i förarbetena till Lpo 94, Skola för bildning (Carlgren, 1992) där man beskrev fakta och förståelse som ömsesidigt beroende av varandra.

Det är med andra ord ett komplicerat och svårt område som tas upp i propositionen (Utbildningsdepartementet, 2000) när man säger att "lärarens uppgift blir att handleda och att ge barn och elever förutsättningar att utvärdera, kritiskt granska och bearbeta inhämtad information till användbar kunskap". Det viktigaste att notera, och som inte nämns, är att det inte kan handla om någon allmän innehållsoberoende förmåga som skall tränas upp. Elevernas

föreställningar om olika fenomen kommer att påverka vad de "ser" i "informationen" från olika källor. En elev som använder en "källa-förbrukar-modell" för elektricitet kommer med största säkerhet att se helt andra saker i de experiment som görs och i de böcker (eller Internet-sajter) som läses än vad en elev som använder "den slutna kretsen" som modell.

De föreställningar som eleverna har med sig (eller använder) när de observerar information är av ovanstående skäl en avgörande förutsättning när eleverna/ungdomarna utvärderar, kritiskt granskar och bearbetar inhämtad information till användbar kunskap. Av det något utdragna resonemanget ovan kan man också spekulera över de naturvetenskapliga teoriernas betydelse i undervisningen. Om eleverna kunde använda sådana istället för (eller i kombination med) deras egna (visserligen då förmodligen förändrade) föreställningar under det att de utvärderar, kritiskt granskar och bearbetar inhämtad "information" till användbar kunskap skulle förutsättningarna för kunskapsutvecklingen vara helt annorlunda. Även här vill jag citera Emin Tengström (1987):

...Andra talar om en ny klasstruktur i samhället, där den skarpa gränsen går mellan de sk "modell- och teoristarka" å ena sidan och "informationsproletariatet" å den andra. Tanken bakom denna idé är att man i en extremt informationsrik värld måste vara "modellstark" (eller "modellrik", se Hernes, 1983) för att kunna uppfatta och beskriva sammanhang och struktur i tillvaron och "teoristarkt" för att kunna förstå och förklara förändringar. För "informationsproletariatet" eller "de modellfattiga" kommer däremot verkligheten att framstå som ett myller av informationselement utan inbördes sammanhang. (sidorna 57 och 58)

Det finns risk för att ytliga tolkningar av innebörden av att relativt självständigt "söka kunskap" också kan leda till att de klasskillnader som finns i samhället ytterligare förstärks om självständigt sökande efter information kommer att bli det dominerande arbetssättet i skolan. De svagare grupperna som utanför skolan inte har möjlighet att skapa sig modeller och teorier (om inte möjligheten till detta finns i skolan) kan komma att få ännu svårare än i dag att göra sig gällande i samhället i framtiden.

I samband med att lärarorganisationerna våren-00 skulle sluta nytt avtal med Kommunförbundet fanns i avtalsförslaget (Kommunförbundet, 2000) liknande formuleringar som i propositionen till ny lärarutbildning (Utbildningsdepartementet, 2000) om hur människor lär och om hur undervisning bör utformas.

Periodvis kan arbetet förläggas så att lärare ägnar mer tid åt pedagogiskt arbete med eleverna i mindre grupper. Andra perioder tvärt om. I samband med att

eleverna arbetar självständigt får arbetet mer karaktären av stöd och handledning vilket i sin tur kan innebära att behovet av planeringstid minskar. (sidan 5)

--

Syftet med borttagandet av lärares reglerade undervisningstid var att skapa goda förutsättningar för lärare att utöva det pedagogiska ledarskapet i en arbetsorganisation som främjar elevernas lärande.

Begreppet undervisning har traditionellt definierats som att "lära ut" resp "förmedla kunskaper". Den nuvarande läroplanen definierar däremot undervisning som "arbete som planeras av lärare och elever tillsammans och som genomförs under lärares ledning". (sidan 4)

I samma skrift förekommer ordet arbetslag ensamt eller som del i ett annat ord 12 gånger. Eftersom det handlar om ett avtalsförslag som skulle gälla de flesta lärare, förskollärare och fritidspedagoger i Sverige står det klart att tanken var att alla Sveriges kommunala skolor skulle organiseras efter arbetslagstanken. Det är också klart att tanken var att eleverna skulle arbeta mer självständigt och själva söka vägar till kunskap och att detta arbetssätt kräver mindre tid av läraren före och efter själva undervisningen. På sätt och vis är det rätt tydliga signaler om vilken organisation och vilka arbetssätt som önskas i skolorna. Om man jämför med skolförordningen och läroplanen förefaller skolornas frihet när det gäller organisation och arbetsformer mer begränsad i avtalsförslaget. På det sättet kommer avtalsförslaget att delvis stå i motsatsförhållande till läroplan och skolförordning.

Vad har nu detta med mina tolkningar av intervjuerna att göra? Jo, jag menar att ganska många skolpolitiker, rektorer, lärare, föräldrar och elever påverkas av signalerna om förändrade sätt att bedriva undervisning som förs fram på olika sätt, här representerade av propositionen till ny lärarutbildning (Utbildningsdepartementet, 2000) och avtalsförslaget (Kommunförbundet, 2000). Samtidigt föreligger också en risk, på grund av våra "vardagsuppfattningar" om vad kunskap och lärande är, för att skolpolitiker, rektorer, lärare, föräldrar och elever tolkar budskapen inom ramen för "erövrandedemetaforen" (Sfard, 1998) där kunskaper betraktas som objekt som kan överföras från exempelvis böcker och Internet till människor samt mellan människor.

Man kan konstatera att bland de 11 lärare jag intervjuat har sju redan, helt eller delvis, tagit uppmaningarna ad notam och försöker jobba efter den inriktning som beskrivits ovan. Ytterligare två av dem uttrycker önskemål om att försöka utvecklas åt det hållet. De återstående två lärarna har utvecklat ett eget arbetssätt och känner sig nöjda med det. Om man bara tar dessa lärare som exempel kan man säga att re-

geringens och arbetsgivarens önskemål redan hörsammats i stor utsträckning.

Bland dessa 11 lärare redovisar endast ett fåtal något om elevers alternativa föreställningar inom optik. Flera av dem påpekar att det är mycket svårt att få eleverna att betrakta optiska fenomen genom naturvetenskapliga teorier. Jag tror att det finns ett samband mellan att lärarna inte "ser" elevernas alternativa föreställningar och de svårigheter de upplever med att "bibringa" eleverna naturvetenskapliga teorier. Det kan vara så att om lärarna visste mer om elevernas alternativa föreställningar hade de också snabbare kunnat "upptäcka" dem i undervisningen och också bemöta dem på ett bättre sätt. Då hade det kanske inte varit lika svårt att föra in en teori som kan ge eleverna möjlighet att bearbeta en del svårigheter.

I propositionen (Utbildningsdepartementet, 2000) nämns att "lärarutbildningen bör ge de blivande lärarna ett arbetssätt och en syn på kunskap där självständigt sökande efter och värdering av information är grundläggande". Jag menar dock att det är stor risk för att det enbart blir arbetssättet som kommer att ändras. Kunskapssynen förblir i stort sett densamma. Det är stor risk för att tolkningen blir att kunskap finns någonstans "att hämta" och det gäller att komma åt den på något sätt. I "det nya arbetssättet" skall eleverna själva, under handledning, leta reda på kunskapen. Det betyder inte att kunskapssynen måste förändras. Det betyder att synen på arbetsformer ändras. Den syn på kunskap och på hur människor utvecklar kunskap som redovisats i avsnitt 2.3.1 dikterar inte huruvida eleverna skall söka efter kunskap självständigt eller om läraren skall försöka "lära ut" eller "förmedla kunskaper". Intresset är istället inriktat på hur eleverna förstår innehållet i förhållande till hur samhället och kulturen "vill" att innehållet förstås skall. Förhållandet däremellan utgör grunden för planering och genomförande av undervisning och lämpliga arbetssätt väljs utgående från detta.

18 Den filmade lektionen

18.1 Teori och verklighet

Det finns flera intressanta saker att studera i resultatdelen (sidan 223) från lektionsbesöket. Det första är att eleverna blev oerhört engagerade. Detta var något som berörde flera av dem på ett genomgripande sätt. Den andra är att eleverna pratar helt förbi varandra under långa stunder. En tredje intressant sak är att det finns en grupp elever som är osäkra, men vana vid skolan och mycket måna om att de skall få reda på rätt svar på frågan. De är inte lika engagerade i frågan, de vill veta hur de ska svara för att få möjlighet att avge bra svar på det stundande provet.

En del av eleverna blev som tidigare nämnts mycket engagerade i uppgiften. Klassen har haft i hemuppgift att tänka igenom och svara skriftligt på denna och några andra uppgifter i det problemhäfte som ingick i undervisningen. När det visar sig att det råder olika uppfattning om vad som är rätt svar på uppgiften vaknar två av flickorna i gruppen till liv. Deras uppfattning stämmer inte överens med några av klasskamraternas. I början av diskussionen refererar de elever som anser att ljusstrålen kan gå hur långt som helst till mer tänkta situationer, såsom att en ljusstråle kan gå hur långt som helst om den inte träffar på något på vägen. För de mest aktiva flickorna är detta påstående helt absurt. Deras erfarenhet säger dem att en ljusstråle inte går hur långt som helst. De har helt enkelt aldrig varit med om en situation där det funnits några tecken på att en ljusstråle kan gå hur långt som helst. Exemplet med ficklampan som lyser på polisstationen är slående och argumenten knyter an till allas erfarenhet.

Läraren lyfter fram detta exempel och ställer en fråga om huruvida det kommer fram några ljusstrålar till polisstationen även om det inte syns någon ljusfläck på den.

Företrädarna för att ljusstrålar kan gå hur långt som helst svarar snabbt och utan tvekan ja. Man kan undra varför: Är det för att de, på grund av frågans karaktär, vet att det är det svaret läraren är ute efter? Eller är det för att de, trots sina erfarenheter, kan tänka sig ljusstrålar som kommer fram till polisstationen. Med tanke på att de i läxan hade svarat på samma sätt är det inte helt osannolikt att de faktiskt delvis bortser från sina erfarenheter och i stället använder sig av en tankemodell för problemet.

En flicka ställer en fråga om man kommer att se ficklampan lysa om man står vid polisstationen. Kanske funderar hon över skillnaden mellan något som blir upplyst och om det är möjligt att se en ljuskälla långt bort utan att den för den skull lyser upp särskilt mycket. Kanske försöker hon koppla sina erfarenheter till det nya som sägs.

E2 kommenterar detta med "Ja, men det är lättare att se en än att se den som ser, he, he". Denna kommentar kan referera till att hon upplevt skillnaden mellan hur väl (eller dåligt) en ficklampa lyser upp ute en mörk natt och hur det är att bli bländad av en ficklampa i samma mörka natt. En skillnad som är påtaglig.

De två flickorna fortsätter att komma med olika exempel för att övertyga om att deras ståndpunkt är den enda vettiga. De andra får svårare och svårare att argumentera, eftersom de blir "tvungna" att kommentera de exempel som ges. Trots detta verkar de anse att det inte är några problem med att en ljusstråle kan gå hur långt som helst. Trots att de inte kan försvara sin ståndpunkt vägrar de att överge den. De pustar och stånkar och ger mindre uttryck för att tjejerna kommer med dumma exempel. Det är lätt att argumentera för att skälet till att göra så är att de vet vart läraren vill komma. Detta sociala spel har säkerligen betydelse, men det skall mycket till för att förfäktas en idé som man inte förstår och dessutom försöka förklara de exempel som ges för att "motbevisa" deras ståndpunkt med en teori som man varken förstår eller håller med om.

I denna argumentation finns det också någon/några flickor som deltar, fast mera i utkanten. Då och då, på strategiska ställen, flikar de in med frågor som berör de punkter där de väldigt gärna vill ha svar. Med strategiska ställen menar jag sådana där flickorna vill ha svar på frågan och/eller på det de inte förstår. De förefaller dock vara så att de anser att det är viktiga frågor att få svar på inför kommande skrivingar snarare än för den egna förståelsen.

Jag tror inte att någon av eleverna är medveten om att hon/han försöker föra en diskussion på två nivåer samtidigt. Detta kan göra situationen än mer frustrerande. De kan inte identifiera orsakerna till svårigheterna att kommunicera. Eftersom ingen vet om att idén att ljusstrålar går hur långt som helst är en tankekonstruktion och inget som går att uppleva blir det också omöjligt att förstå för några i gruppen. Det kan till och med vara en avgörande faktor till varför en del ger upp sina försök att förstå undervisningen.

De två flickorna som var mest engagerade under diskussionen känner sig frustrerade i slutet. Deras mycket starka argument har ingen giltighet, trots att läraren försöker ta dem på allvar. För dem blir hela

Frank Bach

innehållet obegripligt. De går därifrån frustrerade och en aning arga. Fysik är obegripligt. Båda dessa flickor är frånvarande under några av de kommande lektionerna och intresset för optik hos dem minskar sakta. En av dem struntar i stort sett i resten av optikundervisningen. Utvecklingen av denna lektion är troligen inte enda orsak till att de tappar sugen, men bidrar förmodligen.

19 Svar på frågorna

19.1 Angående eleverna och det skriftliga testet

Nu är det dags att samla ihop trådarna och svara på de frågor som ställdes i kapitel 8:

Vad svarar elever på skriftliga frågor om optik före respektive sex månader efter avslutad undervisning?

Denna fråga är besvarad genom att elevernas svar på testuppgifterna är redovisade i resultatdelens kategorischema och tabeller.

Finns det några kvalitativa skillnader mellan elevsvaren före respektive efter undervisningen? Om så är fallet, hur kan skillnaderna beskrivas?

Ja, det är ganska stora kvalitativa skillnader mellan elevsvaren före respektive efter undervisning för flera av uppgifterna. Skillnaderna beskrivs genom det kategorisystem som redovisats i resultatdelen. För flera av uppgifterna kan man notera att det är några specifika sätt att svara på förtestet som tenderar att minska kraftigt medan några andra kvalitativt bättre sätt att svara på ökar. Detta gäller dock inte alla områden. Inom målområdena "ljusets existens och utbredning", "seendet" och reflektion visar eleverna prov på de största förbättringarna. När det gäller "ljusets brytning" och "filtrering av ljus" är förbättringarna inte lika framträdande och det uppsatta målet att minst hälften av eleverna skall svara rätt på uppgifterna nås inte. Slutligen när det gäller avbildning är det inte fråga om någon förbättring alls och målet är inte heller nått.

Finns det några kvalitativa skillnader mellan hur eleverna svarar i denna studie jämfört med ett slumpmässigt urval av elever som undervisats på annat sätt?

Ja, det är kvalitativa skillnader mellan hur eleverna svarar på frågorna efter den föreslagna undervisningen och på hur eleverna i UG-95 och EKNA svarar. Det är mer än dubbelt så stor andel av eleverna som svarar rätt i experimentgruppen än i UG-95. För samtliga uppgifter, som förekommit inom både UG-95 och experimentgruppens tester, har experimentgruppens elevsvar, i genomsnitt, förbättrats från att vid förtestet vara lika bra eller något sämre än genomsnittet i UG-95 till, vid eftertestet, vara jämförbara med åtminstone de 25 % bästa skolorna i UG-95. För flera uppgifter är resultaten bättre än så.

Genom att jämföra de bästa klasserna inom experimentgruppen och de bästa skolorna från UG-95 har det framkommit att för alla uppgifter (av dem som finns med i båda sammanhangen) utom "Johan och plåtburken" är de bästa klasserna i experimentgruppen lika bra eller bättre än de allra bästa skolorna i UG-95.

Om man väger samman de olika metoderna för att studera förändringen och likheter och skillnader mellan prestationer inom UG-95 och i experimentgruppen anser jag att man kan säga att eleverna presterar klart bättre efter undervisning med hjälp av förslaget till förändrad undervisning än efter annan undervisning representerad av ett slumpmässigt urval i landet.

19.1.1 Generaliserbarhet

Det finns några frågor som rör generalisering av resultaten som det skulle vara intressant att få svar på: Skulle andra elevgrupper som undervisas av andra lärare uppvisa liknande förbättringar när det gäller deras sätt att svara på frågor i optik som denna grupp gör? Skulle skillnaderna mellan pojkar och flickor utjämnas lite om andra lärare använde förslaget till förändrad undervisning? Är metoden (se sidan 25) att utveckla undervisning möjlig att överföra till andra innehåll?

På ett sätt är det rätt lätt att svara på frågorna ovan. I strikt mening är det inte möjligt att göra denna typ av generaliseringar på grund av att urvalet av försökspersoner inte är slumpmässigt. Det är möjligt att lärarna och eleverna som deltagit i studien är mer motiverade eller har bättre förutsättningar på något annat sätt. Motsatsen är också möjlig. Andra lärare och elever kanske skulle nå bättre resultat än experimentgruppen.

Men på ett annat plan är det betydligt svårare att ge ett bra svar och det beror på att det inte helt självklart vad som menas med generalisering. För att illustrera detta tas tråden upp från avsnitt 9.6. David Hume (1771–1776) menade att slutsatser om orsak och verkan var ett utslag av vanans makt och att det enda man kunde konstatera var att en viss sak har hänt ett visst antal gånger och att vi inte vet om det kommer att hända igen (Hume, 1992). Ändå gör vi människor den typen av generaliseringar. Ett exempel på detta kan vara att varje gång ett barn "tappar" ett föremål faller det till marken. Våra barn (i familjen) var rätt förtjusta i att "tappa" föremål gång efter annan under rätt långa sammanhängande stunder, särskilt om mamma eller pappa var med och plockade upp sakerna igen. Efter ett tag kanske barnet är mer eller mindre övertygat om att föremål som "tappas" faller nedåt (eller att pappa är dum nog att plocka upp sakerna hela tiden).

En dag får det lilla barnet en ballong fylld med helium i samband med ett besök på ett nöjesfält. Av en olyckshändelse tappar barnet ballongen och den stiger till väders och faller inte alls nedåt mot marken. Denna händelse kan illustrera att man inte kan vara säker på att en viss händelse alltid leder till att en annan inträffar. Det är inte alltid som händelsen "att tappa ett föremål" leder till "föremålet faller till marken". Ändå är det en god generalisering att för väldigt många föremål som släpps kommer de att falla till marken. Om en företeelse ofta inträffar på grund av en särskild åtgärd är det mycket ofta en användbar och duglig generalisering att utgå från att det troligen händer igen nästa gång man provar.

I kontrast till generaliseringar som görs på grund av "vanans makt" finns också exempel på generaliseringar som är mycket kloka att göra trots att man endast råkat ut för en händelse en enda gång. Om ett litet barn (eller vuxen för den delen) exempelvis bränner sig på en het kamin första gången hon stöter på en sådan gör hon säkerligen från denna mycket speciella händelse en snabb och klok generalisering så att hon inte direkt testat om hon bränner sig om och om igen. Förmodligen kommer hon också att generalisera så att nästa gång hon stöter på en kamin kommer hon att närma sig den med största försiktighet. Det är lätt att vara överens om att denna typ av generaliseringar är både bra och kloka att göra.

Det intressanta är varken i det första eller andra exemplet ovan är det frågan om ett slumpmässigt urval av händelser som leder till generaliseringarna. Det är något vi människor gör för att hantera världen vi lever i. Kan man då inte använda sig av "vanans makt" för att argumentera för att resultaten i denna avhandling är generaliserbara till andra lärare och elever? Först genomfördes en pilotundersökning som visade att eleverna kunde nå resultat på skriftliga test som var ovanligt bra jämfört med förtestresultat och UG-95. Därefter genomfördes en revision för att rätta till svagheter som upptäckts och liknande resultat uppstod igen med andra lärare och elever.

För flera år sedan genomfördes ett utvecklingsarbete när det gäller undervisning om gaser och deras fysikaliska egenskaper med en metodik (Andersson & Bach, 1995; Bach, 1993) som vidareutvecklats i denna avhandling. Då (liksom nu) ledde den nyutvecklade undervisningen till att eleverna i experimentgruppen (den gången årskurs 7) presterade bättre på skriftliga frågor än ett slumpmässigt urval elever som testades i den nationella utvärderingen 1992 (årskurs 9) (Andersson m.fl., 1993). Ytterligare något år före detta utvecklades undervisning om elektriska kretsar baserad på forskningsresultat om elevers sätt att förstå vattenkretsar och forskning om analogiers egenskaper. Genom mikroundervisning med en elev åt gången kunde

många av eleverna resonera om elektriska kretsar på ett kvalitativt bättre sätt sju månader efter avslutad undervisning än vad de kunde göra före (Andersson m.fl., 1992).

I analogiprojektet bestod undervisningssituationen av en lärare och en elev för att i gasprojektet bestå av en lärare och en klass till att i optikprojektet bestå av först två lärare och två klasser i pilotprojektet och sedan åtta lärare och 13 undervisningsgrupper. Trenden håller i sig. Metoden att använda sig av forskningsresultat om hur elever resonerar om olika naturvetenskapliga fenomen för att utveckla nya förslag till undervisning har gett lovande resultat vid samtliga nämnda tillfällen.

Påminner inte det just genomförda resonemanget om empirism och induktivism som tidigare i avhandlingen har kritiserats? Jovisst, det finns många lockelser där som är lätta att falla för. Därför får man nöja sig med att påstå att det är en bra hypotes att många lärare och elever runt om i Sverige skulle kunna ha god användning av förslaget till förändrad undervisning och att det vore intressant att försöka göra en undersökning som möjliggör generalisering utanför experimentgruppen.

19.2 Angående lärarna

Inte helt oväntat finns det både likheter och skillnader mellan hur lärarna uppfattat det material de fått tillfälle att prova. Om vi börjar med likheterna så är alla överens om att problemsamlingen är bra. Den innehåller många utmanande och roliga uppgifter. De anser också att lärarhandledningen är bra och stimulerande. Man är vidare överens om att undervisningsförslaget behöver mer tid att genomföras än den undervisning som de själva brukar ha. Det är dock två lärare som inte haft möjlighet att ge det mer tid, medan de tre övriga har ökat på tiden, i något fall nästan till det dubbla.

Hur beskriver lärare sin vanliga undervisning i optik?

Frågan är mer utförligt besvarad i resultatdelen om intervjuerna. Som en kort sammanfattning kan man säga att lärarna väljer delområden inom optiken på nästan identiskt sätt. Ett intressant tillägg till det gemensamma urvalet noterades. Två lärare hade utvecklat speciella lektioner om ljuset linjära utbredning som de ägnade en del tid åt i början av undervisningen. Däremot skiljer sig arbetsformerna åt mellan lärarna. Några beskriver sig som "diskuterande föreläsare", andra fokuserar elevernas egna aktiviteter och sökande efter information mera. En tredje grupp fokuserar diskussionen med eleverna och på detta sätt försöka samverka med elevernas sätt att se på de fenomen som behandlas i undervisningen. I efterintervjun dyker en fjärde ar-

betsform upp: lärarna använder en naturvetenskapligt teori som hjälp i planering, genomförande och uppföljning av undervisning.

Hur beskriver lärarna att de förändrat sin undervisning i förhållande till förslaget (till förändrad undervisning) och sin vanliga undervisning i optik?

Först måste konstateras att det inte framträder någon entydig bild av detta. Det finns både likheter och skillnader mellan hur lärarna beskriver att de förändrat sin undervisning. En mycket intressant likhet är att tre av lärarna rapporterar att de upplevt att eleverna ibland blivit väldigt engagerade. Diskussionerna har då och då blivit högljudda och eleverna nästan blivit "ovänner". De har haft olika åsikt om hur man skall förstå eller förklara något fenomen. På något sätt har undervisningen om optik berört en del elever på ett relativt djupt känslomässigt plan. En förklaring till detta kan vara att någon av grundvalarna för det system med vilket eleverna betraktar världen är lite skakade. Grundvalar är man inte beredd att ge upp utan lite kamp. Detta kan vara en förklaring till varför diskussionernas vågor har gått lite höga. Denna typ av känsloutlösningar stämmer bra med konstruktivismens idéer om hur lärande går till. Det är onekligen mycket intressant om en naturvetenskaplig teori om ljus och dess utbredning ger upphov till starka känslor hos eleverna. Man kan tolka detta som att eleverna utsätts för en "kognitiv konflikt" och är inte beredda att överge sin uppfattning om ett fenomen utan "strid". Det tyder också på att det som de är med om i dylika diskussioner kommer att påverka eleverna på ett djupare sätt än vad undervisningen gör normalt sett. Det kanske blir något mer än att "bara" komma ihåg.

Minst lika intressant är att det också är stora skillnader mellan lärarna. Några av dem (Abel och Boel) tolkar undervisningssekvensen som att det handlar om elevernas eget undersökande och tänkande medan två andra (Anna och Bertil) istället framhåller diskussion och resonemang i förhållande till en sammanhållande naturvetenskaplig teori som det viktigaste inslaget. Den femte läraren (Cecilia) ansluter till detta med diskussion, men det är inte riktigt tydligt hur hon använt teorin om ljuset och dess utbredning i undervisningen. Hon betonar dock tydligast av alla betydelsen av elevernas förförståelse för undervisningen.

Utan att hävda något orsakssamband är det också intressant att notera att de lärare som tidigare varit inriktade på att eleverna själva skall söka sitt kunnande i böcker, bibliotek och på Internet tenderar att lämna detta helt och istället styr undervisningen ganska kraftigt medan några av dem som tidigare styrt eleverna rätt tydligt nu istället låter dem jobba mycket mer självständigt.

En annan intressant skillnad är hur olika lärarna uppfattar elevernas svårigheter med uppgifterna. Någon tycker att det var lätt för eleverna efter att de fått en teori att hålla sig till. En annan lärare redovisar att eleverna först tyckte det var lätt, men att eleverna efter hand upptäckte att det var lurigare än vad de först trodde.

En av lärarna (Abel) uppfattade undervisningsförslaget som att eleverna skulle ta sig an frågorna i grupper eller enskilt utan att läraren gav någon hjälp till eleverna att svara. Om eleverna kände sig osäkra på svaret uppmuntrade han dem att sträva på för att saker och ting kommer att falla på plats efter hand. Till den avslutande diskussionen.

Det är svårt att formulera någon entydig orsaksförklaring till varför lärarna tolkade undervisningsförslaget så olika. En kan vara att i några fall står lärarna inför att försöka prova "det nya arbetssättet" som handledare och elevernas " eget sökande efter kunskap" och tolkar undervisningsförslaget som ett material ämnat för detta, medan några andra lärare redan provat ett tag och skapat sig en del erfarenheter som de kan bearbeta i förhållande till undervisningsförslaget. Det är troligt att debatten om den nya lärarrollen påverkat några lärare att tolka in vissa arbetsformer i undervisningsförslaget. Genom att kombinera resultat från intervjuerna med resultaten från testen (Tabell 10.1, sidan 103) kan man notera att de klasser som uppnått bäst resultat har undervisats av lärare som starkt fokuserat den naturvetenskapliga teorin och elevernas diskussion om sina idéer i optik samt styrt händelserna på lektionerna relativt mycket. För två av dessa tre lärare är det också värt att notera att man inte haft möjlighet att ägna mer tid till optik än normalt samtidigt som resultaten inte är sämre än för dem som kanske ägnat dubbelt så mycket tid som normalt, snarare tvärtom. Kopplingar mellan intervjuerna och resultat på de skriftliga testerna måste dock göras med yttersta försiktighet och kan på sin höjd betecknas som tendenser och inte som några fastställda samband. Den läsare som vill fundera vidare själv kan använda informationen att grupp 2 undervisats av Anna, grupp 4 av Boel, grupp 6 av Abel, grupperna 8-10 av Bertil och slutligen grupperna 11-13 av Cecilia.

Hur påverkar lärarnas syn på kunskap, naturvetenskap och lärande deras möjligheter till förändring och utveckling i föreslagen riktning?

Denna fråga är den som är svårast att ge ett bra svar på. Lärarna agerar olika och det förefaller som om de gör det beroende på sin syn på just kunskap, naturvetenskap och lärande. Hur sambanden mellan lärarnas syn på dessa olika saker och möjligheter till förändring och utveckling i föreslagen riktning kan dock inte besvaras på ett fullständigt sätt i denna avhandling.

Synen på kunskap som ett objekt som skall erövrats på ett eller annat sätt förefaller vara relativt allmän bland dessa lärare. Därför blir en diskussion om kunskapssyn och lärande lätt istället en diskussion om arbetsformer för att nå den åtråvärda kunskapen och inte en diskussion om kunskapssyn och vad lärande innebär. Troligtvis påverkar detta möjligheterna på vilket sätt avsikten med förslaget till förändrad undervisning förstås. Det är först när synen på kunskap som något som "is neither solely in the subject, nor in a supposedly independent object, but is constructed by the subject as an indissociable subject-object relation" (Furth, 1969; sidan 19) som det blir möjligt att inse betydelsen av elevernas innehållsliga förståelse för planering och genomförande av undervisning. Denna kunskapssyn erbjuder en möjlighet att inte i första hand diskutera arbetsformer i undervisningen utan istället låta valet av arbetsform bli en följd av vilka krav som ställs på undervisningen på grund av målen och "vägarna" för elevernas lärande. Detta synsätt ansluter också till begreppet "learning demand" (Leach & Scott, 2000).

Påverkas lärarnas sätt att prata om elevernas föreställningar i optik från förintervjun till efterintervjun? På vilka sätt i så fall?

Inte så mycket som det var avsett och det hänger troligen ihop med svaret på den förra frågan. Det gäller i och för sig även för denna fråga att det varierar mellan de olika lärarna. Det är främst Cecilia som spontant talar om hur hon tidigare tog för givet att eleverna såg på grundläggande begrepp inom optik på samma sätt som hon själv, men att hon genom arbetet med förslaget till förändrad undervisning blivit medveten om att det inte alls behöver vara så och vilken betydelse det kan ha för undervisningen.

Har lärarna använt förslaget, och hur i så fall, att införa en grundskoleanpassad naturvetenskaplig teori för ljusets egenskaper och utbredning?

Även på denna fråga blir svaret: I varierande omfattning. Två av lärarna redovisar tydligt att de har använt "teorin om ljus" i stor omfattning och funnit att det är mycket användbart både som instrument för planering av själva undervisningen och som ett viktigt inslag för elevernas lärande. I intervjun om lärarnas vanliga undervisning kunde man ana en viss uppgivenhet hos lärarna för att det inte gick att ta med särskilt mycket teori i undervisningen, medan hoppet för naturvetenskapliga teorier i undervisningen är betydligt större i efterintervjuerna.

Det är inte alltid så självklart vad som menas med ordet teori i intervjuerna. Användningen varierar med sammanhanget och individen. Ibland används ordet i kontrast till laborativt, skillnaden mellan teori

och praktik fokuseras. I den användningen är det motsatsparet abstrakt – konkret som lyfts fram. I andra sammanhang får ordet teori stå för något som är svårt. I en intervju får ordet samma betydelse som hypotes, i vissa fall ganska nära betydelsen av ordet tro. En elev tror på ett visst utfall av ett experiment, det är hans eller hennes teori.

När det gäller syn på kunskap och lärande i denna avhandling används ibland ordet teori i samband med betraktelser av olika sätt att förstå fenomen. Sätt att "se" och förstå världen är "teoriimpregnerade". Det finns inget objektivt, oberoende sätt att exempelvis studera utfallet av ett experiment. Slutligen används också ordet teori för en naturvetenskaplig teori, i det här fallet geometrisk optik. I den användningen av ordet avses möjligheterna att beskriva, förklara och förutsäga fenomen inom optik på ett naturvetenskapligt sätt.

Det är den sistnämnda betydelsen av ordet teori som avses i frågan och med alla olika betydelser i omlopp är det troligt att det behövs genomgående resonemang om olika betydelser av ordet teori i nästa version av förslaget till förändrad undervisning för att genom kontraster tydliggöra vilken betydelse av ordet som avses i olika sammanhang.

19.3 Angående lektionen

Trots att undervisningssituationen präglas av stor öppenhet och diskussioner har flera av eleverna i gruppen mycket svårt att acceptera innehållet. Deras vardagserfarenheter hjälper dem inte när de försöker förstå undervisningen, snarare tvärtom. Om man ser det med den begreppsapparatur som Posner m.fl. (1982) föreslår är det nya kunnandet varken begripligt, trovärdigt eller användbart för några av flickorna. Frågan är om och hur undervisningen på ett bättre sätt skulle kunna hjälpa dem med detta.

Ur ett sociokulturellt perspektiv handlar det om, om jag förstått det rätt, att eleverna skall ges rikliga tillfällen att föra samtal där det är nödvändigt att använda det språk som utvecklats inom detta område av naturvetenskapen. Denna undervisningsgrupp har givits ganska stort utrymme för sådana diskussioner, men i det här fallet förefaller det inte tillräckligt. När det gäller elevernas möjligheter att komma underfund med dessa aspekter enbart med "tillgång till en samtalsmiljö där naturvetenskaplig begreppsbyggnad är nödvändig och bekräftas i kommunikativa projekt" (Säljö, 1995), tror jag att det är alltför optimistiskt. Det är mycket stor risk att eleverna lotsas fram till ytliga svar och att detta inte hjälper dem i annan situation. Schoultz (1998; 2000) visade trots allt att elevernas motiveringar i mycket stor utsträckning var hämtade från vardagserfarenheter.

För att ha riktigt stor glädje av naturvetenskapen i andra sammanhang än skolan behövs de naturvetenskapliga teorierna. "Det är teorierna som gör världen begriplig" som Per Svensson skrev i Expressen 26/8 1995. För att återknyta till resonemanget i avsnittet ovan passar också Walléns (1996) (se sidan 66 ff i del 1)) beskrivning av vad en teori är mycket bra för att tydliggöra vad en naturvetenskaplig teori är. Sammantaget aktualiserar detta behovet för eleverna att veta mer om vad en teori är med dess förtjänster och begränsningar, en slags metaförståelse om "nature of science". Det räcker inte att samtalsmiljön håller sig till att behandla de naturvetenskapliga begreppen, det krävs också att diskussionerna behandlar skillnader mellan vardagligt och vetenskapligt tänkande och behandlar fördelar och nackdelar med dessa. Här är lärarens roll som vägledare in i den naturvetenskapliga kulturen mycket viktig.

20 Resultaten väcker nya frågor

Genomgången i bakgrunden visar att eleverna ofta redovisar föreställningar om optik som avviker från vetenskapliga modeller. Det framkommer också att föreställningarna före och efter undervisning kan skilja sig åt. Efter undervisning är det vanligt med "blandmodeller" mellan vardagsföreställningar och de vetenskapliga. Resultaten från eftertestet i denna undersökning bekräftar i viss utsträckning detta och det väcker undran om det kan finnas andra källor än elevernas egna funderingar som påverkar dem till att skapa dessa blandmodeller.

Främst den filmade lektionen och de olika argument som levereras angående ljus och ljusstrålar sätter igång funderingar om relevansen hos strålbegreppet som det presenteras och används i läroböcker och undervisning.

På det sättet kan man säga att resultaten leder till två nya frågor:

Hur står sig läroböckers introduktion av ljus och ljusets egenskaper i förhållande till forskningslitteraturen om ungdomars sätt att förstå fenomen och begrepp som beskrivs inom optik?

Är begreppet ljusstråle som det används i läroböcker och undervisning relevant?

20.1 Optik i några läroböcker

Det finns undersökningar som tar upp vilken betydelse "lärartraditioner" respektive läroböcker kan ha för elevernas konstruktion av kunskande som avviker från det önskade (Guesne, 1985; Sanders, 1993). Det kan därför vara intressant att granska hur begrepp inom optik presenteras i vanliga svenska läroböcker.

Urvalet är gjort som ett nedslag bland de böcker som finns på marknaden. Några av böckerna har varit (eller är) vanliga i skolorna och en av böckerna är rätt ny och kanske inte så vanlig. Följande böcker har jag granskat:

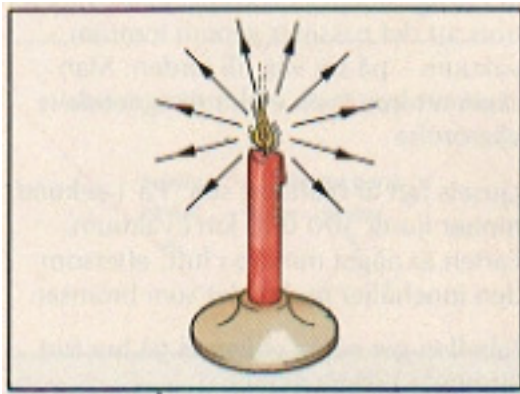
- Försök och Fakta (Schultze & Svensson, 1993)
- Puls Fysik (Sjöberg & Ekstig, 1995)
- NO-Fysik (Zetterberg, Persson, & Revemark, 1997)
- Försök och Fakta (Schultze & Svensson, 2000)

För att denna del av arbetet inte skulle bli för stort har jag begränsat mig till dessa fyra läroböcker och till det som eleverna kan läsa. Jag

har alltså inte tittat i några lärarhandledningar, laborationshandledningar eller andra kommentarmaterial.

Om vi börjar med ljusets utbredning är det vanligt att det i böckerna finns en relativt kort text om detta som kompletteras med en illustration. I *Försök och Fakta* (Schultze & Svensson, 1993) skriver man:

Det ljus som sänds ut av en ljuskälla brukar man rita som linjer, **ljusstrålar**, som går åt alla håll. Det beror på att ljuset går rakt fram, tills det träffar på något i sin väg. Man brukar rita pilar på ljusstrålarna för att markera åt vilket håll de går (sidan 191).



(sidan 191)

Texten illustreras med en tecknad bild där ljusstrålar sprids i alla riktningar. Strålarna startar från varsin punkt fritt i förhållande till ljuskällan och är ritade så att samtliga strålar är någon centimeter lång. Som elev kan man få intrycket att ljusstrålarna "finns" i den närmaste omgivningen runt ljuskällan, men när man kommer en bit längre bort är det inte uppenbart att de "finns" där också. Ingenting i illustrationen hjälper eleverna att tänka sig att varje punkt på ljuslågan sänder ut ljus i alla riktningar. Just detta är en av de viktigaste grunderna för att förstå hur man kan se varje "punkt" på ett föremål (både primär och sekundär ljuskälla) från en förskräcklig massa olika riktningar. Framställningen påminner mycket om den som citerats i Figur 4.14 sidan 51

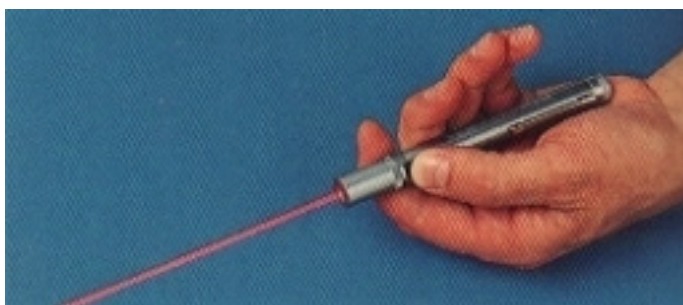
I en annan bok (Zetterberg m.fl., 1997) tar man upp problematiken om var det finns ljus mellan två personer där den ena lyser med en ficklampa på den andra.



(sidan 16)

I bilden har man tydligt ritat ut ljus i närheten av ficklampan. Närmast lampan är det starkt för att rätt så snabbt avta till att bli ingenting vid ungefär en tredjedel av avståndet mellan de två personerna. Det är åtminstone två saker som är intressanta att diskutera i detta sammanhang. Det första är att illustrationen ger intrycket av att det går att se ljus från sidan mellan de två personerna och det andra är att ljuset tycks finnas närmast ficklampan men en bit därifrån är det inte självklart att det finns ljus. Det verkar också vara så att personen som håller i ficklampan blir något mer upplyst än den personen som lampan är riktad mot. Om eleverna förväntas använda bilden som ett stöd för att svara på frågan (om var det finns ljus i bilden), som finns i anslutning till bilden, kan man tycka att det krävs stort mod för att säga att det finns ljus överallt mellan de två personerna och det måste vara mycket svårt att förklara hur det kan komma sig att det går att se ljuset närmast ficklampan, men att det inte går en bit längre bort. Eleverna kanske då försöker förklara detta för sig själva med att starkt ljus går att se från sidan, medan svagare ljus inte går att se, ett antagande som inte stämmer med den naturvetenskapliga modellen. Enligt denna måste ljus komma in i ögat för att vi skall uppfatta det, några alternativ finns inte.

Ytterligare ett exempel ur samma bok som kan göra att elever får hjälp att bygga sin kunskap i en riktning där vardagsuppfattningar blandas med mer vetenskapliga är en bild där man visar en laserpekare med en bildtext för att varna för att titta in i ljuset från en sådan då det är "våldigt koncentrerat".



(sidan 64)

I bilden kan man tydligt se en "laserstråle" mellan laserpekaren och det nedre vänstra hörnet av bilden. Om man gör experimentet ser man inte någon ljusstråle överhuvudtaget. I och med att det handlar om ett foto och inte en tecknad bild är det också troligt att många tror på bilden att det är möjligt att se en ljusstråle från sidan. Jag kan inte heller låta bli att fundera över varför det inte skulle vara farligt att titta på detta "koncentrerade ljus" från sidan, utan bara om man tittar rakt in i det. Kan det vara så att ögonen är aktiva på något sätt för att se ljuset från sidan, men passiva mottagare om ljuset kommer in rakt i ögat? Kan det till och med vara så att kameran är aktiv på något sätt för att

"se denna ljusstråle" från sidan? Om man lägger en linjal utefter "laserstråle" kan man se att den inte är riktigt parallell med laserpennan. För att producera denna bild måste man ha använt ett bildbehandlingsprogram av typen PhotoShop eller liknande, men i sin ambition att göra en bra bild är det möjligt att man orsakar betydande svårigheter att förstå.

Längst ner på samma sida finns en bild på en lysande ficklampa.



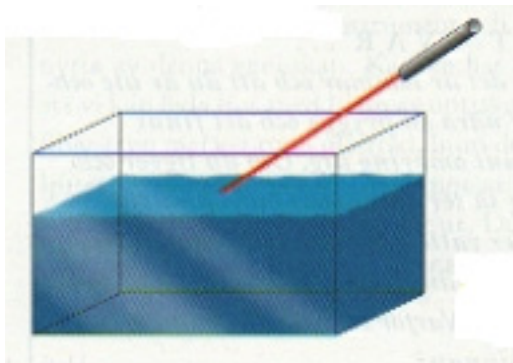
(sidan 64)

Framför reflektorn sitter en pappskiva med ett litet hål och strax till vänster om detta finns det en "smal ljusstråle". Om man tittar noga på bilden kan man se att "ljusstrålen" inte "börjar" alldeles intill skivan med hålet i. Detta kan antingen bero på att det var svårt att åstadkomma detta med PhotoShop utan att förstöra bakgrunden eller att det inte fanns något kritdamm (eller liknande som kan sprida ljuset till ögonen eller kameran) alldeles intill pappskivan i det ögonblick bilden togs. Eller är det så att ljusstrålar inte börjar förrän en bit utanför pappskivan (jämför bilden ovan med det levande ljuset) och att ljuset går att se från sidan? Som elev är det lätt att tro på bilden och därmed bygga sitt kunnande med hjälp av den. En annan intressant detalj i bilden är att "ljusstyrkan" avtar ju längre bort från ficklampan "ljusstrålen" kommer. Det var inte fallet med "laserstrålen" i bilden ovan. Vad föranleder denna skillnad? Fortsätter laserljus med oförminskad styrka i all oändlighet medan "vanligt" ljus från en ficklampa avtar efter hand, liksom av sig själv?

Överst på nästa sida föreslås ett experiment:

Häll vatten i en liten genomskinlig vanna och mörklägg rummet. Med laserpekaren eller ficklampan skickar du en fotonstråle snett ner mot vattenytan, som figuren visar. Fotonernas väg genom luften ser du tydligare om det finns lite dammpartiklar i luften, t. ex. kritdamm. För att se strålens väg genom vattnet lite bättre kan man hålla några droppar mjölk i vinnan. Hur ser ljusstrålen ut om du tittar på den från sidan? Händer något med strålen när den går från luft in i vatten?

Hur ser det ut om du riktar strålen så att den går från vattnet och ut mot luften?
(sidan 65)



(Sidan 65)

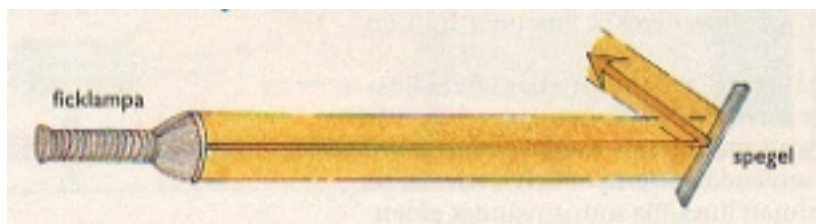
I texten står det att man kan ha damm i luften och mjölk i vattnet för att se ljusstrålarna "tydligare". De "strålar man ser" följer dock inte den "bana" som läroboken föreslår att ljusstrålen har, eftersom de har hamnat i ögat.

I illustrationen till det föreslagna experimentet finns det en tydligt utritad ljusstråle mellan laserpekaren och vattenytan. Till skillnad mot den förra bilden med laserpekare från samma bok är denna tecknad, men jag tror att man ansträngt sig lite för att stilistiskt hamna relativt nära fotografiet. Det betyder att även denna bild kan leda eleverna kan ledas till att tänka att det är möjligt att se ljus "från sidan"

I en tredje fysikbok för grundskolans senare del (Sjöberg & Ekstig, 1995) inleds avsnittet om ljus på följande sätt:

Först när ljusstrålarna kommer in i ögat uppfattas de av näthinnan. Det betyder: Föremål som inte sänder ut något ljus in i ögat går inte att se, annat än möjligen för att de till skillnad mot omgivningen *inte* lyser.

Ofta ritar man ljusstrålar som de "ser ut" från sidan fast de egentligen inte syns. Man gör detta för att visa vilken väg ljusstrålarna går, inte vad man verkligen ser. En sådan bild kan se ut så här:

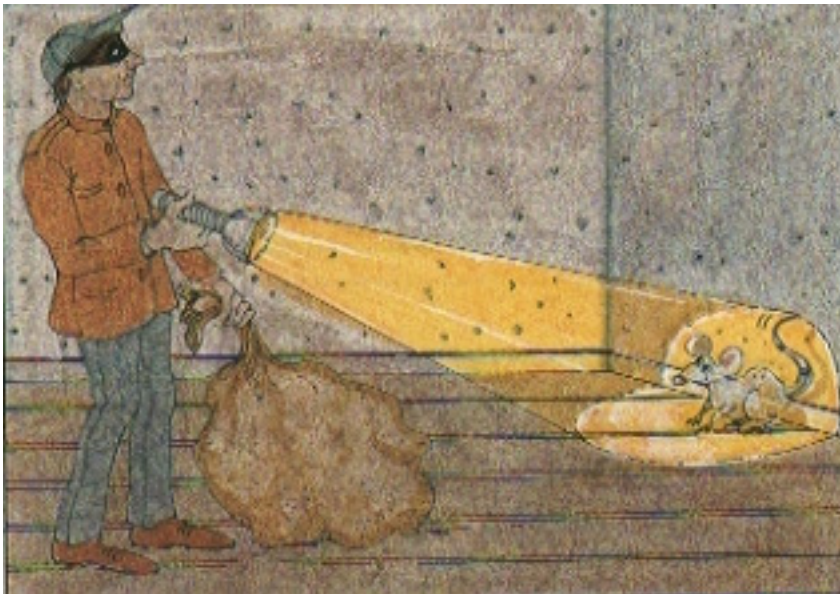


(sidan 147)

Det förefaller som att författarna tar för givet att eleverna vet vad ljusstrålar är för något, eftersom de omnämns helt utan introduktion eller definition redan i den första meningen i området ljus. Frågan är vad som avses när författarna skriver "ljusstrålar"? Är det geometriska modellen där man ritar strålar med pilar som avses? Eller är det en ström av fotoner som betraktas som en stråle? Som det är formulerat finns ljusstrålarna i världen och dessa kan få ögats näthinna att reagera. Texten fortsätter med att läsaren får reda på att ljusstrålar ofta ritas

som de "ser ut" från sidan fast de egentligen inte syns. (Förvirringen ökar; ljusstrålar finns och man ritar dem som de ser ut från sidan utan att de syns). I nästa mening påpekas att man ritar på detta sätt för "att visa vilken väg ljusstrålarna går, inte vad man verkligen ser". Om vi återvänder till Keplers formuleringar kallas de räta linjer utefter vilka ljuset utbreder sig för strålar. I lärobokstexten är istället de räta linjerna ett sätt att rita vilken väg ljusstrålarna går. Ljusstrålarna blir i denna formulering både den väg som ljuset utbreder sig efter och själva ljuset. Den tecknade bilden som används som en illustration till texten föreställer en ficklampa som lyser. Ljuset illustreras med ett gult område som innehåller en "ljusstråle". På liknande sätt som i texten leder bilden till att beskrivningen av ljuset (tankemodellen) och ljuset själv sammansmälter till en och samma sak. En bit till höger om ficklampan finns en spegel som reflekterar ljuset. Efter reflektionen förefaller ljuset ha i stort sett samma riktning som normalen till spegelns yta. Denna föreställning har Saxena (Saxena, 1991) funnit i en undersökning om Indiska barns uppfattningar om ljus.

Direkt under den nyss omnämnda bilden kommer det ytterligare en bild. Den föreställer en tjuv som lyser med en ficklampa på en mus i ett rum.



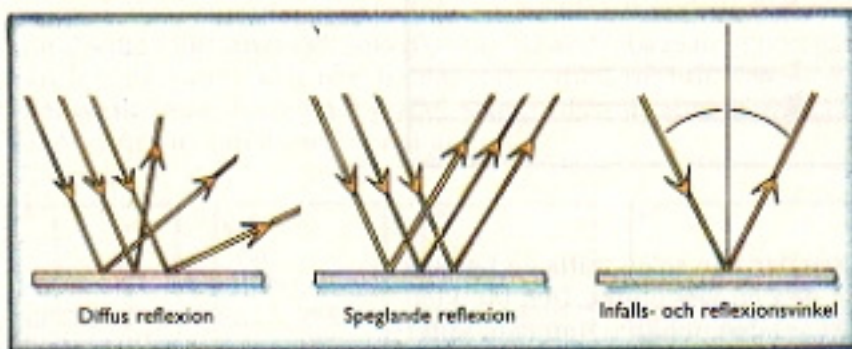
(sidan 147)

Om man jämför med bilden ovan saknas nu ljusstrålen i bilden, men man kan se själva ljuset mellan ficklampan och musen. Detta ljus sprids nu divergent från lampan och man kan se att bakgrunden (väggen, fotlistan och golvet) ser ljusare ut. Detta trots att ljuset från ficklampan inte alls kommer eller reflekteras därifrån.

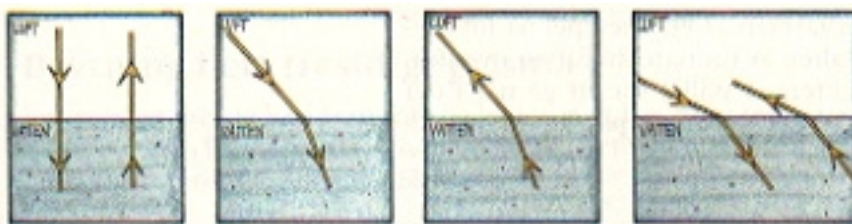
Frågan är nu om det är avsikten att den första bilden skall introducera en modell eller teori för ljusets utbredning och att den andra bilden

mer skall illustrera en situation. I så fall är skillnaderna mellan bilderna inte så stora att man med lätthet inser att det ena är en naturvetenskaplig modell och det andra en mer konstnärlig illustration. Detta gör att det också är möjligt att den andra bilden är en slags tillämpning av den modell som introducerades i den första bilden. Svårigheterna för eleverna att avgöra detta kan medföra att de börjar föreställa sig att ljus går att se från sidan och det är inte långt till att tro att även ljusstrålarna (tankemodellen) går att se från sidan.

I samband med att reflektion och brytning introduceras i denna bok (Sjöberg & Ekstig, 1995) ritas strålar som startar och slutar i tomma intet. Gissningsvis är det förhållandevis lätt för eleverna att "avslöja" att det är en förenkling, men det underlättar säkert inte när man skall försöka återskapa en naturvetenskaplig modell av ljuset, där man tänker sig att ljus utbreder sig rätlinjigt från ljuskällan ända till det stöter på något då det antingen (eller snarare en kombination av) absorberas, reflekteras eller bryts. Man tänker sig inte att ljuset mattas av efter hand eller tar slut efter ett tag.

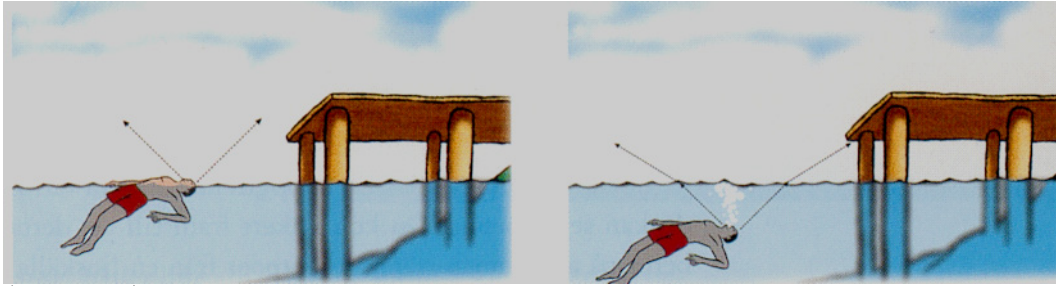


(sidan 151)



(sidan 153)

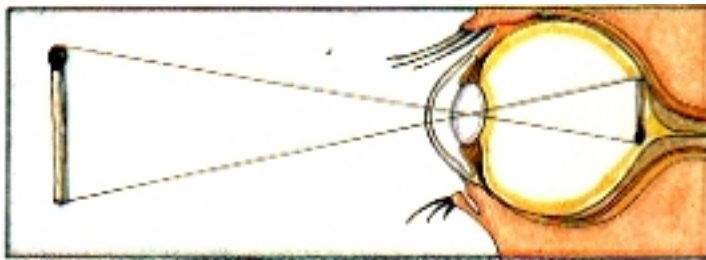
För att ge exempel på brytning från vardagen visar man i en bok (Zetterberg m.fl., 1997) en bild över hur det kan gå till när man får ett "större synfält" när man tittar upp genom vattenytan om man badar än om man tittar i på samma sätt över vattenytan.



(sidan 66)

Problemet med bilden är att det finns något som liknar strålar för att illustrera detta. Det är streckade linjer med pilar i ena änden. Dessa pilar är riktade från badarens huvud mot omgivningen. Det är lätt att föreställa sig att elever kan förstå detta som att det handlar om att synen på något sätt är riktad utåt från ögonen.

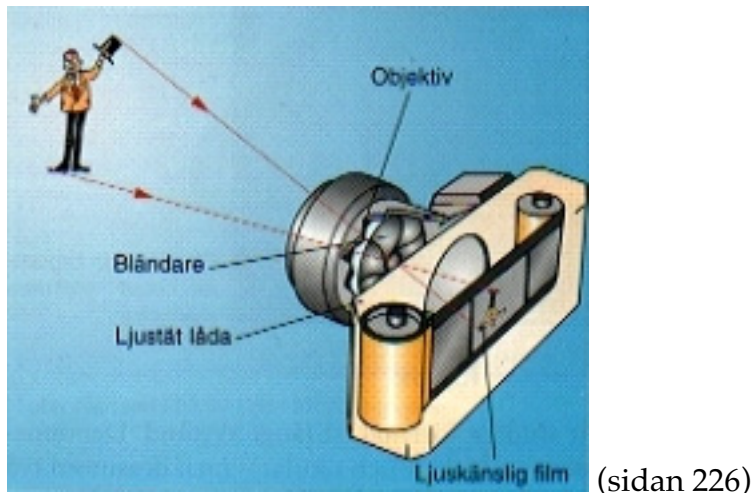
För att illustrera hur det skapas en bild i ett öga förekommer det att man ritar bilder liknande denna (Sjöberg & Ekstig, 1995):



(sidan 159)

Bilden föreställer ett öga i genomkärning och där en tändsticka avbildas på näthinnan. För att förklara har man ritat två räta linjer, en från ena änden av tändstickan och en från den andra. Dessa korsar ungefär mitt i linsen för att på något sätt ge upphov till en uppochnedvänd bild av en viss storlek på näthinnan. Frågan är dock varför ögat har en lins, eftersom förklaringen inte skiljer sig ifrån den man tidigare i boken gör för Camera Obscura (hålamera). En del av bilden i ögat förefaller också ligga över blinda fläcken och det torde göra det svårt för personen att uppfatta tändstickan.

För att illustrera hur en bild skapas i en kamera används följande bilder liknande denna (Schultze & Svensson, 2000):



(sidan 226)

På bilden kan vi se en person och en kamera (i genomskärning). Inne i kameran finns det en film och på denna en uppochnedvänd och spegelvänd bild av personen. Mellan personen och bilden har man ritat två röda linjer som korsas i objektivet. Med detta vill man illustrera hur en avbildning i en kamera går till. På samma sätt som med illustrationen av ögat ovan är det svårt att förstå varför det är bra med en lens. Förklaringen är densamma som för en hålkamera. I och med att man ritat dessa två röda linjer från "ytterpunkterna" på mannen är det inte heller alltför svårt att tolka illustrationen som att bilden av mannen med hatt transporteras in i kameran och vänder i objektivet för att hamna uppochned och spegelvänd på filmen (påminner om eidola, se avsnitt 3.1 sidan 27).

Vid en jämförelse mellan Newtons, Keplers och Karplus (se sidan 31) beskrivningar kan man notera en skillnad i formuleringarna när det gäller ljusstrålarnas ontiska status. I Newtons och Karplus fall tyder formuleringarna på att ljusstrålarna är något som finns fysiskt. Detta sätt att beskriva ljusstrålen är, har vi tidigare sett, vanligt i läroböcker för grundskolan. I ett läromedel för gymnasiet beskrivs ljusstrålen som den väg ljuset utbreder sig efter (Alphonse, Björkman, Gunnvald, & Lindahl, 1995), men man övergår efter en kort introduktion till formuleringar som tilldelar ljusstrålen fysikaliska egenskaper. I en annan gymnasiebok (Ekstig, Boström, & Bleckert, 1997) står det: "Ljus kan beskrivas med ljusstrålar". Denna formulering kan tolkas som att ljusstrålar och ljuset inte är samma sak, men efter denna inledning görs ingen skillnad. Kepler däremot uttrycker att strålen är den väg som ljuset utbreder sig utefter. I det fallet är det tydligt att ljusstrålen är en matematisk konstruktion som man inte skall förvänta sig att finna i naturen. För övrigt är det värt att notera att i den forskningslitteratur som är redovisad i bakgrunden på sida 37 tas upp att elever kan resonera om ljusstrålen som en väg. Med Keplers resonemang kan man

betrakta det positivt och försöka hjälpa eleverna att utveckla en modell som inkluderar utbredningsriktning för stålen.

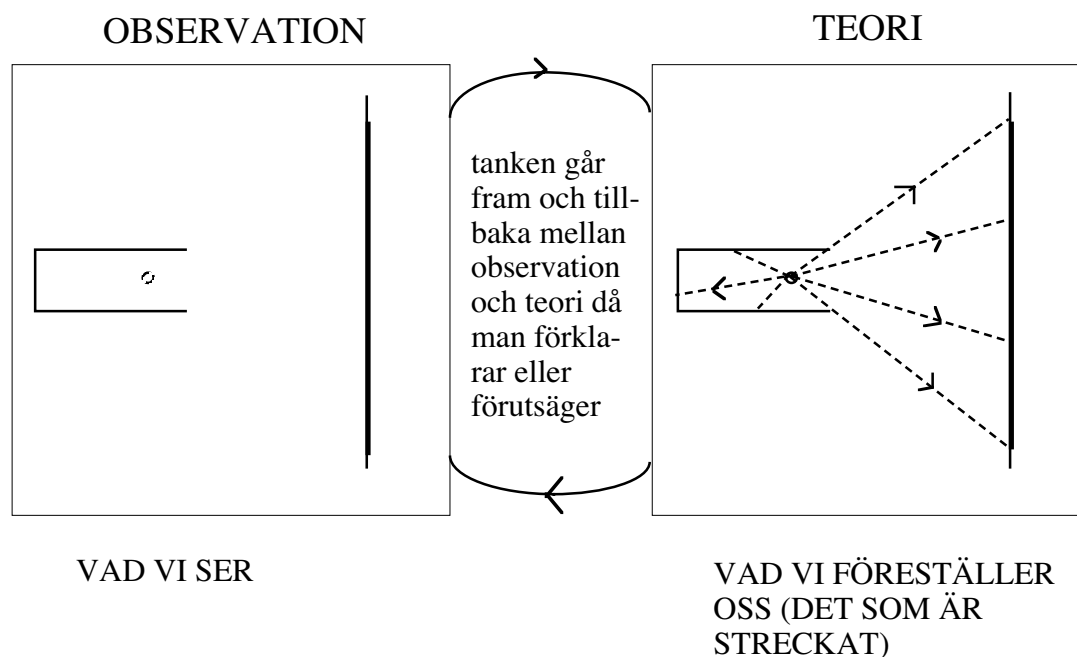
Ovanstående exempel ur läroböcker visar att en mer systematisk och omfattande analys av läroböcker på den svenska marknaden verkligen skulle vara på sin plats, men det skulle föra utanför detta arbete att genomföra en sådan här. Innan läroböckerna lämnas vill jag dock påpeka två saker. Det ena är att en ämnesdidaktisk analys av läroböcker i stil med den ovan skulle med största sannolikhet ge en annan bild av vilka läromedel som är bra och dåliga än vad en ren ämnesgranskning skulle göra. En ämnesgranskare skulle inte självklart koppla ihop texter och illustrationer med elevers uppfattningar. Det är också troligt att en ämnesgranskare i första hand skulle koncentrera sig på ämnesinnehållet och inte fundera så mycket över relationen mellan naturvetenskaplig modell och "verklighet". Inte heller en pedagogisk eller allmäntdidaktisk granskning av böckerna skulle leda till detta resultat.

Detta för oss över på den andra saken som är viktig att påpeka. Ingen av läroböckerna som ingått i minigranskningen är särskilt tydlig på att avsnittet om optik handlar om modeller och teorier och inte om verkligheten som den "verkligen är". Man blandar modell, teori och "verklighet" i både texter och illustrationer. Min tolkning är att man strävar efter att göra texter och illustrationer så vardagsnära som möjligt och då blir det naturligt att exempelvis rita en figur där man tydligt kan se ljuset och i detta ljus rita ut strålar. Problemet med detta är att det endast är i denna verklighetsnära figur det är möjligt att se ljuset och strålarna. Jag skulle vilja påstå att det är svårt för en elev att förstå att ljusstrålar och partiklar med namnet fotoner är människans sätt att beskriva ljuset. Det är sällsynt att läroböcker behandlar modellbegreppet inom området optik. I de fall det förekommer är det kortfattat och ofta tas vågrörelse- och partikelnaturen upp men inte strålmодellen och relationen mellan denna och de övriga två. Däremot används begreppet ljusstrålar mycket ofta och då som om de verkligen finns i naturen.

Att tilldela, av människan konstruerade, begrepp och modeller en ontisk mening är förvisso inte unikt för området optik, men i och med att begreppen inom optik är intimt sammankopplade med förklaringen av hur ett av våra sinnen, synen, fungerar, får den geometriska optiken ett slags cirkulärt förhållande till delar av det den skall förklara om man inte noggrant tydliggör att det är modeller man diskuterar. För att exempelvis förklara seendet har man skapat begreppet ljusstrålar som inte går att se från sidan, men vi måste ju kunna se ljustrålarna i förklaringsmodellen för att ha någon glädje av den. De studerade läroböckerna separerar ljusets egenskaper från seende i väl-

digt många av bilderna, något som man funnit att elever också gör (Saxena, 1991).

Jag är övertygad om att det skulle vara mycket bättre om läroböckerna istället visade fotografiska bilder på hur ett visst fenomen ser ut och i texten berättar om vad man ser och gör tydlig markering att man går över till att betrakta detta fenomen med hjälp av en naturvetenskaplig modell eller teori. Det handlar alltså om skillnaden mellan **vad vi ser** och **vad vi föreställer oss**. Det senare är vår teori om ljusstrålar. Kanske följande bild kan illustrera denna viktiga skillnad och relationen mellan teori och observation.



Figur 19.1. Illustration av förhållandet mellan teori och observation (Andersson & Bach, 1997)

I flera av dagens läroböcker försöker man istället kombinera en verklighetstrogen bild med den naturvetenskapliga teorin. I många fall blir det ett svårbegripligt resultat. För en elev blir det i det närmaste omöjligt att reda ut vad som tillhör teorin och vad som tillhör "verkligheten".

Observationernas teoriberoende gör visserligen att det inte är självklart att alla människor är överens om att de ser samma sak i den vänstra delen av figuren, men det är ändå av stor vikt att inte föra in sådant som tillhör föreställningsvärlden i bilder och text på ett sådant sätt att förklaringsmodell och observation förväxlas eller sammanblandas.

Vid den relativt summariska genomgången av läroböckerna kunde man ana en trend att i de nyare böckerna försöka anknyta till vardagslivet i allt större utsträckning. I några av böckerna skedde detta parallellt med att sparsamt relatera beskrivningen till geometrisk optik. Framställningen innehåller många beskrivningar av fenomen, men sällan koppling till någon förklaringsmodell. Kan det vara så att man tar konsekvenserna av att eleverna haft svårigheter med att förstå tidigare fysikböcker och nu i större utsträckning låter eleverna själva skapa sig modeller för ljuset och dess utbredning? Detta aktualiserar frågan om hur naturvetenskapen utvecklas i skolorna och kanske då i synnerhet fysik. Kan man som elev få någon uppfattning av vad naturvetenskap är om det inte finns modelltänkande med tillhörande förklaringar och förutsägelser som inslag i undervisningen? Frågeställningen är inte föremål för detta arbete, men i relation till ovanstående genomgång av forskning om elevuppfattningar framstår det som en ytterst viktig fråga att gå vidare med i ett annat sammanhang.

20.2 Angående relevansen hos begreppet ljusstråle

Det är viktigt att notera att en hel del optiska fenomen eller apparater inte går att förklara med den geometriska optiken. Exempel på detta kan vara hur laserljus uppstår, hologram, varför en fotoblixt kan åstadkomma ett ljud i en plåt eller polarisation. För att förklara detta behöver ljusets våg- och/eller partikelegenskaper fokuseras (om ens de räcker till).

Ett annat område där strålbegreppet är svårt att använda är när det gäller belysning/energiöverföring (Galili & Lavrik, 1998). Låt oss säga att vi ett rum har en "dimmer" med vilken vi kan variera ljusflödet från en glödlampa. Om man tänker sig att denna variation skall förklaras med hjälp av strålar inställer sig genast en del frågor. Blir det fler ljusstrålar om man vrider på knappen eller blir varje ljusstråle starkare/tjockare/längre? Problemet ligger i att ljusstrålebegreppet inte är skapt för att hantera den typen av problem. Ljusstrålar, är som tidigare nämnt, en geometrisk konstruktion för att beskriva den väg utefter ljuset utbreder sig. Om man behöver beskriva situationer som handlar om belysning får man istället använda begrepp som flöde och flödestäthet, d.v.s. använda begrepp som handlar om hur mycket energi som passerar ett visst tvärsnitt per sekund.

Det kan vara en didaktisk finess med att (då det behövs) urskilja strålbegreppet som ett matematiskt-geometriskt, och inte som ett fysikaliskt begrepp. Om man gör detta klart för sig blir det mycket lättare att se var gränserna går för när olika modeller är tillämpliga och vilken relation modellerna har till den fysikaliska världen. Skulle

man agera konsekvent angående detta i undervisningssammanhang skulle det vara nödvändigt med en omfattande revision av hur vi använder språket i tal och skrift. Det är i ett sådant läge inte längre självklart att tala om att det kommer ljusstrålar från solen till jorden eller att "Den lilla musen ser glödlampan, eftersom ljusstrålarna kommer in i musens ögon" (Sjöberg & Ekstig, 1995).

Under ett sådant arbete är det dock sannolikt att man stöter på avsevärda problem, problem som inte kan förutsägas utan att försöka genomföra projektet. Ett alternativ är att man som lärare är medveten om problematiken och kan diskutera denna med sina elever.

I detta sammanhang är det också naturligt att resonera om relationen mellan modeller och den värld vi försöker beskriva. Inom naturvetenskap har flera olika modeller utvecklats för att hantera olika aspekter av samma innehållsliga område. Inom optik har vi redan sett att det ibland är lämpligt att studera ljus som vågrörelse och ibland som fotoner. Kombinerat med strålbegreppet och definitioner av flöde åstadkommes en relativt komplett beskrivning av ljuset, dess utbredning och egenskaper.

I undervisningssammanhang finns det risker med att betona den ena eller andra modellen alltför kraftigt. Om man som elev "får" uppfattningen att ljuset är strålar och att detta förklarar alla tänkbara problem kan man nog lätt förlora tron på att naturvetenskapen har något intressant att berätta. Dessutom kan det vara olämpligt ur ett lärandeperspektiv också. Galili & Lavrik (1998) hävdar att det motsäger villkoren för meningsfullt lärande. Om strålbegreppet får status av en fysikalisk storhet kan det lämna en hel del fundamentala frågeställningar obesvarade för eleverna. Genom att komplettera med flöde kan man få positiv påverkan när det gäller uppfattningar om särskilt utvalda stålar vid bildkonstruktion, synfält och om flöden från ljuskällor.

Bowden & Marton, (1998) tar upp frågan om variation i sätt att betrakta världen som leder till liknande konsekvenser när det gäller undervisning om en eller flera modeller inom ett område.

Om man betraktar ljus som en fotonström är strålarna den väg som en foton rör sig. Om man istället använder sig av en vågmodell för ljusets utbredning motsvarar strålen vägen utefter vilken vågen breder ut sig.

De strålar som ritas av människor för att beskriva egenskaper hos ljuset finns ju självklart på det papper de är ritade men måste alltid betraktas som en beskrivning av ljusets utbredning och inte som att dessa strålar är ljuset själv.

Vid utvecklandet av undervisningssekvensen (vilket skedde för flera år sedan) var inte denna skillnad, som nu framstår som väsentligt, i fokus. Vid en (enligt punkt 11 på sidan 25) revision av undervisningssekvensen kommer detta att utgöra en viktig komponent.

Diskussionen om naturvetenskapliga modeller för ljus, dess egenskaper och utbredning har i detta arbete rört sig på två plan. Det ena handlar om relationen mellan modell och verklighet i optikundervisningen på ett generellt plan. Det andra handlar om relationen mellan fysik och matematik.

Den intressanta frågan återstår: Vilken betydelse kan detta ha för undervisningen och elevernas lärande? Vid en första betraktelse är det inte självklart att behandla frågor som dessa med eleverna. Det förefaller kunna komplicera situationen för dem på ett onödigt sätt och försvåra studierna. Vid en andra betraktelse, med alla data i denna undersökning i bagaget, kan det istället vara så att förväxlingen mellan å ena sidan modell och verklighet och å andra sidan betraktandet av modellen som en fysikalisk modell istället för en matematisk möjligen är en av de stora stötestenar som eleverna inte lyckas avlägsna när det försöker lära sig optik (eller möjligen naturvetenskap i största allmänhet). Om man återknyter till rekommendationerna för undervisning som vuxit fram ur (konstruktivistisk) forskning (Posner m.fl., 1982; Scott m.fl., 1992) påminns man om de tre begreppen intelligible, plausible och fruitful. Med dessa menas att det är nödvändigt att det nya man håller på att lära är både begripligt, trovärdigt och fruktbart..

Måhända är det möjligt att åstadkomma begripliga beskrivningar av ljuset, dess egenskaper och utbredning utan att separera modell och verklighet, men läroboksgenomgången visar att det är mycket svårt. Det riktigt svåra att åstadkomma är att få eleverna att tycka att det är rimligt. Det går mycket lätt att finna hur många exempel som helst på att ljus inte uppför sig som den geometriska optikens ljusstrålar. Det är troligt att om elever gör detta finner det att beskrivningen inte gäller. På just denna punkt finns det stora fördelen med att separera verklighet och modell. Om man dessutom tar steget att presentera ljusstrålen som en matematisk modell för att enbart beskriva vägen ljuset färdas utefter bör det bli mycket lättare att identifiera modellen och dess förtjänster och begränsningar. Det är först vid det steget som den geometriska optiken blir helt trovärdig. Om det blir lättare att identifiera modellen bör det också bli lättare att få grepp om när modellen inte gäller och var gränserna går för när den är lämplig att använda.

Kompletterat med andra modeller av ljuset med de förtjänster och begränsningar som är kopplade till dem borde det bli lättare för eleverna

att urskilja olika aspekter hos ljuset men även att förstå företaget naturvetenskap. Jag tror alltså att det är viktigt att inte lansera den geometriska optiken som den enda modellen och att det är viktigt att ha med flera aspekter redan tidigt i undervisningen. Man kanske till och med medvetet skall ha med uppgifter och experiment för att fokusera begränsningarna hos de olika modellerna. Hur detta skall göras är en öppen fråga och intressant för nya projekt.

20.3 Slutet eller början?

I slutet av arbetet med denna avhandling inställer sig frågan om utvecklingen av förslaget till förändrad undervisning i optik är avslutad eller om detta är början på en ständigt pågående process? På sätt och vis är det trevligt att betrakta arbetet på båda sätten. På ett plan är arbetet slutfört. Arbetet har lett till att en del frågor har besvarats, men en del nya har också uppstått:

Skulle det gå att förbättra elevernas möjligheter att lära sig optik om man mycket mer medvetet arbetade med "Nature of Science" och naturvetenskapliga modellers egenskaper och relation till det som de beskriver och förklarar?

Ett naturligt steg blir att återvända till målen för elevernas utveckling när det gäller optik och granska dem igen:

1. Eleven skall kunna använda modellen "ljus existerar och utbreder sig linjärt i rummet" för att förklara enklare optiska fenomen.
2. Eleven skall veta att, och hur fort, ljuset färdas genom vakuum och känna till längdenheten ljusår.
3. Eleven skall förstå att för att vi skall kunna se måste ljus flöda från föremål till och in i ögat.
4. Eleven skall veta hur ljus reflekteras i olika ytor och använda en linjär strålmödel för att beskriva detta.
5. Eleven skall veta hur ljus bryts när det passerar från ett optiskt tunnare till ett optiskt tätare medium och tvärtom och känna till fenomenet totalreflektion.
6. Eleven skall veta att vitt ljus består av alla spektrums färger, att föremåls färger beror på selektiv reflektion och att filtrering innebär selektiv transmission av ljus.
7. Eleven skall förstå att ljusstrålar som kommer från en punkt på ett föremål och som sammanstrålar i en punkt någon annanstans orsakar en bild av punkten på föremålet.

8. Eleven skall kunna förklara hur en skenbild av en punkt på ett föremål uppstår efter reflektion eller brytning.
9. Eleven skall kunna förklara olika astronomiska observationer som rör solen, månen, och jorden med hjälp av den geometriska strålmодellen för ljuset.

Man ser då att det inte finns några explicit uttalade mål om elevernas förståelse av "Nature of Science" och att det är rimligt att det utvecklas sådana både om modeller generellt och om strålmодellen i synnerhet. Det är också rimligt att föra in mål som om elevernas möjligheter att se var gränsen går för att använda den geometriska optiken. Vilka problem och frågeställningar är meningsfulla respektive inte meningsfulla att angripa med geometrisk optik? Slutligen aktualiseras frågan om det inte också är nödvändigt att ta upp ljusets partikel- och vågnatur och relatera dessa till strålbegreppet.

En annan naturlig önskan är att prova utvecklingsmodellen från sidan 25 på andra naturvetenskapliga innehåll för att se om det går att nå liknande resultat som för optik.

Summary

Introduction

This thesis examines how pupils and teachers respond to a proposed new way of teaching based on research in science education, particularly in the field of optics.

One can generate several new ideas for teaching, by knowing the potentially different ways pupils understand certain phenomena and combining this with knowledge of the subject area and the goals of the curriculum. This proposal for a new way of teaching has been developed using a constructivist view of learning and is presented as a philosophy of teaching in the form of a teacher's guide.

Theoretical framework

For a very long time there has been a discussion on how one gains knowledge about the world. It is possible to identify two main ideas through history: Learning is an action where knowledge is acquired by a person from the outside world. The other idea is that learning is an act that awakens something inside the person; the direction of learning is almost the other way, from inside out. Common for both ways is that the world and the known are separated from each other. As a simplification you can call the first an empiricist way of looking upon learning and the latter a rationalist way.

More recently there have been discussions on the difficulties of regarding knowledge as a “static” object possible to conquer and carry through life. Two different metaphors for knowledge and learning have been identified (Sfard, 1998); the acquisition metaphor and the participation metaphor. Much of the language used in the acquisition metaphor treats the human mind as a container to be filled with concepts or knowledge. The learner becomes an owner of concepts or knowledge. In the participation metaphor the talk about learning is somewhat different; learning is legitimate peripheral participation or an apprenticeship in thinking (Sfard, 1998). The sociocultural aspects are emphasized. Learning is a function of becoming a part of a greater unity.

The theoretical frameworks for this work draw on Piaget and his genetic epistemology. Piaget’s position regarding the discussion above is that gaining knowledge the inside and the outside are not separated. Furth (1969) describes this:

His (Piagets) biological notion of an organism in constant interaction with its milieu is a rather commonplace notion, one would think; but this view has for Piaget the special implication that development and evolution are seen as intrinsic characteristics of the biological knowing process and not as events outside that process. On the level of the theory of knowledge, this notion corresponds with the thesis that knowledge is neither solely in the subject, nor in a supposedly independent object, but is constructed by the subject as an indissoluble subject-object relation (page 19).

When studying learning it is not possible to think about knowledge as something solely outside or inside a person. On the other hand it is definitely connected to the person. Without a knowing subject (the person, “man”) no knowledge is possible.

Another consequence is that knowledge cannot be regarded as an object possible to acquire or to own in a static sense. Knowledge cannot be transferred from books to a person or from one person to another. But, knowledge is more than relative to the situation. Knowledge is a dynamic concept, which a learner depends on when she is learning, at the same time as she is developing structures that can be “carried” between different situations. This way of looking upon knowing and learning leads to what one can call a “philosophy of teaching”.

Philosophy of teaching

When developing the changed way of teaching four perspectives were combined: those of the pupil, society, curriculum and a perspective one can call “the nature of science”. Dividing teaching philosophy

into four parts does not mean that these parts are separate. The parts influence each other all the time and a new whole emerges when the parts are integrated.

The perspective of the pupil means that one analyses research results concerning pupil thinking and difficulties concerning the actual content. A considerable amount of time is used to reflect on possible practical consequences for teaching. It is also important to consider what pupils at this age and maturity are capable of achieving.

The perspective of society means that one tries to understand and put the goals of the curriculum and syllabus into practice. The concise official texts are interpreted and reformulated in a more extensive way. Research results may sometimes lead to some of the official goals being questioned and new goals being formulated and tested.

The content is naturally very important. It is essential for both teacher and researchers to try to improve their knowledge of the subject matter through discussions and other ways. Such ambitions will lead to the content becoming more clear and coherent. Conceptions are not considered as something one can or cannot have. They are constantly changing.

When a teacher/researcher learns about the pupil perspective in a certain area, it can change the goals and the content. One example of this is the goals for teaching the topic of seeing, a topic developed out of this kind of work. Some of the goals would not even be considered as possible or necessary from only a subject matter perspective, or a pure pedagogical perspective. Another example is when one (as a teacher/researcher) understands the importance of the notion that light emerges from every "point" on an object for pupils understanding real images, how these points of light can be formed both on a screen and on the retina in the eye. A third example is the difference between sharp and more fuzzy shadows. First, when one combines the pupils' ways of understanding a phenomenon and their difficulties with the content, items like those above become an interesting object for teaching.

"Nature of Science"

Research on peoples' everyday ways of understanding different phenomena in nature shows that human thinking greatly depends on the context (Andersson, 1989b, 2000a; Sjöberg, 2000; Säljö, 2000b). Differences between everyday thinking and scientific thinking are not only on a conceptual level; there are also differences on a systemic level of thinking.

Table 1. Systemic differences between everyday and scientific understandings (Andersson, 2000a, page 16)

Everyday thinking	Scientific thinking
unconscious	conscious
contextual	general
lower standards for inner coherence and logic	logically, systematically organised
are formed unconsciously in different situations, pieces of knowledge are put "side by side"	are consciously formulated and has the potential to grow

These differences make it important to consciously discuss what a scientific model (or theory) is and the relation between the model and the phenomenon the model is describing.

Motivation

There are several ideas of how to create motivation among students. One is to use situations from everyday life that interest pupils as often as possible. Such situations offer relevant and familiar contexts. Although this is important, it can be argued that interests very often are highly personal and it is not very easy to offer everyday contexts that each pupil is genuinely interested in. It is also difficult to ensure that these contexts and the content are in harmony with the goals. Therefore the attitude is to try to arouse an interest through tasks with light and its properties as a main focus.

The perspective of the pupil

Over the last 25 years researchers have, with different methods, looked upon how children, youngsters and adults understand and explain different phenomena in optics. They have been interested in such areas as seeing (Andersson et al., 1997; Andersson & Kärrqvist, 1982; Bouwens, 1987; Galili, 1996; Guesne, 1985; Osborne & Black, 1993; Selly, 1996b), lights rectilinear propagation (Galili, 1996; Guesne, 1985; La Rosa et al., 1984; Langley et al., 1997), colours (Andersson & Kärrqvist, 1981) and images (Galili, 1996; Goldberg & McDermott, 1986, 1987). To sum up, children, youngsters, and even adults have difficulties using models of geometrical optics to discuss or explain seeing, light propagation, images and colours. In explaining seeing, it is common, at least for situations where people look at non-luminous objects, to suggest that something is sent out from the eye. Others can believe that "images" from objects are "transported" into the eye or that some

kind of impression or picture meets the "sight" from inside. Many have problems to explain or predict the shape of shadows under certain circumstances. It is also common to believe that the picture in a mirror is placed on the mirror's surface.

As a model the "ray of light" is especially difficult when it is needed to explain how seeing is possible. Frequently one draws rays of light in order to explain an optical phenomenon and they then become so concrete that they are possible to "see". The model is closely connected to seeing and primarily experiences of looking. This makes the model difficult to use in teaching and learning.

The pupils' conceptions before and after teaching frequently differ from each other and not always in ways satisfactory for good teaching and learning. Frequently they come to the lessons with a model from the everyday world, meet a different version of it during the lessons and end up with a mixed model of the phenomenon. These mixed models can arise in different ways. A possibility is that the pupils in their ambition to understand new things in school try to adjust the new to their experiences from daily life in a physical and cultural world. Another possibility is that they not receive sufficient help to deal with the difference between their experiences and a scientific model.

Research questions

1. How is the pupils' understanding of optics affected by using the teachers' guide? What do pupils answer on written questions before and six months after the end of teaching of geometrical optics? Are there any differences between the ways these pupils answer the questions and a random sample of pupils? Are there any qualitative differences between the answers before and after teaching? Is there any difference between girls and boys in their way of answering the questions before and after teaching?
2. How do teachers react to the proposed new way of teaching optics? How do teachers usually teach optics? How do teachers respond to the new teaching proposed compared to their normal way of teaching? How does the teachers' view of knowledge, science and learning affect their possibility to change and develop in the proposed direction? Are the teacher's ways of talking about pupil's preconceptions influenced by the teachers' guide? If so, in which ways? Did the teachers use the suggestion to introduce a theory of light and its propagation? In what ways do they do this.

Research strategy

The study's first part is an experiment to investigate if a certain type of teacher's guide and some teaching materials could help the pupils achieve lasting conceptual retention in the area of optics. For a start a proposal to a teacher's guide, a sample of items and an alternative text was constructed. Two teachers tested the material in a pilot study. The author of this thesis was one of the teachers. In order to find out what was good and not so good with the material the teachers wrote diaries and the pupils got a written test before and six months after the teaching ended. After analysis of the results and the teacher's impressions of the teachers guide, the items and the alternative text was revised.

Thereafter a number of teachers in a municipality immediately outside Gothenburg were contacted. These were asked if they wanted to participate in an interview about their teaching in optics. The interview dealt with the teachers view on knowledge, learning and on what science is. At the end of the interview they were asked if they wanted to participate in an experiment that intended to try out a new way of teaching optics. Five teachers were interested and the planning proceeded with them. Their pupils got a written test about optics before the teaching began and the teachers got the teacher guide and the material for the pupils. They were free to plan their teaching from this. I organised some seminars in order to discuss the content in the teacher guide and the teacher's experiences of working with it.

After they finished teaching the teachers were interviewed again. Six months after the teaching ended the pupils got a post-test.

Methods of data collection

To investigate how the pupils respond to the teaching sequence two versions (A and B) of a test in optics was developed. In total there was 14 questions and 7 of them came from the Swedish National Evaluation 1995 (Andersson et al., 1997) and one from a Swedish project called EKNA (Andersson & Kärrqvist, 1982). There were 11 questions about existence, propagation, filtering, reflection and refraction of light on each test. Some of the questions were on seeing and images. Three of the questions differed between the two tests and 8 were the same. More than half of the questions were of the open answer type, the rest were multiple choice. The context for the questions was chosen assuming it would be familiar to the pupils. About half of the pupils in every class got version A for pre-test and the other half got version B (random distribution on the two versions). Six months after the end of the teaching in optics the pupils who had done version A on the pre-test got version B and vice versa. In total there were 241 pupils who

did the pre-test and 228 the post-test and 205 of these have done both tests. The answers to every question have been grouped into qualitatively different categories.

The second group of research questions was handled in the following way. I taped interviews with 11 teachers about how they usually teach optics. My main purpose for these first 11 interviews was to describe similarities and differences in how teachers teach optics and to find teachers who wanted to participate in the experiment. Five of them accepted and have been teaching the sequence. I interviewed the five teachers after their teaching. The focus for these 5 interviews was to try to reveal how the teachers understand the philosophy of the proposed teaching sequence and how they used it.

Methods of data analysis

I compared the pupil's answers between the pre- and posttests. Then I calculated how many of the pupils answered the questions according to the goals before and after teaching. For seven of the questions I could also compare the pre- and posttests with the National Swedish Evaluation from 1995. In this evaluation a random national sample (n=699) did a test in optics.

The recorded interviews have been transcribed and read several times. For each interview I have summarised what the teachers said about how they teach optics. When doing this I tried to use the teachers' own wording where possible. I have used these summaries to describe how every one of the teachers looks upon learning, effective teaching, classroom organisation, what is important to learn in optics, why it is important to learn optics and pupils' alternative frameworks in optics.

Results

The pre- and post-tests

In the table below the goals are connected to items. This connection is not always one to one. Occasionally this has to do with the fact that the items connect to other goals. On other occasions it has to do with the pupils' conceptions (at least when they answer certain questions). Their answers give information about conceptions belonging to other goals.

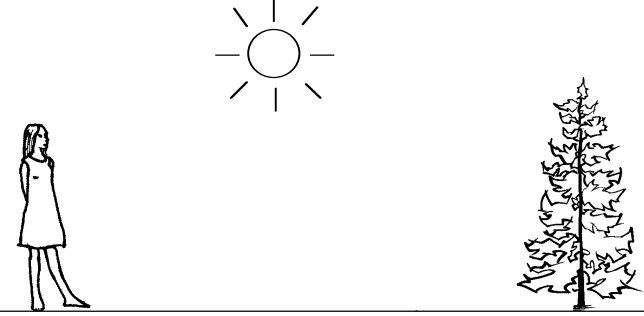
A general result is that pupils answer significantly better on most items at the post-test than at the pre-test. The specification below summarises the results and differences between pre- and post-test in comparison with the results from EKNA (Andersson & Kärrqvist, 1982) and UG-95 (Andersson et al., 1997). The results from EKNA and UG-95 are both post-tests. The pupils in these two groups have not done any pre-test.

Table 2. Summary of the results from the written tests

Area of goals	Item	Percentage of the pupils having right		
		Pretest (%)	U95/EKNA(%)	Posttest (%)
The existence and propagation of light	Headlight (night)	37	32	63
	Headlight (day)	25		43
	The boy and the candle	35	26	54
	The silhouette	11		54
	The lamp	24	34	71
Vision	Carolina and the tree	15,5	21	61
	The cat and the boy	16		45
	Lisa and the book	12	25	48
Reflection	The searchlight	25	40	55
Refraction	Johan and the can	1	4	10
Filtering of light	The torch and the pane	6	10	29
Images	Who can see the cube?	72		68
	Where is the mirror image?	3:3		13:12
	Image by using lens	61		47
	Image with an obstacle	12		18

Two examples

Example one: Carolina and the pine tree



Carolina looks at a little pine tree in the garden. It is the middle of the day. The sun is shining. It is easy to see the tree. Carolina thinks: at night the tree can't be seen at all. During the day it's easy to see. It depends on whether the sun is up or not. But there is a distance between me and the tree. And it is very far to the sun. How is it really that the sun helps me see the pine tree?

How would you answer Carolina's question? Draw a picture to complete your written answer.

Table 3. Task 2, Carolina and the pine tree. Students responses by category.

Category	Pretest (N=241)	Posttest (N=228)	UG-95 (N=699)
	%	%	%
I No answer	15	5	17
II A Picture without text	5	3	1
II B The sun is shining	43	18	38
II V Reflection is mentioned	5	5	12
III Element of "sightrays"	9	4	2
IV Sun + tree fi ljus	0,5	2	1
V Light fi tree fi girl	15	58	20
VI Selective reflec-tion...	0,5	3	1
VII Other	7	2	8
Total	100	100	100

THE CRITERIUM FOR DECIDING IF AN ANSWER IS RIGHT: Categories V and VI

Table 4. Distribution of right and wrong answers with respect to the pre- and posttest and UG-95 for task 2

Decision	Pretest	Posttest	UG-95
Right	38	138	143
Wrong	202	90	556
Total	241	228	699

The difference between pre- and posttest is significant****

The difference between pretest and UG-95 is not significant

The difference between posttest and UG-95 is significant ****

I UG-95 it was less than two percent of the participating schools where 61 % (138/228 ≈ 0,61) or more of pupils were judged as having the right answer.

Table 5. Task 2, Carolina and the pine tree. Student responses by category for those who did both the pre- and posttest.

		Post-test									
		VII	I	IIA	IIB	IIC	III	IV	V	VI	Σ
Pre-test	VI								1		1
	V							2	29	1	32
	IV				1						1
	III		1		3		3	1	8		16
	IIC						1		9		10
	IIB	2	4	3	21	7	3		48	3	90
	IIA		1	2	1		2		4		10
	I		4		8	2	1		13	1	29
	VII	2	1		2	1			9		15
	Σ	4	11	5	36	10	10	3	121	5	205

The table shows answers for students who did both the pre- and posttests. If one follows the columns across it is possible to determine how many answers are categorised in each category as pertain to the pretest. The same applies for the posttest if one follows the column down. In the matrix one can see how the pupils change from pre- to posttest. On the left of the diagonal one can say that the answer was

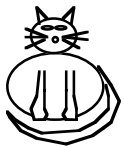
worse after than it was before and along the diagonal the same. On the right of the diagonal the answer is better after teaching than before.

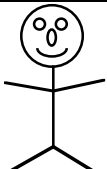
Table 6. Distribution of the numbers of answers which were judged right or wrong for girls and boys respectively at the pre- and posttest.

Gender	Pretest			Posttest			UG-95		
	Wrong	Right	Total	Wrong	Right	Total	Wrong	Right	Total
Boys	77	24	101	29	72	101	281	85	366
Girls	95	9	104	50	54	104	275	58	333
Total	172	33	205	79	126	205	556	143	699

There is a significant difference between boys and girls for both pre***- and posttest*** but not in UG-95. The differences are levelled out a bit between pre- and posttest.

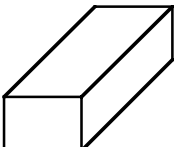
Example 2. The cat and the boy





The cat Findus and the boy Nils are in a completely dark room. There is no light in the room. Nils will:

- not see the box at all.
- just see the box.
- see the box without any problem.



This question is like the one above. The room is still completely dark. There is no light in the room. The cat Findus will:

- not see the box at all.
- just see the box.
- see the box without any problem.

Table 7. Distribution of answers for pre- and posttest

Category of answer	Pre-test (N=241)	Post-test (N=228)
	%	%
No answer	3	2
Wrong – wrong	30	13
Right – wrong (no answer)	49	40
(No answer) wrong – right	2	0
Right – right	16	45
Total	100	100

CRITERIA FOR RIGHT ANSWER: Alternative a in both cases.

Table 8. Distribution between right and wrong answers at pre- respective post-test.

Judgement	Pre-test	Post-test
Right	39	103
Wrong	202	125
Total	241	228

The difference between pre- and post-test is significant***.

Table 9. The answers about Nils before and after teaching (No= no answer)

		Post-test				Σ
		No	c	b	a	
Pre-test	a	4	2	7	121	134
	b	2		16	39	57
	c			1	2	3
	No				11	11
	Σ	6	2	24	173	205

Table 10. The answers about Findus before and after teaching (No= no answer)

		Post-test				Σ
		No	c	b	a	
Pre-test	a	3	1	2	32	38
	b	1	7	5	17	30
	c	3	72	12	41	128
	No		4		5	9
	Σ	7	84	19	95	205

Table 11. Difference between right and wrong answers for boys and girls in respect to the pre- and posttest.

Gender	Pretest			Posttest		
	Wrong	Right	Total	Wrong	Right	Total
Boys	74	27	101	44	57	101
Girls	97	7	104	66	38	104
Total	171	34	205	110	95	205

There is significant differences between boys and girls for both pre-**** and posttests, but the differences are somewhat evened out.

The interviews about the teacher's ordinary teaching before the teaching sequence

The teachers' use about the same amount of time to teach optics and teaching content is similar except for two of the teachers who emphasise rectilinear propagation of light more than the others do. With one exception, the 11 teachers think that optics is a fairly important or an important area to teach. Some of them however point out that they don't consider traditional optics as important. Instead they emphasise light, its properties and its connection to the pupils everyday life.

The dominant context for the teaching is everyday life. Several of the teachers mean that the pupils have difficulties learning the theory used in optics. They use different arguments when explaining their position. One is that the theory is difficult, another is that the pupils are satisfied when things are working and don't care why they are working. It's not important for the pupils how goggles work, for example, just that they work and you have experienced it. What the teachers seem to have in common to varying degrees, is that they "give up" the theory and concentrate more on experiences and such things that are relatively easy to remember.

The dominant way to organise the pupils work is to focus on activity, frequently through seeking answers on questions through experiment and books. Seven out of the eleven teachers use this way of working entirely or partly in their teaching of optics. Two of these teachers give examples of pupil's alternative conceptions in optics. One explained how she deals with pupils who give examples of conceptions that do not fit with the scientific model.

There are two teachers, who describe themselves as traditional teachers, and they both want to develop a way of working that echoes what the seven teachers above already use. Two other teachers' tell about a

way of working developed over several years and they now feel satisfied about. They haven't got any immediate plans to change.

The interviews after using the teaching sequence

Not surprisingly I found both similarities and differences between the teachers' ways to comprehend the material they have had an opportunity to use. If we take the similarities first, all the teachers think that the collection of problems is very good. It contains many exciting and challenging tasks. They also consider the teachers guide to be good and stimulating. All the teachers express that this "new way" of teaching takes a lot more time. Two of the teachers did however not have the opportunity to let this experiment take any more time than usual, while some others used almost twice as much time than they usually did.

Another very interesting similarity is that three of the teachers reported on the pupils' high engagement when they were working. Discussions in the classroom often were loud and occasionally the pupils almost got angry at each other. They had different opinions on how to understand and explain different phenomena. It seems like the teaching in optics touched the pupils emotionally.

At least as interesting are the differences between the teachers. Two of them interpret the teaching guide as a way to let the pupils try to find their own way to knowledge about optics. Two other teachers instead interpret it as a way to introduce a unifying scientific theory or model as the most important element. The fifth teacher emphasises the discussion among pupils as the most important element. She also was surprised by some of the preconceptions "held" by pupils and suggested how important these are when planning to teach a subject.

Discussion

For the most the pupils answered questions in a qualitatively better way more than six months after the end of teaching than before. They also answered the questions significantly better than the "control-groups" of UG-95 and EKNA (after "average" teaching). This is a strong indication that the use of the teacher's guide stimulates conceptual development by the pupils. It is not possible to say exactly what is in the teacher's guide that causes this, but one can say that the systematic way of developing the teachers guide as described in the beginning of this summary has helped most pupils to answer certain questions in optics in a better way.

Nevertheless, concerning images in mirrors and images seen through lenses the result is not so good. This result has two sides. The bad

thing is that we did not succeed in helping the pupils to understand this area better. For some of the items, it even got worse. The good thing is the fact that the pupils' answers are better in some areas and worse in others is a sign that not everything that you do as an experiment in teaching is predestined to be a success. Even if the teaching has the goal to provoke conceptual development in a certain area and the test items are quite close to the content of the teaching, you can't be sure that the results in a post-test is going to be better than before the teaching. I think this fact makes the case of the improvement concerning the other items stronger.

Still it is interesting to think about why the results on the post-test in some cases can be worse than without any teaching at all. One hypothesis can be that the pupils after teaching try to use what they have learnt, but in an area that is a little more complex than the others they did not really get the time to assimilate it during the teaching. Maybe when they struggle with this content next time they will have a better opportunity to succeed.

One of the tasks that are reviewed here in the summary deals with how a cat and a boy can see in total darkness. It was shown that the pupil both before and after the teaching sequence clearly differentiated between the cat's and the boy's ability to see in the dark. This is not particularly surprising, but if one compares how the pupils solved this problem with how they solve other problems on seeing they have less success with this one both before and after teaching. If one compares the cat/boy problem with others that concern seeing it is clear that the idea that seeing cannot occur in any other way than that light comes into the eye is difficult to accept. The results indicate that it is very important to problematise the ability to see in darkness in order to make it easier for the pupils to understand the basics in optics in a more profound way. For example one way to raise the pupils' consciousness about what they would see if they were left in a dark room for a long period of time is to actually use a room that can be totally sealed off from light. This would give the teacher and pupils the chance to discuss the phenomenon while sitting in total darkness.

When the results from most of the tasks in the pre- and posttest were analysed it was found that boys do better than girls. When it comes to written tasks about an understanding of physics then both this study and others show that boys often do better when it comes to physics. What is interesting about this study is that it indicates a tendency for such differences to be evened out. This improvement on the girl's part seems to be due to the teaching sequence they underwent between pre- and posttesting. This is a positive result although in a number of

other contexts it seems that the differences between sexes in the learning of physics tends to increase the better both boys and girls become.

There are two interesting results from the interviews. The first is that some of the teachers interpreted the teaching guide as a proposal for pupils' own activity. They saw this as the main pedagogical idea. The pupils should work by themselves and it was not very important if the answers were right or wrong. After a while the pupils should learn from their experience and cooperation. The other very interesting result is that two teachers interpreted the teacher's guide in almost the opposite way. For them, the main idea was to introduce a theory or model of light and the pupils should try to use this in various situations.

All the teachers used the proposed group work and problems, but with different purposes. Some of them used it to stimulate a discussion about the pupil's own conceptions and as an introduction to presentation of the "theory of light". Others used them more like "worksheets" which eventually should set the pupils on the right track.

It is also very interesting that "dull" optics could engage the pupils as strongly as it did in some cases. I believe their fundamental ways of looking upon the world were affected by the discussions they had and they were not willing to just drop their own view without a "fight".

It seems that the teachers' views about learning and teaching greatly influence how they interpret the proposed teaching. For a couple of years there has been a big debate in Swedish schools about "the new role" of teachers. Some of this discussion seems to have influenced some of the teachers to interpret the proposed teaching as a way of self-studies. Some of the other teachers (who already have tried "the new teacher role") did almost the opposite interpretation and used the proposed way of teaching more in the intended way.

The suggested emphasis on pupils way of understanding light and its propagation in the teacher material was understood in different ways. For some of the teachers this part of the teaching package was used extensively. Others did not spontaneously mention this as an important factor when using the teaching material when planning their teaching. One of the teachers emphasised the pupils' different ways of understanding and declared that a lot of ideas she earlier took for granted she now learned were not possible.

Some other implications

The pupil's answers indicate that they use some models for light those are mixtures between scientific models and everyday models. In a way this is not surprising but it inspired them to investigate if there could exist some other common source that could lead the pupils to think in certain directions. A few textbooks were examined to look for possible explanations. One of the most striking common features of the books was that they were full of explanations which integrated models with believable drawings and manipulated pictures from reality. Because of this it is conceivably very difficult for a student to differentiate between a scientific model and the phenomenon the model is meant to explain. The two things, unfortunately, merge.

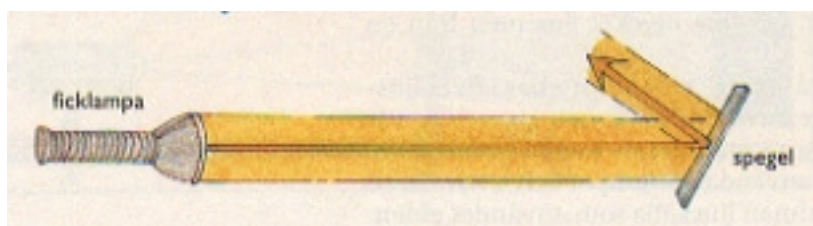


Figure 1. An example from a textbook where a model for light and its propagation is muddled up with a believable real picture of how light emanates from a torch.

The four textbooks that were surveyed also had something else in common. The explanatory figures they used often gave the impression that it was possible to see light from the side. The pictures and photographs were produced in such a way that the viewer could see the light, or possibly a model of how we think of light, from a position that is at right angles from the direction of the light 'beams'.



Figure 2. A picture from a textbook which shows a laser pen and a laser beam emanating from it. The example illustrates how such illustrations muddle up the scientific model with a believable picture from everyday life and how it appears possible to see light from the side.

The integration between the model and what is modelled can be one of the biggest hurdles for students to overcome. This is an interesting subject of further research. It would be fascinating to study the signifi-

cance of carefully differentiating between the model and what is modelled in order to see the impact this has on pupils' understanding of geometrical optics.

The results of this research project also lead to the question of what is really the model and what is modelled. In textbooks and lessons from primary school to university light beams are spoken of as if they exist in nature. One book speaks of "light beams that come into the eye and are refracted to build up a picture at the retina". Another says that "the light beams from the sun hit earth and are responsible for the photosynthesis". A whole lot of different descriptions about light and its propagation suggest that in fact light consists of light beams. Such an explanation is very dubious. Are there any light rays in nature or is it a theoretical model for describing some of the properties of light and helping us to understand, explain and foresee optical phenomena? The concept of a light ray is a theoretical construction that does not have any obvious correspondence in the physical world. Instead, it is a way to describe the path that light travels. The concept captures many of the properties light has, but should not be confused with light itself. An alternative way to understand rays is to say that they are an aspect of the mathematical concept of a ray and that light travels along these mathematical rays. That is an completely different explanation from light being composed of light rays.

The above mentioned aspect of geometrical optics was not completely understood by me when the educational package that was used for the purpose of this thesis was developed. Because of this there is a tendency in tasks and texts to talk about light rays as if they are objects in nature. In a revised version of the teaching package the light ray will be presented as a mathematical descriptions of how light travels. This will be an important component of the new teaching material.

It will be of great interest for future research to investigate the importance that this revision will have on the students' ability to understand geometrical optics.

Referenser

- Alphonse, R., Björkman, L., Gunnvald, P., & Lindahl, G. (1995). *Fysik för gymnasieskolan*. Stockholm: Natur och Kultur.
- Andersson, B. (1985). *Om lärande och kunnande* (13). Mölndal: Institutionen för pedagogik, Göteborgs universitet.
- Andersson, B. (1989a). *Elkretsar från grundskola till universitet - en internationell översikt* (18). Mölndal: Institutionen för ämnesdidaktik, Göteborgs universitet.
- Andersson, B. (1989b). *Grundskolans Naturvetenskap*. Stockholm: Allmänna Förlaget.
- Andersson, B. (2000a). *Elevers tänkande och skolans naturvetenskap*. Göteborg: Enheten för ämnesdidaktik, Inst. för pedagogik och didaktik, Göteborgs universitet.
- Andersson, B. (2000b). *En socialkonstruktivistisk syn på lärande och kunnande*. Tillgänglig: <http://na-serv.did.gu.se/luna/lunautbild/litteratur/sociokon.pdf> [2001-07-15].
- Andersson, B. (2000c). *Om utvärdering av lärande i naturvetenskap med geometrisk optik som exempel*. Tillgänglig: <http://na-serv.did.gu.se/luna/lunautbild/litteratur/optik.pdf> [2000-12-14].
- Andersson, B. (2000d). *Om ämnesdidaktikens natur, kultur och värdegrund* (pp. 3-4). Tillgänglig: <http://na-serv.did.gu.se> [2001-07-14]
- Andersson, B., & Bach, F. (1995). *Att utveckla naturvetenskaplig undervisning: Exemplet gaser och deras egenskaper*. Mölndal: Institutionen för ämnesdidaktik.
- Andersson, B., & Bach, F. (Opublicerat kompendium). (1997). *Ett sätt att undervisa om ljuset och dess egenskaper*
- Andersson, B., Bach, F., & Emanuelsson, J. (1992). *Analogitänkande och lärande: Med vattenkrets-elkrets som exempel*. Mölndal: Institutionen för ämnesdidaktik.
- Andersson, B., Bach, F., & Zetterqvist, A. (1997). *Nationell utvärdering 1995 - Optik*. Mölndal: Institutionen för Ämnesdidaktik, Göteborgs universitet.

- Andersson, B., Emanuelsson, J., & Zetterqvist, A. (1993). *Nationell utvärdering - åk 9. Vad kan eleverna om materia?* (5). Mölndal: Institutionen för ämnesdidaktik. Göteborgs Universitet.
- Andersson, B., & Kärrqvist, C. (1981). *Ljuset och dess egenskaper* (8). Mölndal: Institutionen för praktisk pedagogik, Göteborgs universitet.
- Andersson, B., & Kärrqvist, C. (1982). *Light and its properties. The pupil's perspective* (8). Mölndal: Department of Education and Educational Research, University of Gothenburg.
- Ausubel, D. (1968). *Educational psychology, a cognitive view*. USA: Rinehart and Winston.
- Bach, F. (1993). *Gaser: Ett undervisningsförsök*. Opublicerad 20-poängsuppsats inom påbyggnadsutbildningen, Göteborgs universitet, Mölndal.
- Beckman, O. (2000). *Huygens*. Nationalencykopedin. Available: http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=2067382001-06-13].
- Bellamy, T., Dakin, S., Johnson, K., Maeckel, C., Mee, P., Schipper, B., Tanaka, H., Warren, D., & Yamamoto, S. (1998). FileMaker Pro (Version 4.1) [Databas]. Tillgänglig: <http://www.filemaker.com>
- Berkeley, G. (återgiven 1996). Om principerna för mänsklig kunskap. In M. Levander & J.-E. Westman (Eds.), *Filosofins värld*. Stockholm: Almqvist & Wiksell.
- Bishop, B., & Anderson, C. (1990). Students conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching.*, 27(5), 415-427.
- Bouwens, R. (1987). Misconceptions among pupils regarding geometrical optics. In Novak, J.: *Proceedings of the 2. Int. Seminar "Misconception and Educational Strategies in Science and Mathematics, Vol.III. Ithaca: Cornell University.*, 23-38.
- Bowden, J., & Marton, F. (1998). *University of Learning*. London: Kogan Page Limited.
- Carlgren, I. (1992). *Skola för bildning*. Stockholm: Utbildningsdepartementet.

- Chalmers, A. (1996). *Vad är vetenskap egentligen?* (P. L. Månsson, Trans.). Falun: Nya Doxa.
- Children's Learning in Science Project. (1987). *Approaches to Teaching the Particulate Theory of Matter*. Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- Cross, M. (2000). The truth is out there. *New Scientist*.
- Demastes, S., Settlage, J., & Good, R. (1995). Students' conceptions of natural selection and its role in evolution: Cases of replication and comparison. *Journal of Research in Science Teaching.*, 32(5), 535-550.
- Descartes, R. (1637/1990). Avhandling om metoden, *Valda skrifter: Natur & Kultur*.
- Donaldson, M. (1983). *Hur barn tänker* (P. Wiking, Trans.). Lund: Liber.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher.*, 23(7), 5-12.
- Duit, R. (2000, November). *A Model of Educational Reconstruction as a Framework for Designing and Validating Teaching and Learning Sequences*. Paper presented at the Research-based teaching sequences, Universitet Paris VII, Frankrike.
- Edman, M. (2000). *Positivism*. Nationalencyklopedien. Available: http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=286064 [2000-10-05].
- Ekstig, B., Boström, L., & Bleckert, P. (1997). *Quanta – Fysik A*. Stockholm: Natur och Kultur.
- Elster, J. (1990). *Vetenskapliga förklaringar*. Göteborg: Korpen.
- Emanuelsson, J. (2000). Diskussion om olika perspektiv på lärande.
- Feher, E., & Meyer, K. (1992). Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching.*, 29(5), 505-520.
- Fetherstonhaugh, T., & Happs, J. (1988). Countering fundamental misconceptions about light: An analysis of specific teaching strategies with year 8 students. *Research in Science Education.*, 18, 211-219.

- Fleer, M. (1996). Early learning about light: mapping preschool children's thinking about light before, during and after involvement in a two week teaching program. *International Journal of Science Education*, 18(7), 819-836.
- Furth, H. (1969). *Piaget and Knowledge, Theoretical Foundations*. London: Prentice-Hall.
- Furth, H. (1970/1977). *Piaget för lärare* (E. Larberg, Trans.). Stockholm: Liber.
- Fysik. (2000). *Jämställdhetsplan 2000-2002*, [Web]. Fysik och teknisk fysik, Chalmers och GU. Tillgänglig: <http://www.fy.chalmers.se/jst/jst00.html> [2001-04-24].
- Gaarder, J. (1993). *Sofies värld*. Stockholm: Rabén & Sjögren.
- Galili, I. (1996). Students' conceptual change in geometrical optics. *International Journal of Science Education*, 18(7), 847-868.
- Galili, I., & Lavrik, V. (1998). Flux Concept in Learning about Light: A Critique of the Present Situation. *Science Education*, 82, 591-613.
- Goldberg, F., & Bendall, S. (1992). Computer-video-based Tutorials in Geometrical Optics. In R. Duit & F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies* (pp. 356-379). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
- Goldberg, F., & McDermott, L. (1986). Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. *The Physics Teacher*, 24(8), 472-480.
- Goldberg, F., & McDermott, L. (1987). An investigation of student understanding of the real image, formed by a converging lens or concave mirror. *American Journal of Physics*, 55(2), 108-119.
- Goodchild, L. (1996). *G. Stanley Hall and the Study of Higher Education*, [webb]. The Review of Higher Education. Available: http://calliope.jhu.edu/demo/review_of_higher_education/20.1goodchild.html [2000-12-08].
- Guesne, E. (1985). Light. In R. Driver & E. Guesne & A. Tiberghien (Red.), *Children's Ideas In Science* (pp. 10-32). Philadelphia: Open University Press.

- Hall, S. (1903). *Pedagogical Seminary.*, X, 364.
- Halldén, O. (1988). Alternative Frameworks and the Concept of Task. Cognitive Constraints in Pupils' Interpretations of Teachers' Assignments. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 32(3), 123-140.
- Hesslow, G. (2001). *Pavlov, Ivan*. Tillgänglig: http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=280979 [2001-05-15].
- Hewson, P. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3(4), 383-396.
- Hewson, P., Kerby, H., & Cook, P. (1995). Determining the conceptions of teaching science held by experienced high school science teachers. *Journal of Research in Science Teaching.*, 32(5), 503-520.
- Hume, D. (1992). En undersökning av det mänskliga förståndet. In K. Marc-Wogau (Ed.), *Filosofin genom tiderna*. (Vol. 2). Stockholm: Thales.
- Husén, T. (2000). *Skinner*. Tillgänglig: http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=307737 [2000-12-11].
- Jönsson, B., & Hallstadius, H. (1987). *Optik*. Lund: Studentlitteratur.
- Kant, I. (1781/1996). Kritik av det rena förståndet. In M. Levander & J.-E. Westman (Eds.), *Filosofins värld*. Stockholm: Almqvist & Wiksell.
- Karplus, R. (1969). *Introductory physics*. New York: Benjamin.
- Kepler, J. (1604, 18 november 2000). *Ad Vitellionem paralipomena, quibus Astronomiae pars optica traditur*, [Webb]. Tillgänglig: <http://www.greenlion.com/optics.html> [2001-03-14].
- Kommunförbundet. (2000). *Särskilda bestämmelser om arbetstid m.m. för lärare*. Stockholm: Svenska Kommunförbundet.
- Kuhn, T. (1962). *De vetenskapliga revolutionernas struktur* (Ö. Björkhem, Övers.). Stockholm: Thales.
- La Rosa, C., Mayer, M., Patrizi, P., & Vicentini-Missoni, M. (1984). Commonsense knowledge in optics: Preliminary results of

an investigation into the properties of light. *European Journal of Science Education*, 6(4), 387-397.

- Langley, D., Ronen, M., & Eylon, B.-S. (1997). Light Propagation and Visual Patterns: Preinstruction Learners Conceptions. *Journal of Research in Science Teaching.*, 34(4), 399-424.
- Leach, J., & Scott, P. (2000, November). *The concept of learning demand as a tool for designing teaching sequences*. Paper presented at the Research-based teaching sequences, Universitet Paris VII, Frankrike.
- Lee, V., & Burkam, D. (1996). Gender Differences in Middle Grade Science Achievement: Subject Domain, Ability Level, and Course Emphasis. *Science Education*, 80(6), 613-650.
- Lemke, J. (1998). *Talking science*. London?: Kluwer Academic Publishers.
- Levander, M., & Westman, J.-E. (1996). *Filosofins värld*. Stockholm: Almqvist & Wiksell.
- Locke, J. (1660/1967). Avhandling om det mänskliga förståndet. In K. Marc-Wogau (Ed.), *Filosofin genom tiderna* (Vol. 2). Stockholm: Thales.
- Marton, F. (1980). *Innehållsrelaterad pedagogisk forskning – en programförklaring*. Stockholm: Skolöverstyrelsen.
- Marton, F., & Booth, S. (1997). *Learning and Awareness*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Nationalencyklopedin. (2000a). *Ebbinghaus*. Tillgänglig: http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=158358 [2000-11-24].
- Nationalencyklopedin. (2000b). *Fotoelektrisk effekt*. Tillgänglig: http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=173735 [2000-12-06].
- Nationalencyklopedin. (2000c). *Programmerad undervisning*. Tillgänglig: http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=287449 [2000-12-11].
- Nationalencyklopedin. (2000d). *Social konstruktivism*. Tillgänglig: http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=310908 [2000-10-05].

- Osborne, J., & Black, P. (1993). Young children's (7-11) ideas about light and their development. *International Journal of Science Education*, 15(1), 83-93.
- Perales, J., & Nievas, F. (1995). Teaching geometric optics: research, results and educational implications. *Research in Science & Technological Education*, 13 (2), 187-204.
- Piaget, J. (1995). *Child's conception of the world* (J. Tomlinson & A. Tomlinson, Övers.). Maryland: Rowman & Littlefield (Publicerades första gången i England av Routledge & Kegan Paul Ltd, 1929.).
- Piaget, J., & Garcia, R. (1974). *Understanding causality*. New York: Norton.
- 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.
- Prawitz. (2000). *Emprirism*. Nationalencyklopedin. Available: http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=162073 [2000-10-05].
- Ramstedt, K. (1996). *Elektriska flickor och mekaniska pojkar*. Umeå universitet, Umeå.
- Reiner, M., & Finegold, M. (1987). *Changing students' explanatory frameworks concerning the nature of light using real time computer analysis of laboratory experiments and computerized explanatory simulations of e.m. radiation*. Paper presented at the The 2. Int. Seminar "Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics", Vol.II., Ithaca.
- Ronchi, V. (1970). *The nature of light*. London: Heinemann.
- Sanders, M. (1993). Erronous Ideas About Respiration: The Teacher Factor. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 919-934.
- Saxena, A. B. (1991). The understanding of the properties of light by students in India. *International Journal of Science Education*, 13(3), 283-289.
- SCB. (2000, 2000-06-05). *På tal om kvinnor och män*. Statistiska centralbyrån. Tillgänglig: <http://www.scb.se/press/press2000/p132.asp> [2001-04-24].

- Schoultz, J. (1998). *Kommunikation, kontext och artefakt - studier av elevers behärskning av naturvetenskapliga diskurser*. Licentiatavhandling, Linköpings universitet, Linköping.
- Schoultz, J. (2000). *Att samtala om/i naturvetenskap*. Doktorsavhandling, Linköpings universitet, Linköping.
- Schultze, J., & Svensson, L. (1993). *Försök och Fakta*. Malmö: Gleerups.
- Schultze, J., & Svensson, L. (2000). *Nya Försök och Fakta i Fysik*. Malmö: Gleerups.
- Scott, P., Asoko, H., & Driver, R. (1992). Teaching for conceptual change: a review of strategies. In R. Duit & F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies* (pp. 310-329). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
- Selley, N. (1996a). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(6), 713-723.
- Selley, N. (1996b). Towards a phenomenography of light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(7), 837-846.
- Sfard, A. (1996). *On acquisition metaphor and participating metaphor for mathematics learning*. Paper presented at the 8 th International Congress of Mathematical Education, Sevilla.
- Sfard, A. (1998). On Two Metaphors for Learning and the Dangers of Choosing Just One. *Educational Researcher.*, 27(2), 4-13.
- Shapiro, B. (1994). *What Children Bring to Light - a constructivist perspective on children's learning in science*. New York: Teachers College Press.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review.*, 57(1), 1-22.
- Sjøberg, S. (1990). *Naturfagenes didaktik. Fra vitenskap till skolefag*. Oslo: Gyldendahl.
- Sjøberg, S. (2000). *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.
- Sjøberg, S., & Ekstig, B. (1995). *Puls Fysik*. Stockholm: Natur och Kultur.

- Skolverket. (1996). *TIMSS, svenska 13-åringars kunskaper i matematik och naturvetenskap i ett internationellt perspektiv*. Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (2000, 2000-04-19). *Basinformationssystemet för skolan, Grundskola*, [www]. Skolverket. Available: http://www3.skolverket.se/kursinfo/99_00/skolform/11/alt_nav/11.HTML [2000-07-13].
- Smith, D. (1987). *Primary teachers' misconceptions about light and shadows*. Paper presented at the In Novak, J.: Proceedings of the 2. Int. Seminar "Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics", Vol.II. Ithaca: Cornell University.
- Stead, B., & Osborne, R. (1980). Exploring Student's Concepts of Light. *Australian Science Teachers Journal*, 26(3), 84-90.
- Säljö, R. (1995a). Begreppsbildning som pedagogisk drog. *Utbildning och demokrati*, 4(1), 5-22.
- Säljö, R. (1995b). Bilder av kunskap om naturvetenskap som bildningsområde. *Praxis*, 29-35.
- Säljö, R. (2000a). Concepts, Cognition and Discourse: From Mental Structures to Discursive Tools (pp. 81-90).
- Säljö, R. (2000b). *Lärande i praktiken*. Stockholm: Prisma.
- Tengström, E. (1987). *Myten om informationssamhället*. Kristianstad: Rabén & Sjögren.
- TIMSS. (1996). *Forskjeller i prestationer mellom kjønn*. Universitet i Oslo. Tillgänglig: <http://www.ils.uio.no/forskning/timss/rapport/fig7-8.html> [2001-05-17].
- Treagust, D., Harrison, A., & Grady, V. (1996). Using an analogical teaching approach to engender conceptual change. *International Journal of Science Education*, 18(2), 213-229.
- Utbildningsdepartementet. (1998). *Läroplan för det obligatoriska skolväsendet, förskoleklassen och fritidshemmet*. Stockholm: Utbildningsdepartementet.
- Utbildningsdepartementet. (1999). *Att lära och leda - En lärarutbildning för samverkan och utveckling*. (SOU 1999:63). Stockholm.

- Utbildningsdepartementet. (2000). *En förnyad lärarutbildning* (Proposition 1999/2000:135). Stockholm: Regeringen.
- Viennot, L., & Chauvet, F. (1997). Two dimensions to characterize research-based teaching strategies: Examples in elementary optics. *International Journal of Science Education*, 19(10), 1159-1168.
- von Glaserfeldt, E. (1992). A constructivist's view of learning and teaching. In R. Duit & F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies* (pp. 29-39). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Wallén, G. (1996). *Vetenskapsteori och forskningsmetodik*. Lund: Studentlitteratur.
- Zetterberg, P.-O., Persson, K., & Revemark, J. (1997). *NO Fysik*. Malmö: Gleerups.
- Ågren, P.-O. (1999). *Från automat till arena*. Available: <http://www.informatik.umu.se/~poagren/rapporter/pedarena.html> [2000-12-08].

GÖTEBORG STUDIES
IN EDUCATIONAL SCIENCES

ISSN 0436-1121

Editors:

Ingemar Emanuelsson, Jan-Eric Gustafsson and Ference Marton

1. *Karl-Gustaf Stukát*: Lekskolans inverkan på barns utveckling. Sthlm 1966. Pp.148.
2. *Urban Dahllöf*: Skoldifferentiering och undervisningsförlopp. Sthlm 1967. Pp. 306.
3. *Erik Wallin*: Spelling. Factorial and experimental studies. Sthlm 1967. Pp.180.
4. *Bengt-Erik Andersson*: Studies in adolescent behaviour. Project Yg, Youth in Göteborg. Sthlm 1969. Pp. 400.
5. *Ference Marton*: Structural dynamics of learning. Sthlm 1970. Pp. 112.
6. *Allan Svensson*: Relative achievement. School performance in relation to intelligence, sex and home environment. Sthlm 1971. Pp. 176.
7. *Gunni Kärrby*: Child rearing and the development of moral structure. Sthlm 1971. Pp. 207.
8. *Ulf P. Lundgren*: Frame factors and the teaching process. A contribution to curriculum theory and theory on teaching. Sthlm 1972. Pp. 378.
9. *Lennart Levin*: Comparative studies in foreign-language teaching. Sthlm 1972. Pp. 258.
10. *Rodney Åsberg*: Primary education and national development. Sthlm 1973. Pp. 388.
11. *Björn Sandgren*: Kreativ utveckling. Sthlm 1974. Pp. 227.
12. *Christer Brusling*: Microteaching - A concept in development. Sthlm 1974. Pp. 196.
13. *Kjell Rubenson*: Rekrytering till vuxenutbildning. En studie av kortutbildade yngre män. Gbg 1975. Pp. 363.
14. *Roger Säljö*: Qualitative differences in learning as a function of the learner's conception of the task. Gbg 1975. Pp. 170.
15. *Lars Owe Dahlgren*: Qualitative differences in learning as a function of content-oriented guidance. Gbg 1975. Pp. 172.
16. *Marie Månsson*: Samarbete och samarbetsförmåga. En kritisk granskning. Lund 1975. Pp. 158.
17. *Jan-Eric Gustafsson*: Verbal and figural aptitudes in relation to instructional methods. Studies in aptitude - treatment interactions. Gbg 1976. Pp. 228.
18. *Mats Ekholm*: Social utveckling i skolan. Studier och diskussion. Gbg 1976. Pp. 198.
19. *Lennart Svensson*: Study skill and learning. Gbg 1976. Pp. 308.
20. *Björn Andersson*: Science teaching and the development of thinking. Gbg 1976. Pp. 180.
21. *Jan-Erik Perneman*: Medvetenhet genom utbildning. Gbg 1977. Pp. 300.

(cont.)

GÖTEBORG STUDIES
IN EDUCATIONAL SCIENCES

ISSN 0436-1121

Editors:

Ingemar Emanuelsson, Jan-Eric Gustafsson and Ference Marton

22. *Inga Wernersson*: Könsdifferentiering i grundskolan. Gbg 1977. Pp. 320.
23. *Bert Aggestedt and Ulla Tebelius*: Barns upplevelser av idrott. Gbg 1977. Pp. 440.
24. *Anders Fransson*: Att rädas prov och att vilja veta. Gbg 1978. Pp. 188.
25. *Roland Björkberg*: Föreställningar om arbete, utveckling och livsrytm. Gbg 1978. Pp. 252.
26. *Gunilla Svingby*: Läroplaner som styrmedel för svensk obligatorisk skola. Teoretisk analys och ett empiriskt bidrag. Gbg 1978. Pp. 269.
27. *Inga Andersson*: Tankestilar och hemmiljö. Gbg 1979. Pp. 288.
28. *Gunnar Stangvik*: Self-concept and school segregation. Gbg 1979. Pp. 528.
29. *Margareta Kristiansson*: Matematikkunskaper Lgr 62, Lgr 69. Gbg 1979. Pp. 160.
30. *Britt Johansson*: Kunskapsbehov i omvårdnadsarbete och kunskapskrav i vårdutbildning. Gbg 1979. Pp. 404.
31. *Göran Patriksson*: Socialisation och involvering i idrott. Gbg 1979. Pp. 236.
32. *Peter Gill*: Moral judgments of violence among Irish and Swedish adolescents. Gbg 1979. Pp. 213.
33. *Tage Ljungblad*: Förskola - grundskola i samverkan. Förutsättningar och hinder. Gbg 1980. Pp. 192.
34. *Berner Lindström*: Forms of representation, content and learning. Gbg 1980. Pp. 195.
35. *Claes-Göran Wenestam*: Qualitative differences in retention. Gbg 1980. Pp. 220.
36. *Britt Johansson*: Pedagogiska samtal i vårdutbildning. Innehåll och språkbruk. Gbg 1981. Pp. 194.
37. *Leif Lybeck*: Arkimedes i klassen. En ämnespedagogisk berättelse. Gbg 1981. Pp. 286.
38. *Biörn Hasselgren*: Ways of apprehending children at play. A study of pre-school student teachers' development. Gbg 1981. Pp. 107.
39. *Lennart Nilsson*: Yrkesutbildning i nutidshistoriskt perspektiv. Yrkesutbildningens utveckling från skråväsendets upphörande 1846 till 1980-talet samt tankar om framtida inriktning. Gbg 1981. Pp. 442.
40. *Gudrun Balke-Aurell*: Changes in ability as related to educational and occupational experience. Gbg 1982. Pp. 203.
41. *Roger Säljö*: Learning and understanding. A study of differences in constructing meaning from a text. Gbg 1982. Pp. 212.
42. *Ulla Marklund*: Droger och påverkan. Elevalys som utgångspunkt för drogundervisning. Gbg 1983. Pp. 225.
43. *Sven Setterlind*: Avslappningsträning i skolan. Forskningsöversikt och empiriska studier. Gbg 1983. Pp. 467.

(cont.)

GÖTEBORG STUDIES
IN EDUCATIONAL SCIENCES

ISSN 0436-1121

Editors:

Ingemar Emanuelsson, Jan-Eric Gustafsson and Ference Marton

44. *Egil Andersson and Maria Lawenius*: Lärares uppfattning av undervisning. Gbg 1983. Pp. 348.
45. *Jan Theman*: Uppfattningar av politisk makt. Gbg 1983. Pp. 493.
46. *Ingrid Pramling*: The child's conception of learning. Gbg 1983. Pp. 196.
47. *Per Olof Thång*: Vuxenlärares förhållningssätt till deltagarerfarenheter. En studie inom AMU. Gbg 1984. Pp. 307.
48. *Inge Johansson*: Fritidspedagog på fritidshem. En yrkesgrupps syn på sitt arbete. Gbg 1984. Pp. 312.
49. *Gunilla Svanberg*: Medansvar i undervisning. Metoder för observation och kvalitativ analys. Gbg 1984. Pp. 194.
50. *Sven-Eric Reuterberg*: Studiemedel och rekrytering till högskolan. Gbg 1984. Pp. 191.
51. *Gösta Dahlgren and Lars-Erik Olsson*: Läsning i barnperspektiv. Gbg 1985. Pp. 272.
52. *Christina Kärrqvist*: Kunskapsutveckling genom experimentcentrerade dialoger i ellära. Gbg 1985. Pp. 288.
53. *Claes Alexandersson*: Stabilitet och förändring. En empirisk studie av förhållandet mellan skolkunskap och vardagsvetande. Gbg 1985. Pp. 247.
54. *Lillemor Jernqvist*: Speech regulation of motor acts as used by cerebral palsied children. Observational and experimental studies of a key feature of conductive education. Gbg 1985. Pp. 146.
55. *Solveig Hägglund*: Sex-typing and development in an ecological perspective. Gbg 1986. Pp. 267.
56. *Ingrid Carlgren*: Lokalt utvecklingsarbete. Gbg 1986. Pp. 299.
57. *Larsson, Alexandersson, Helmstad and Thång*: Arbetsupplevelse och utbildningssyn hos icke facklärd. Gbg 1986. Pp. 165.
58. *Elvi Walldal*: Studerande vid gymnasieskolans vårdlinje. Förväntad yrkesposition, rollpåverkan, självuppfattning. Gbg 1986. Pp. 291.
59. *Eie Ericsson*: Foreign language teaching from the point of view of certain student activities. Gbg 1986. Pp. 275.
60. *Jan Holmer*: Högre utbildning för lågutbildade i industrin. Gbg 1987. Pp. 358.
61. *Anders Hill and Tullie Rabe*: Psykiskt utvecklingsstörda i kommunal förskola. Gbg 1987. Pp. 112.
62. *Dagmar Neuman*: The origin of arithmetic skills. A phenomenographic approach. Gbg 1987. Pp. 351.
63. *Tomas Kroksmark*: Fenomenografisk didaktik. Gbg 1987. Pp. 373.
64. *Rolf Lander*: Utvärderingsforskning - till vilken nytta? Gbg 1987. Pp. 280.
65. *Torgny Ottosson*: Map-reading and wayfinding. Gbg 1987. Pp. 150.

(cont.)

GÖTEBORG STUDIES
IN EDUCATIONAL SCIENCES

ISSN 0436-1121

Editors:

Ingemar Emanuelsson, Jan-Eric Gustafsson and Ference Marton

66. *Mac Murray*: Utbildningsexpansion, jämlikhet och avlänkning. Gbg 1988. Pp. 230.
67. *Alberto Nagle Cajés*: Studievealet ur den väljandes perspektiv. Gbg 1988. Pp. 181.
68. *Göran Lassbo*: Mamma - (Pappa) - barn. En utvecklingsekologisk studie av socialisation i olika familjetyper. Gbg 1988. Pp. 203.
69. *Lena Renström*: Conceptions of matter. A phenomenographic approach. Gbg 1988. Pp. 268.
70. *Ingrid Pramling*: Att lära barn lära. Gbg 1988. Pp. 115.
71. *Lars Fredholm*: Praktik som bärare av undervisnings innehåll och form. En förklaringsmodell för uppkomst av undervisningshandlingar inom en totalförsvarsorganisation. Gbg 1988. Pp. 364.
72. *Olof F. Lundquist*: Studiestöd för vuxna. Utveckling, utnyttjande, utfall. Gbg 1989. Pp. 280.
73. *Bo Dahlin*: Religionen, själen och livets mening. En fenomenografisk och existensfilosofisk studie av religionsundervisningens villkor. Gbg 1989. Pp. 359.
74. *Susanne Björckdahl Ordell*: Socialarbetare. Bakgrund, utbildning och yrkesliv. Gbg 1990. Pp. 240.
75. *Eva Björck-Åkesson*: Measuring Sensation Seeking. Gbg 1990. Pp. 255.
76. *Ulla-Britt Bladini*: Från hjälpskolelärare till förändringsagent. Svensk speciallärarutbildning 1921-1981 relaterad till specialundervisningens utveckling och förändringar i speciallärarens yrkesuppgifter. Gbg 1990. Pp. 400.
77. *Elisabet Öhrn*: Könsmönster i klassrumsinteraktion. En observations- och intervjustudie av högstadieelevers lärarkontakter. Gbg 1991. Pp. 211, XXI.
78. *Tomas Kroksmark*: Pedagogikens vägar till dess första svenska professur. Gbg 1991. Pp. 285.
79. *Elvi Walldal*: Problembaserad inläring. Utvärdering av påbyggnadslinjen Utbildning i öppen hälso- och sjukvård. Gbg 1991. Pp. 130.
80. *Ulla Axner*: Visuella perceptionssvårigheter i skolperspektiv. En longitudinell studie. Gbg 1991. Pp. 293.
81. *Birgitta Kullberg*: Learning to learn to read. Gbg 1991. Pp. 352.
82. *Claes Annerstedt*: Idrottslärarna och idrottsämnet. Utveckling, mål, kompetens - ett didaktiskt perspektiv. Gbg 1991. Pp. 286.
83. *Ewa Pilhammar Andersson*: Det är vi som är dom. Sjuksköterskestuderandes föreställningar och perspektiv under utbildningstiden. Gbg 1991. Pp. 313.
84. *Elsa Nordin*: Kunskaper och uppfattningar om maten och dess funktioner i kroppen. Kombinerad enkät- och intervjustudie i grundskolans årskurser 3, 6 och 9. Gbg 1992. Pp. 253.
85. *Valentin González*: On human attitudes. Root metaphors in theoretical conceptions. Gbg 1992. Pp. 238.

(cont.)

GÖTEBORG STUDIES
IN EDUCATIONAL SCIENCES

ISSN 0436-1121

Editors:

Ingemar Emanuelsson, Jan-Eric Gustafsson and Ference Marton

86. *Jan-Erik Johansson*: Metodikämnet i förskollärarytbildningen. Bidrag till en traditionsbestämning. Gbg 1992. Pp. 347.
87. *Ann Ahlberg*: Att möta matematiska problem. En belysning av barns lärande. Gbg 1992. Pp. 353.
88. *Ella Danielson*: Omvårdnad och dess psykosociala inslag. Sjuksköterskestuderandes uppfattningar av centrala termer och reaktioner inför en omvårdnadssituation. Gbg 1992. Pp. 301.
89. *Shirley Booth*: Learning to program. A phenomenographic perspective. Gbg 1992. Pp. 308.
90. *Eva Björck-Åkeson*: Samspel mellan små barn med rörelsehinder och talhandikapp och deras föräldrar - en longitudinell studie. Gbg 1992. Pp. 345.
91. *Karin Dahlberg*: Helhetssyn i vården. En uppgift för sjuksköterskeutbildningen. 1992. Pp. 201.
92. *Rigmor Eriksson*: Teaching Language Learning. In-service training for communicative teaching and self directed learning in English as a foreign language. 1993. Pp. 218.
93. *Kjell Härenstam*: Skolboks-islam. Analys av bilden av islam i läroböcker i religionskunskap. Gbg 1993. Pp. 312.
94. *Ingrid Pramling*: Kunnandets grunder. Prövning av en fenomenografisk ansats till att utveckla barns sätt att uppfatta sin omvärld. Gbg 1994. Pp. 236.
95. *Marianne Hansson Scherman*: Att vägra vara sjuk. En longitudinell studie av förhållningssätt till astma/allergi. Gbg 1994. Pp. 236.
96. *Mikael Alexandersson*: Metod och medvetande. Gbg 1994. Pp. 281.
97. *Gun Unenge*: Pappor i föräldrakooperativa daghem. En deskriptiv studie av pappors medverkan. Gbg 1994. Pp. 249, [33].
98. *Björn Sjöström*: Assessing acute postoperative pain. Assessment strategies and quality in relation to clinical experience and professional role. Gbg 1995. Pp. 159.
99. *Maj Arvidsson*: Lärares orsaks- och åtgärdstankar om elever med svårigheter. Gbg 1995. Pp. 212.
100. *Dennis Beach*: Making sense of the problems of change: An ethnographic study of a teacher education reform. Gbg 1995. Pp. 385.
101. *Wolmar Christensson*: Subjektiv bedömning - som besluts och handlingsunderlag. Gbg 1995. Pp. 211.
102. *Sonja Kihlström*: Att vara förskollärare. Om yrkets pedagogiska innebörder. Gbg 1995. Pp. 214.
103. *Marita Lindahl*: Inläring och erfارande. Ettåringars möte med förskolans värld. Gbg. 1996. Pp. 203.

(cont.)

GÖTEBORG STUDIES
IN EDUCATIONAL SCIENCES

ISSN 0436-1121

Editors:

Ingemar Emanuelsson, Jan-Eric Gustafsson and Ference Marton

104. *Göran Folkestad*: Computer Based Creative Music Making - Young Peoples' Music in the Digital Age. Gbg 1996. Pp. 237.
105. *Eva Ekeblad*: Children • Learning • Numbers. A phenomenographic excursion into first-grade children's arithmetic. Gbg 1996. Pp. 370.
106. *Helge Strömdahl*: On *mole* and *amount of substance*. A study of the dynamics of concept formation and concept attainment. Gbg 1996. Pp. 278.
107. *Margareta Hammarström*: Varför inte högskola? En longitudinell studie av olika faktorerens betydelse för studiebegåvade ungdomars utbildningskarriär. Gbg 1996. Pp. 263.
108. *Björn Mårdén*: Rektorerers tänkande. En kritisk betraktelse av skolledarskap. Gbg 1996. Pp. 219.
109. *Gloria Dall'Alba and Biörn Hasselgren (Eds.)*. Reflections on Phenomenography - Toward a Methodology? Gbg 1996. Pp 202.
110. *Elisabeth Hesslefors Arktoft*: I ord och handling. Innebörder av "att anknyta till elevers erfarenheter", uttryckta av lärare. Gbg 1996. Pp. 251.
111. *Barbro Strömberg*: Professionellt förhållningssätt hos läkare och sjuksköterskor. En studie av uppfattningar. Gbg 1997. Pp 241.
112. *Harriet Axelsson*: Våga lära. Om lärare som förändrar sin miljöundervisning. Gbg 1997. Pp 326.
113. *Ann Ahlberg*: Children's ways of handling and experiencing numbers. Gbg 1997. Pp 115.
114. *Hugo Wikström*: Att förstå förändring. Modellbyggande, simulering och gymnasieelevers lärande. Gbg 1997. Pp 305.
115. *Doris Axelsen*: Listening to recorded music. Habits and motivation among high-school students. Gbg 1997. Pp 226.
116. *Ewa Pilhammar Andersson*:Handledning av sjuksköterskestuderande i klinisk praktik. Gbg 1997. Pp 166.
117. *Owe Stråhlman*: Elitidrott, karriär och avslutning. Gbg 1997. Pp 350.
118. *Aina Tullberg*: Teaching the 'mole'. A phenomenographic inquiry into the didactics of chemistry. Gbg 1997. Pp 200.
119. *Dennis Beach*: Symbolic Control and Power Relay: Learning in Higher Professional Education. Gbg 1997. Pp 259.
120. *Hans-Åke Scherp*: Utmanande eller utmanat ledarskap. Rektor, organisationen och förändrat undervisningsmönster i gymnasieskolan. Gbg 1998. Pp 228.
121. *Staffan Stukát*: Lärares planering under och efter utbildningen. Gbg 1998. Pp 249.
122. *Birgit Lendahls Rosendahl*: Examensarbetets innebörder. En studie av blivande lärares utsagor. Gbg 1998. Pp 222.

(cont.)

GÖTEBORG STUDIES
IN EDUCATIONAL SCIENCES

ISSN 0436-1121

Editors:

Ingemar Emanuelsson, Jan-Eric Gustafsson and Ference Marton

123. *Ann Ahlberg*: Meeting Mathematics. Educational studies with young children. Gbg 1998. Pp 236.
124. *Monica Rosén*: Gender Differences in Patterns of Knowledge. Gbg 1998. Pp 210.
125. *Hans Birnik*: Lärare- elevrelationen. Ett relationistiskt perspektiv. Gbg 1998. Pp 177.
126. *Margreth Hill*: Kompetent för "det nya arbetslivet"? Tre gymnasieklaser reflekterar över och diskuterar yrkesförberedande studier. Gbg 1998. Pp 314.
127. *Lisbeth Åberg-Bengtsson*: Entering a Graphicate Society. Young Children Learning Graphs and Charts. Gbg 1998. Pp 212.
128. *Melvin Feffer*: The Conflict of Equals: A Constructionist View of Personality Development. Gbg 1999. Pp 247.
129. *Ulla Runesson*: Variationens pedagogik. Skilda sätt att behandla ett matematiskt innehåll. Gbg 1999. Pp 344.
130. *Silwa Claesson*: "Hur tänker du då?" Empiriska studier om relationen mellan forskning om elevuppfattningar och lärares undervisning. Gbg 1999. Pp 248.
131. *Monica Hansen*: Yrkeskulturer i möte. Läraren, fritidspedagogen och samverkan. Gbg 1999. Pp 399.
132. *Jan Theliander*: Att studera arbetets förändring under kapitalismen. Ure och Taylor i pedagogiskt perspektiv. Gbg 1999. Pp 275
133. *Tomas Saar*: Musikens dimensioner - en studie av unga musikers lärande. Gbg 1999. Pp 184.
134. *Glen Helmstad*: Understanding of understanding. An inquiry concerning experiential conditions for developmental learning. Gbg 1999. Pp 259.
135. *Margareta Holmegaard*: Språkmedvetenhet och ordinlärning. Lärare och inlärare reflekterar kring en betydelsefältövning i svenska som andraspråk. Gbg 1999. Pp 292.
136. *Alyson McGee*: Investigating Language Anxiety through Action Inquiry: Developing Good Research Practices. Gbg 1999. Pp 298
137. *Eva Gannerud*: Genusperspektiv på lärargärning. Om kvinnliga klasslärares liv och arbete. Gbg 1999. Pp 267.
138. *Tellervo Kopare*: Att rida stormen ut. Förlossningsberättelser i Finnmark och Sápmi. Gbg 1999. Pp 285.
139. *Maja Söderbäck*: Encountering Parents. Professional Action Styles among Nurses in Pediatric Care. Gbg 1999. Pp 226.
140. *Airi Rovio - Johansson*: Being Good at Teaching. Exploring different ways of handling the same subject in Higher Education. Gbg 1999. Pp 249.
141. *Eva Johansson*: Etik i små barns värld. Om värden och normer bland de yngsta barnen i förskolan. Gbg 1999. Pp 295.

(cont.)

GÖTEBORG STUDIES
IN EDUCATIONAL SCIENCES

ISSN 0436-1121

Editors:

Ingemar Emanuelsson, Jan-Eric Gustafsson and Ference Marton

142. Kennert Orlenius: Förståelsens paradox. Yrkeserfarenhetens betydelse när förskollärare blir grundskollärare. Gbg 1999. Pp 300.
143. Björn Mårdén: De nya hälsomissionärerna – rörelser i korsvägen mellan pedagogik och hälsopromotion. Gbg 1999. 223.
144. Margareta Carlén: Kunskapslyft eller avbytarbänk? Möten med industriarbetare om utbildning för arbete. Gbg 1999. Pp 269.
145. *Maria Nyström*: Allvarligt psykiskt störda människors vardagliga tillvaro. Gbg 1999. Pp 286.
146. *Ann-Katrin Jakobsson*: Motivation och inläring ur genusperspektiv. En studie av gymnasieelever på teoretiska linjer/program. Gbg 2000. Pp 242.
147. *Joanna Giota*: Adolescents' perceptions of school and reasons for learning. Gbg 2000. Pp 220.
148. *Berit Carlstedt*: Cognitive abilities – aspects of structure, process and measurement. Gbg 2000. 140.
149. *Monica Reichenberg*: Röst och kausalitet i lärobokstexter. En studie av elevers förståelse av olika textversioner. Gbg 2000. Pp 287.
150. *Helena Åberg*: Sustainable waste management in households – from international policy to everyday practice. Experiences from two Swedish field studies. Gbg 2000. Pp 189.
151. *Björn Sjöström, Britt Johansson*: Ambulanssjukvård. Ambulanssjukvårdares och läkares perspektiv. Gbg 2000. Pp 129.
152. *Agneta Nilsson*: Omvårdnadskompetens inom hemsjukvård – en deskriptiv studie. Gbg 2001. Pp 225.
153. *Ulla Löfstedt*: Förskolan som lärandekontext för barns bildskapande. Gbg 2001. Pp 240.
154. *Jörgen Dimenäs*: Innehåll och interaktion. Om elevers lärande i naturvetenskaplig undervisning. Gbg 2001. Pp 278.
155. *Britt Marie Apelgren*: Foreign Language Teachers' Voices. Personal Theories and Experiences of Change in Teaching English as a Foreign Language in Sweden. Gbg 2001. Pp 339.
156. *Christina Cliffordson*: Assessing empathy: Measurement characteristics and interviewer effects. Gbg 2001. Pp 188.
157. *Inger Berggren*: Identitet, kön och klass. Hur arbetarflickor formar sin identitet. Gbg 2001. 366.
158. *Carina Furåker*: Styrning och visioner – sjuksköterskeutbildning i förändring. Gbg 2001. Pp 216.
159. *Inger Berndtsson*: Förskjutna horisonter. Livsförändring och lärande i samband med synnedsättning eller blindhet. Gbg 2001. Pp 539.

(cont.)

GÖTEBORG STUDIES
IN EDUCATIONAL SCIENCES

ISSN 0436-1121

Editors:

Ingemar Emanuelsson, Jan-Eric Gustafsson and Ference Marton

(cont.)